

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
“Hermanos Saíz Montes de Oca”
FACULTAD FORESTAL Y AGRONOMÍA



TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO
ACADÉMICO DE MASTER EN CIENCIAS
FORESTALES

Título: Influencia de diferentes sustratos obtenidos a partir del compostaje de corteza de *Eucalyptus sp* en la calidad de las plántulas de *Vitex parviflora*.

Autor: Ing. Rafael David Chango Miranda

Tutor: Dra. Noarys Pérez Díaz.

RESUMEN

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, encaminados a mejorar la calidad de la planta en condiciones de vivero que permitan elevar la calidad de las plantaciones forestales, aspecto este de gran interés para el productor.

Evaluar la influencia de sustratos obtenidos del compostaje de corteza de *Eucalyptus sp* en la calidad de plántulas de una especie forestal (***Vitex parviflora Juss***) es el objetivo propuesto. Las semillas de esta especie se les realizó pruebas de calidad en el laboratorio. Los diferentes sustratos estudiados se obtienen a partir del compostaje de corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, y *Eucalyptus pellita* F. Muell extraídas con disolución de hidróxido de sodio al 1% y sin extraer, mezclados con turba, los cuales se evalúan en viveros forestales con plántulas de ***Vitex parviflora Juss*** teniendo en cuenta sus características morfológicas y fisiológicas. Se determinaron además sus parámetros dasométricos y supervivencia los primeros 120 días en plantación. Se demostró que las semillas de *Vitex parviflora* Juss. presentan un alto contenido de semillas no viables; en los sustratos estudiados, se obtienen plantas de ***Vitex parviflora Juss*** de buena calidad, donde se muestran los mejores resultados para las plantas desarrolladas en sustratos elaborados con compost de Eucalyptus Sp. Sin extraer, se obtienen resultados satisfactorios en plantación en correspondencia con la etapa de vivero.

Palabras claves: sustratos, calidad, compost.

	<u>Pag.</u>
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN1
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA5
1.1 Generalidades de la familia Vervenace.....	...5
1.2 El roble (<i>Vitex parviflora</i> juss) en Cuba. Su importancia.....	...5
1.3 Generalidades de la semilla.....	...9
1.4 Factores que intervienen en la germinación.....	...10
1.5 Generalidades sobre la germinación de semillas.....	...12
1.6 Generalidad sobre el vivero forestal.....	...13
1.7 Gestión de los residuos.....	...17
1.8. Problemas Medioambientales derivados de la Acumulación de Residuos.....	...18
1.9. El compostaje como sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos.....	...19
1.10. Calidad de plantas obtenidas en vivero forestal.26
1.11. Plantación.....	...28
MATERIALES Y METODOS31
2.1 Evaluación de la calidad de las semillas de <i>Vitex parviflora</i> Juss.....	...31
2.2 Determinación de la viabilidad y deterioro de las semillas de <i>Vitex</i> <i>parviflora</i> Juss.....	...33
2.3 Descripción de los experimentos en la etapa de vivero.....	...34
2.4 Diseño experimental.....	...37
2.5. Índices morfológicos.....	...41
2.6 Estado nutritivo de las plantas.....	...43
2.7 Mediciones de las variables Estabilidad del pabellón, estubetado y Arquitectura radical.....	...43
2.8 Atributos fisiológicos.....	...44
2.9 Valoración económica.....	...46
2.10. Análisis estadístico.....	...46

2.11. Plantación.....	...46
2.12. Estudio de las propiedades física y fisicoquímica del suelo donde se realizó la plantación.....	...47
2.13. Determinación de la supervivencia y Medición de parámetros dasométricos en plantación.....	...47
2.14. Análisis estadístico.....	...47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	...48
3.1 Resultados de la prueba de calidad de las semillas de <i>Vitex parviflora</i> Juss.....	...48
3.2 Caracterización química de los materiales utilizados en la preparación de los sustratos.....	...53
3.3. Germinación en el vivero.....	...55
3.4. Análisis de los atributos morfológicos Altura, diámetro, y área foliar.....	...57
3.5. Dinámica del crecimiento en altura.....	...59
3.6. Parámetros morfológicos de la planta: Masa seca total, masa seca aérea y masa seca radical.....	...61
3.7. Análisis de los atributos morfológicos del Sistema radical.....	...62
3.8. Índices morfológicos64
3.9. Resultados de las variables destubetado y estabilidad del sustrato.....	...66
3.10. Potencial hídrico de madrugada y al mediodía.....	...67
3.11. Transpiración cuticular.....	...69
3.12. Análisis de correlación70
3.13. Estado nutritivo de las plantas de <i>Vitex parviflora</i> Juss.....	...71
3.14. Análisis de Clúster.....	...72
3.15. Análisis de las condiciones climáticas.....	...73
3.16. Valoración económica.....	...74
3.17. Condiciones edáficas del suelo de plantación.....	...75
3.18. Parámetros dasométricos e índices de calidad y supervivencia de plantas de <i>Vitex parviflora</i> Juss en plantación.....	...75
3.19 Comportamiento de la supervivencia.....	...78

CONCLUSIONES.....	...81
RECOMENDACIONES.....	...82
BIBLIOGRAFÍA	

INTRODUCCIÓN

Actualmente el bosque atraviesa por una crisis ambiental aguda, síntomas del constante deterioro que se observa del clima en la región, el bajo potencial hídrico almacenado, el empobrecimiento genético de las especies vegetales y la escasa fauna silvestre, además de la escasa regeneración natural del monte (Hernández 2005). Y una de las salidas inmediatas para compensar esta crisis es el establecimiento de plantaciones forestales.

Resulta esencial que cada país establezca un proceso de desarrollo y aplicación de modelos de gestión forestal sustentable que combine objetivos de producción, objetivos socioeconómicos de las comunidades locales dependientes de los bosques, que tengan un enfoque a nivel de ecosistema y estén destinados a asegurar la calidad de los mismos (Pérez, 2007).

En la Provincia de Pinar del Río se encuentran las mayores reservas forestales del país, con un índice de boscosidad de 39,57% de su territorio, superado solamente por la Isla de la juventud con un 54.04% (Herrero, 2006). La provincia posee actualmente un total de 19 586.19 ha de Eucalyptus y una planta procesadora de esta madera, Creosota, en el municipio Guane que actualmente procesa 15 000 m³. De acuerdo al número de hectáreas plantadas, existe aproximadamente un volumen de 2448273.7 m³ de corteza (Herrero y col, 2004).

Hoy en día la corteza representa un residuo forestal y sin embargo, posee interesantes posibilidades de aprovechamiento tecnológico, entre los que cabe destacar los procesos de obtención de taninos, con amplias perspectivas de uso en la fabricación de plásticos, adhesivos, reactivos químicos, productos farmacéuticos, entre otros (Orea, 2000 y Adams, 2001; citado por Fuego, 2008). La corteza se considera un material residual y por su contenido elevado de fenoles, terpenos y otros extractivos, la corteza constituye una fuente potencial para una futura producción de fitoquímicos (Álvarado, 2002; citado por Pérez, 2007).

Esta situación demanda una investigación aplicada sobre procesos de tratamiento de este residuo para su aprovechamiento óptimo, que generen a su vez beneficios sociales, económicos y ambientales. Así surge la necesidad de desarrollar

tecnologías de elaboración de compost que contribuyan en cierta medida a una posible sustitución de los abonos químicos por abonos orgánicos de este tipo en los sectores agrícolas y forestales (Cetina – Alcala, 2002).

Estudios realizados en la Universidad de Pinar del Río han demostrado que el uso de la corteza de diferentes especies forestales, es una buena opción en la elaboración de sustratos para viveros forestales (Castillo y Cobas, 2001), sus mejores resultados coinciden con aquellos sustratos en los que se incluyen corteza, aunque en todos los casos utilizan concentraciones de la misma menores que un 30 % (Pérez, 2007 y Fuego, 2008).

Por otro lado uno de los principales problemas a los que se enfrenta un productor de plantas ya sea en viveros forestales o agrícolas es a disponer de una gran cantidad de sustrato de buena calidad, que permita un adecuado desarrollo de las plantas. Los costos de producción implicados en la utilización de mezclas de suelo y tierra de hojas son cada vez más elevados para los viveros, además se debe tener en cuenta que el suelo es un recurso que toma años en formarse, por lo que la extracción de estos materiales provoca considerables daños ecológicos, unido a la necesidad de una mejora en la calidad de las plantas ha provocado un cambio hacia la utilización de contenedores especiales (Serrada, 2001; citado por Fuego, 2008).

La introducción en Cuba de la tecnología de producción de plantas en contenedores se produce en la década del 80, ante la necesidad de mejorar las tecnologías existentes para la producción de plantas forestales de calidad y la necesidad de desarrollar plantaciones que en un futuro cubran parte de la demanda de los programa de reforestación, pero no es hasta finales de la década del 90, cuando se utiliza por primera vez esa tecnología al adquirirse un vivero basado en el método de tubetes plásticos con estrías interiores de origen canadiense para la Empresa Forestal Integral (EFI) de Guanahacabibes, en el extremo más occidental de la provincia de Pinar del Río (Fuego, 2008).

Castillo (2004), plantea que esta tecnología de producción de plantas en contenedores se basa en el uso de envases plásticos cónicos estriados de diferentes dimensiones, que algunos autores denominan "tubetes". Su principal

innovación técnica consiste en que al tener estrías interiores, dirigen el sistema radical evitando la espiralización de las raíces. De esta forma se elimina este fenómeno, que tiene una incidencia negativa para el establecimiento de las plantaciones forestales.

Por todo lo que representa Cuba y teniendo en cuenta los planes de desarrollo forestal con vistas a la sustentabilidad económica es necesario contar con sustratos de buena calidad que pueda ser efectivo en especies de gran valor económico como por ejemplo *Vitex parviflora* Juss. por su importancia debido a la diversidad de usos que tiene en diferentes esferas de la producción como por ejemplo, se emplea en construcciones de primera calidad, construcción naval, traviesa, pisos tallados, muebles, puertas, las ventanas y otro trabajo que requieran resistencia y durabilidad, se pueden emplear para la fabricación de implementos agrícolas e industriales y doméstico y en la fabricación de muebles finos. Es también una importante planta melífera, es una de la más gran productora de néctar del mundo y ofrece a los productores del Caribe la posibilidad de resolver el problema de los escasos de flores en una determinada época del año.

Teniendo en cuenta que la calidad de los sustratos es un factor importante para el cultivo con éxito de las plantas en contenedores, se comenzó a trabajar en la búsqueda de sustratos económicos que reúnan las características físico-químicas y biológicas adecuadas, encaminados a mejorar la calidad de las plantas de *Vitex parviflora* Juss. en condiciones de vivero en contenedores y pronosticar el comportamiento y desarrollo en el campo en años posteriores.

Los aspectos relacionados anteriormente conducen a la formulación del siguiente problema científico:

Problema: Reducida disponibilidad de sustratos que reúnan parámetros económicos, ecológicos y de buena calidad, que permitan un buen comportamiento de las plantas en viveros forestales.

Objeto: Los sustratos obtenidos del compostaje de corteza de *Eucalyptus* sp para elevar la calidad de las plántulas de *Vitex parviflora* Juss.

Objetivo: Evaluar la influencia de sustratos obtenidos del compostaje de corteza de *Eucalyptus sp* en la calidad de plántulas de una especie forestal (***Vitex parviflora Juss***).

Objetivos específicos:

- Analizar las semillas de la especie forestal ***Vitex parviflora Juss***. a través de pruebas de calidad de la semilla utilizando la Norma Cubana 71 – 04 de Semillas Forestales.
- Evaluar parámetros morfológicos y fisiológicos de la especie forestal ***Vitex parviflora Juss***. en la etapa de vivero.
- Evaluar el comportamiento de la supervivencia y parámetros dasométricos de las plantas de ***Vitex parviflora Juss***. en la etapa de diseminado (periodo de establecimiento de la plantación).

Hipótesis: Si se utilizan sustratos elaborados a partir de compost de corteza de ***Eucalyptus sp***. con turba en diferentes proporciones, y se evalúa la calidad de las plántulas de la especie forestal ***Vitex parviflora Juss***. en vivero y en la etapa de diseminado (periodo de establecimiento) a través de sus parámetros morfológicos y fisiológicos, entonces se puede definir cuál de los sustratos reúne los mejores resultados económicos y ecológicos que permite elevar la calidad de las plántulas y de supervivencia de esta especie forestales.

1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

1.2 Generalidades de la familia Vervenace

La familia Verbenaceae, agrupa plantas principalmente tropicales. Son árboles, arbustos y hierbas notables por sus racimos pequeñas de flores muchos de los cuales tienen un olor aromático. La nueva familia de Verbenaceae estrechamente circunscrita incluye unos 35 genera y 1,200 especies.

1.2 El roble (*Vitex parviflora* juss) en Cuba. Su importancia

La madera es de textura fina y grano cerrado, tiende a ser ondulado, tienen buen secado, con poca contracción, es fácil de trabajar y adquieren buen pulimento es durable, salvo cuando está expuesta a lo ataque de los taladradores marinos, no tiene olor ni sabor característico, lustrosa.

Es dura, pesada y durable y es de las más conocidas de Filipinas. Se emplea en construcciones de primera calidad, construcción naval, traviesa, pisos tallados, muebles, puertas, las ventanas y otro trabajo que requieran resistencia y durabilidad, se pueden emplear para la fabricación de implementos agrícolas e industriales y doméstico y en la fabricación de muebles finos.

Es también una importante planta melífera, es una de la más gran productora de néctar del mundo y ofrece a los productores del Caribe la posibilidad de resolver el problema de los escasos de flores en una determinada época del año. La especie presenta buena regeneración natural, por lo que puede emplearse para cubrir áreas degradadas (Bonilla, 2006).

1.2.1 Caracterización de la especie forestal *Vitex parviflora* juss.

1.2.1.1 Clasificación taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica del *Vitex parviflora* Juss

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Verbenaceae
Género	<i>Vitex</i>
Especie	<i>Vitex parviflora</i> juss
Nombre vulgar	Roble vitex, molabe, roble filipino

1.2.3 Descripción Botánica (según Orwa *et al.*, 2009)

Vitex parviflora Juss. es un árbol de tamaño mediano a bastante grande (30-38 m) de alto, con un diámetro cuando maduro de (125 – 200 cm). Con ramas dispuestas a una altura de 20 metros, pero a menudo mucho más cortos y torcidos, con pequeños contrafuerte en la base;

La superficie de la **corteza** lisa, superficialmente agrietada o escamosa, de color gris – pálido hasta el amarillento – pálido, la corteza interna de color pálido amarillento a naranja brillante.

Las **hojas** opuestas, elípticos o elípticos lanceolados, subcarctaceos, pinnatinervios de color verde oscuro en el haz y verde mate en el envés, glabros en ambas caras, margen entero, base aguda o subobtus, ápice agudo y acuminado, miden entre 8 y 15 cm de largo y de 3 a 15 cm de ancho, pecíolo de 1 a 2 cm de longitud.

Inflorescencia dispuestas en las axilas de las hojas, pequeñas en densas panículas terminales; flores bisexual, zigomorfas, cáliz con forma de taza, con 5 lóbulos, los lóbulos del cáliz ausente o confusa; corola con un tubo corto, azul, 2 – labios, labio superior lanzaron, el labio inferior mucho más grande, 4 estambres insertado en el tubo de la corola; ovario supero, 2 – 4 cámaras, con 1 estilo filiformes y un estigma bifido, en cuba los árbol florece por lo general en junio y julio, en ocasiones hasta agosto o septiembre.

El **Fruto** en una drupa, pequeña, subglobosa, 5 mm de diámetro, cuando maduras son de color púrpura o negro – azulado, semillas obovoide u oblongo, se han observado maduros desde septiembre hasta noviembre.

1.2.4 Biología

El árbol pierde sus hojas parcialmente o completamente al final de la estación seca. Florece en la estación lluviosa y los frutos maduran al cabo de unos pocos meses. Los árboles plantados empiezan la floración de 5 – 6 años después de la siembra. Las especies de *Vitex* generalmente exhiben hermafroditismo dónde los órganos femeninos y masculinos se manifiestan en la misma flor (Lars Schmidt, 2000).

1.2.5 Ecología y Distribución

Esta especie tiene su área de distribución natural en el trópico asiático y asido introducido en diversos países tropicales. Es nativa de Filipinas, Timor y los Moluccas, también posiblemente nativo de Sabán y Java, crece en estado natural en el archipiélago de Malaca y Borneo. El árbol se planta en Centroamérica y las Filipinas.

Esta especie está bastante propagada en toda Cuba como planta ornamental en parques y avenida, también se encuentra en jardines botánico se han observado árboles de 30 cm de diámetro y una altura de 15 metros y 58 años de edad y una altura de 19 metro y un diámetro de 86 cm. Bonilla (2006).

1.2.6 Hábitat Natural

El *Vitex parviflora* Juss, normalmente crece en regiones comparativamente secas en el bosque de la tierra baja, a menudo en el bosque de hoja caduca en terrenos rocosos o pedregosos, en las laderas cubiertas de hierba y en los suelos secos de piedra caliza, pero a veces también en bosques tropicales de litoral o bosque de colina. Generalmente se encuentra en las regiones con estaciones húmedas y secas. Las especies crecen a menudo gregalmente en el bosque secundario y bosque primario, en asociación con *Intsia*, *Pahudia*, *Sindora*, *Toona* y especies de *Wrightia*.

1.2.7 Limites Biofísicos

Temperatura media anual: 22 – 32 °C

Altitud: 300 – 1000 msnm.

Precipitación pluvial media anual: 750 – 2600 mm

Tipo de suelo: *Vitex parviflora* Juss, tolera una amplia gama de suelos (tanto arcillosos, como silico, ferralíticos, fersialíticos y otros) pero crece principalmente en los suelos secos de piedra caliza. En Cuba se desarrolla bien entre ligeros diversos y se reproduce de forma natural

1.2.8 Métodos de Propagación

El árbol principalmente se propagada por semilla.

1.2.9 Manejo del árbol: En las Filipinas, *V. Parviflora*, Juss se planta generalmente usando los arbolillos a raíz desnudo-arraigados a 2m x 2m, después de 20 años una plantación rinde 76 m/ha (con un incremento medio anual de 2.6 m/ha).

Se han verificado un incremento medio anual en altura y diámetro de 0.4-1m y 0.7-1cm respectivamente. Se plantan con un espaciamiento para la producción del wildling 2m x 6m. La supervivencia de árboles jóvenes es buena, ampliándoles un tratamiento silvicultural a los 3 – 4 meses después de plantar, y continuar con los mismos hasta los diez años con una intervención anual Orwa *et al.* (2009).

1.2.10 Manejo del Germoplasma

Hay 10000 – 18000 semillas/kg. las Semillas empiezan a germinar a los 10 – 40 días después de sembradas. Quitando el pericarpio, empapando la semilla en agua caliente a (70 °C) refuerza la proporción de la germinación en un 70%. Los frutos para la recolección están listos cuando ellos se tornan con una coloración castaño oscuro en el árbol.

1.2.11 Productos obtenidos de la especie

Forraje: Se usan las hojas como forraje.

Combustible: *V. parviflora* Juss, es una fuente de leña.

Madera: La madera es dura y resistente, con una densidad de 940 kg/m³ a 15% de contenido de humedad. Es resistente a los hongos, al ataque de termita y

escarabajo *Lyctus*, pero no a los perforadores marinos. La madera de *Vitex parviflora* Juss, se usa para construcciones de alta calidad, acabados interiores, pisos, construcción de viviendas, construcción naval, traviesas de ferrocarril. La madera suele tomar un color amarillento-verdoso o verdoso-castaño cuando se trata con agua hervida.

Resina: Exuda una resina amarilla cuando la madera es tratada con cal.

Tanino o tinte: Cuando se sumerge viruta (aserrín) en el agua se obtiene un extracto de color amarillo.

La medicina: la corteza de esta especie es usada en la medicina local, como hemostático, emético, antitóxico y para tratar la ictericia y la hidropesía.

1.2.12 Servicios

En filipinas el *Vitex parviflora* Juss, es sugerido como sombra o resguardo así como cinturones de protección Orwa et al. (2009). En cuba se recomienda utilizar esta especie para recubrir áreas degradadas debido que la misma presenta buena regeneración natural. Bonilla (2006).

1.3 Generalidades de la semilla.

La semilla es uno de los principales recursos para el manejo agrícola y silvícola de las poblaciones de plantas, para la reforestación, para la conservación del germoplasma vegetal y para la recuperación de especies valiosas sobreexplotadas. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos periodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas, haciendo indispensable un buen entendimiento de los procesos que ocurren en la semilla para la aplicación de métodos adecuados al momento de la manipulación y ensayo de las semillas y en las actividades de vivero. (Chango 2008)

Las condiciones ambientales pueden afectar la cantidad, o la calidad de la semilla en desarrollo con respecto a los valores nutricionales, o al contenido de ciertos elementos como los aceites y grasas. Por ejemplo, las deficiencias en los minerales del suelo, al menos que sean muy severas, van a afectar principalmente la cantidad y solo en una proporción reducida de su composición. La variación en la precipitación y contenido de humedad en el suelo va a causar cambios en el

contenido de nitrógeno en la semilla. Las variaciones en la precipitación durante el período de maduración de la semilla producen variaciones en su peso. El efecto de la temperatura es más controversial y afecta principalmente la tasa de crecimiento así como el contenido de aceites en algunas especies (Barceló et al., 1983: citado por Atkinson, 2007).

Es generalmente aceptado que el contenido de agua y las temperaturas a las cuales son almacenadas las semillas son los factores más importantes que afectan la longevidad de las semillas.

Aunque el de contenido de agua extremadamente bajos y su posible interacción con la temperatura aun son discutidos (Ellis et al., 1996; citado por Bonilla, 2001).

La conductividad de los electrolitos es uno de los métodos más comprometedores dentro de los no destructivos, para evaluar viabilidad de las semillas. El incremento de la conductividad se produce por la pérdida de la sustancia celular, por lixiviación, así como por el deterioro de las paredes celulares (Landis et al., 1999; citado por Atkinson, 2007).

1.3.1 Viabilidad de las semillas.

Una semilla es viable cuando la germinación puede ocurrir bajo determinadas condiciones. La definición incluye semillas dormantes pero viables, en estos casos, la dormancia necesita romperse antes y la viabilidad puede ser una medida de la germinación (Bradbeer, 1988).

Mientras Leadem (1996b), considera que la viabilidad es el estado en el que comienza la germinación y el subsiguiente crecimiento y desarrollo de las posturas. Landis *et al.* (1999), plantean que es la estimación del potencial para crecer y germinar.

Disponer de semillas viables es un factor esencial para la propagación satisfactoria de las plantas. Una reducción en la viabilidad de las semillas puede ser el resultado del desarrollo inapropiado de ellas en la planta, de lesiones producidas durante su proceso de almacenamiento, y por la edad.

1.3.2 Dormancia

Es un mecanismo natural que impide la germinación (Bianchetti, 1989 y Catalán, 1991; citado por Bonilla, 2001) sugieren una inmersión en agua a temperatura ambiente por 12 o 24 horas. Otras presentan un letargo interno por inmadurez del embrión, deben ser sometidos a estratificación en frío y caliente.

1.4 Factores que intervienen en la germinación.

Para que una semilla germine, es preciso que concurren una serie de condiciones externas favorables. La hidratación de sus tejidos es imprescindible para que la semilla retorne a un metabolismo activo. Al mismo tiempo, tal activación metabólica precisa de la presencia de oxígeno y, como en otros procesos fisiológicos, la temperatura juega un papel muy importante. Humedad, temperatura y aireación, son los factores más importantes entre los que influyen en el proceso de la germinación.

1.4.1 Humedad

Se refiere al agua en estado líquido que está en contacto con la semilla aunque también podría absorber o estar presente el agua en forma de vapor adquirida de la atmósfera circundante, pero esta cantidad sería insuficiente para promover la germinación.

Un exceso de humedad en lo general provoca decrecimiento en la germinación, porque impide la penetración de oxígeno y reduce todo proceso metabólico.

También causa infestaciones por hongos provocando reducción en la viabilidad (Borges *et al.*, 1993).

1.4.2 Temperatura

Es un factor decisivo en la germinación. Al aumentar la temperatura se estimula la germinación, pero ello ocurre hasta cierto límite, porque a temperaturas demasiado altas, el proceso puede ser frenado.

Del mismo modo que la actividad de cada enzima individual tiene lugar entre un mínimo y un máximo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio, en el proceso global de la germinación pueden establecerse unos límites similares.

Los rangos de 20 °C a 30 °C se muestran adecuados, para la germinación de gran número de especies tropicales y subtropicales (Carniero, 1995).

1.4.3 Luz

Puede desempeñar un papel muy importante en la propagación de las semillas tanto por su efecto sobre la iniciación de la germinación, como por su influencia controladora en el crecimiento de las plántulas.

Se han encontrado plantas, cuyas semillas tienen necesidad absoluta de la luz y cuya viabilidad se pierde en algunas semanas, si se les priva de ellas. La sensibilidad de las semillas por el efecto de la luz varía de acuerdo con el periodo y la temperatura de imbibición (Borges *et al.*, 1993).

1.4.4 Oxígeno

La tasa de oxígeno durante la germinación, aumenta debido a que el proceso oxidatorio de la respiración es intenso. Así deberá ser evitado todo factor que suprima o limite el oxígeno, como exceso de humedad y demasiada proximidad entre las semillas.

La germinación es un proceso muy activo que requiere una respiración muy intensa. Por tanto, la presencia de oxígeno resulta indispensable (Figliolia, 1993).

1.5 Generalidades sobre la germinación de semillas.

La germinación es en realidad el resultado de una serie de acontecimientos metabólicos que van sucediéndose encadenadamente desde la absorción de agua por parte de la semilla, hasta el crecimiento de la radícula. Varios autores distinguen en el conjunto de tres fases sucesivas.

1.5.1 Fase de hidratación

Se corresponde con una intensa absorción de agua por los distintos tejidos que constituyen la semilla. Por lo general va acompañada de un aumento proporcional en la actividad respiratoria.

1.5.2 Fase de germinación

Se corresponde con el verdadero proceso de germinación. Durante esta fase tienen lugar importantes cambios metabólicos que preparan el camino para la fase siguiente de crecimiento y son por tanto imprescindibles para el normal desarrollo de la plántula. La absorción de agua se reduce.

1.5.3 Fase de crecimiento

Representa la última etapa del proceso de germinación y se corresponde con la iniciación de cambios morfológicos visibles, concretamente la elongación de la radícula. Fisiológicamente se caracteriza por un constante incremento de la absorción de agua y de actividad respiratoria (Pérez *et al.*, 1989; Atkinson, 2007).

La nutrición de las posturas forestales con microelementos acelera la fotosíntesis y la intensificación de la respiración, mejora el régimen de agua de las hojas y la actividad de los fermentos en ellas facilitan el crecimiento y la estabilidad de las plantas contra las condiciones desfavorables del medio. Los microelementos pueden ser aplicados durante el tratamiento pregerminativo de las semillas y en la fertilización (Varona, 1982; citado por Atkinson, 2007).

1.6 Generalidad sobre el vivero forestal

El vivero forestal es un lugar en el que se cultivan árboles hasta que estén listos para ser plantados (Navall, 2004)

Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de repoblación forestal. Se definen como sitios destinados a la producción de plantas forestales, donde se les proporcionan todos los cuidados requeridos para ser trasplantadas al terreno definitivo de plantación. Las necesidades de vivero en los programas de repoblación, se deben básicamente a que en ellos la inversión económica es mínima en lo referente a preparación de sitio, fertilización y mantenimiento; además se tiene un mejor control durante el tiempo de reproducción de plantas, Cobas (2001), y más recientemente Castillo (2006).

Según Díaz (2004), el vivero forestal es el sitio donde nacen y se crían las plantas forestales, permaneciendo el tiempo necesario para lograr la altura y el vigor indispensables para llevarlas al sitio definitivo de la reforestación. También hay

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

La producción de planta en vivero es una de las etapas más importantes en cualquier programa de reforestación y para el establecimiento de plantaciones forestales, ya que en este proceso se inicia el desarrollo de las plántulas. Dentro del proceso de producción de planta en vivero es necesario contar con una base sólida en la producción y calidad de plantas, ya que de ésta, dependerá en muchas ocasiones el éxito o el fracaso de las plantaciones que se establezcan (Patiño y Marín, 1993; citado por Reyes, 2005). Uno de los aspectos fundamentales en este proceso es el desarrollo de técnicas de manejo para mejorar la calidad de la planta (Cetine *et al.*, 1999; Citado por Reyes, 2005)

El éxito en la formación de altas producciones forestales depende en gran parte de la calidad de las plantas que deben resistir las condiciones adversas encontradas en el campo y producir árboles con crecimiento volumétrico económicamente deseables (Gómez, 2002; citado por Fuego, 2008).

1.6.1 Funciones del vivero forestal

Según Álvarez y Varona (1998), el vivero cumple importantes funciones en la cadena de actividades del establecimiento de plantaciones forestales, pues es el lugar especializado en que se produce el material plantable, ya sea que este material proceda de semillas en cuyo caso se obtienen posturas y otros materiales, o bien que se usen propágulos diversos. Otras funciones ocasionales o permanentes en los viveros pueden ser la recolección de frutos y su tratamiento para extraer semillas, trabajos experimentales, etc.

1.6.2 Tipos de viveros

Según Álvarez y Varona (1988); citados por Castillo (2006), los viveros pueden ser transitorios (temporales) o permanentes, cada uno de ellos obedece a determinadas razones. También podemos considerar el vivero transitorio o en tierra y el móvil o sobre envases. Por su tamaño se clasifican también en pequeños, medianos y grandes.

El vivero transitorio, también denominado temporal o volante, se establece en lugares de difícil acceso y muy cercano a la zona donde se realizará la plantación. Se ubica en lugares con suministro de agua pequeño, requiere de poca infraestructura para su funcionamiento y la inversión es baja. Su principal desventaja es que cuenta normalmente con personal temporal o no especializado y por estar lejos la producción queda expuesta a los daños por animales.

El vivero permanente es un centro de trabajo estable, en suficiente extensión de terreno, dedicado a la obtención de plantas con diferentes fines, requiere de gran cantidad de mano de obra y debe contar con vías de acceso que permitan satisfacer las demandas. Este tipo de vivero está preparado para producir gran cantidad de posturas de las especies que se necesitan producir (Álvarez y Varona 1988; citados por Castillo, 2006).

1.6.2.1 Por su tamaño el vivero puede ser:

Pequeño, si ocupa una extensión máxima 5 ha y su capacidad de producción es de menos de medio millón de posturas al año.

Mediano, si tiene entre 5 y 15 ha y produce de medio millón hasta un millón de plantas por año.

Grande, si ocupa una extensión mayor de 15 ha y su capacidad supera el millón de plantas anuales.

Según el tipo de producción: serán plantadas en envases o a raíz desnuda.

1.6.3. Vivero en envases

Las técnicas de producción de plantas en envases se basan en cultivos fuera de suelo, realizados en cavidades de tamaño reducido, con el fin de controlar de esta manera, bien sean las condiciones de cultivo o las de implantación en el monte. Los objetivos a seguir serían según Peñuelas (1999):

- Manejar durante el cultivo en viveros, las variables de cultivo que puedan incidir sobre las condiciones fisiológicas de las plantas.
- Aumentar las garantías de éxito de las repoblaciones, fundamentalmente cuando se realizan en alguna de las condiciones siguientes:

- Estaciones con sequías prolongadas y distribución poco uniforme de las precipitaciones de lluvia.
- Climas excesivamente fríos, con un período útil de plantaciones muy estrecho.
- Climas húmedos y de temperatura suaves, con períodos vegetativos prácticamente continuados, donde las plantaciones han de hacerse con la savia prácticamente en movimiento.

Un contenedor o envase forestal es 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 estos 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 pos trasplante, ya que el sistema radical inicial se conserva íntegramente y no hay interrupción en la alimentación de la planta (Marcelli y Piotto, 1993; citado por Castillo, 2006).

El contenedor mantiene la humedad durante el transporte del vivero al campo protegiendo a la planta contra el estrés hídrico, está menos expuesta a los daños mecánicos, permite controlar la micorrización y alarga el periodo de plantación gracias a una velocidad de colonización más elevada, teniendo también aceptación en las zonas más frías donde la nieve está presente hasta bien entrada la primavera. Las plantas en contenedor han mejorado la supervivencia y el crecimiento inicial de muchas plantaciones (Marcelli, 1984; Tinus y Owston, 1984; Riedacker, 1986; citado por Castillo, 2006).

Una de las principales características que distingue la producción de plantas en contenedor con respecto a la raíz desnuda, es el aumento en el control de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, riego, luz), además de la posibilidad de producir cultivos en cualquier época del año (Domínguez, 1997).

La importancia del volumen del contenedor es indiscutible. Numerosos estudios realizados así lo demuestran (Gomes *et al.*, 2002; Freitas *et al.* 2005; Malavasi y Malavasi, 2006). El agua adicional y la mayor cantidad de nutrientes disponibles en los envases mayores proporcionan significativamente mejores resultados de crecimiento y supervivencia. El mayor volumen proporciona un desarrollo radical en el suelo más armónico, mientras que los contenedores de volúmenes inferiores, al estar el sistema radical constreñido y comprimido, producen un desarrollo en el suelo anárquico. Los estudios realizados aconsejan, para climas áridos y secos, la utilización de contenedores mayores de 300 cm³. No obstante, para especies de crecimiento más rápido en vivero los contenedores de menor volumen pueden ser válidos.

Según (Domínguez, 1997; citado por Cobas, 2001), plantea que los envases y contenedores modernos en los que se cultivaran las plantas, son determinantes para su calidad, por lo que elección debe ser cuidadosa, para utilizar el más adecuado expresando las siguientes características:

a) Interior del envase

Debe ser estriado o acanalado (nunca liso), para garantizar que no se produzca enroscamiento de las raíces.

b) Auto repicado

El fondo del envase debe presentar una abertura para permitir la salida al exterior de las raíces, dando lugar al repicado, lo cual exige disponer los envases al aire y nunca en contacto con el terreno. La abertura no debe ser demasiado grande pues provoca la pérdida del sustrato, ni demasiado pequeña por que da lugar al crecimiento amontonado de las raíces al final del envase.

c) Volumen del envase

La capacidad del envase debe estar acorde con el tamaño y las necesidades de crecimiento en vivero de cada especie que se piensa producir. Un volumen menor del necesario repercutirá en la calidad de la planta al limitar un correcto crecimiento. Un mayor volumen del necesario puede encarecer y dificultar su manejo.

d) Se deben elegir los envases hechos con materiales ligeros, que no pesen demasiado para facilitar su manipulación, pero lo bastante sólidos para no sufrir roturas.

e) Funcionalidad del vivero.

Debe ser funcional, manejable, posibilitar su reciclaje y en definitiva, cualquier característica que puedan abaratar los costos de producción, sin afectar la calidad de la planta. Además, debe considerarse la manejabilidad de los envases para transportarlos y distribuirlos en el monte, y en su caso, la facilidad o no, para sacar la planta del mismo, pues, de poco sirve una excelente planta si es penoso su manejo y difícil su extracción.

1.7 Gestión de los residuos.

El término **Residuo** se aplica a todo aquel material generado por las actividades de producción y consumo, el cual no alcanza ningún valor económico en las condiciones particulares de tiempo y de lugar en que se ha producido, y que es preciso recoger y tratar por razones de salud y de contaminación ambiental, para evitar ocupaciones innecesarias de espacio, o simplemente, por motivaciones estéticas (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.* 1996; Otero, 1992).

Los residuos se pueden clasificar, según su naturaleza, en orgánicos e inorgánicos, destacando los orgánicos por su elevado volumen de producción y su fuerte impacto medioambiental. Existen tres grandes sectores productores de residuos orgánicos (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*, 1996):

- **Sector primario:** Residuos agrícolas, ganaderos y forestales.
- **Sector secundario:** Residuos industriales (agroalimentarios, textiles, etc.)
- **Sector terciario:** Residuos urbanos (RSU, lodos de depuración, etc.)

La corteza de los árboles, es un residuo generado por la industria forestal. Hoy en día el uso de la madera de diferentes especies forestales son amplias y sus perspectivas de uso se incrementan a un ritmo vertiginoso (Silva, 2001).

Altos son los volúmenes de cortezas producidas, en su mayoría establecidas como residuos forestales, con perspectivas a que estos se incrementen.

1.8. Problemas Medioambientales derivados de la Acumulación de Residuos.

Los residuos orgánicos tienen un fuerte impacto sobre el medio ambiente, debido principalmente a sus altos contenidos en materia orgánica -inestable e inmadura- y elementos minerales, y a la presencia de compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales, etc., los cuales son altamente contaminantes (Cegarra, *et al.*, 1994; Vogtmann *et al.*, 1993, citado por Jiménez, 2004). Estas afectaciones son:

- Alteración del paisaje y ocupación del territorio, produce sensación de abandono y suciedad. Además, el uso de vertederos hace que se requieran grandes superficies de terrenos para la ubicación de los residuos que, por supuesto, deben quedar alejados de los núcleos poblacionales.
- Degradación del suelo.
- Contaminación de las aguas.
- Contaminación atmosférica, por la gran cantidad de residuos en estado gaseoso y partículas sólidas en suspensión que quedan en la atmósfera.
- Creación de focos de infección. La acumulación de, residuos orgánicos, en zonas no acondicionadas a tal efecto, favorece la existencia de roedores e insectos que se convierten en agentes portadores de enfermedades, con los correspondiente efectos nocivos, para la salud humana y de supervivencia, para otros seres vivos.

1.9. El compostaje como sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos.

Los residuos orgánicos de calidad aceptable son una fuente muy interesante de materia orgánica y de elementos fertilizantes. Por ello, el reciclado y la valorización de los mismos en la rama agrícola y forestal, no constituye solamente una manera eficaz de evitar la degradación y contaminación del medio, sino que, además, permite reciclar dichos recursos, cerrándose los ciclos de la materia -alterados por la actividad forestal y agrícola intensiva- y reduciéndose el consumo de fertilizantes, enmiendas y sustratos.

Para que todo esto sea posible, es necesaria la creación de sistemas eficaces de recogida selectiva, acopio y transformación de estos residuos. Además, el enorme volumen de residuos forestales producidos obliga a buscar formas combinadas para la gestión de los mismos: diferentes métodos de transformación y alternativas de valorización (Martínez, 2002; citado por Fuego, 2008).

En la actualidad, el compostaje es un proceso tecnológico industrializado, sin un grado de complejidad excesivo, técnico y económicamente viable, poco contaminante, y con mayor aceptación social, en comparación con los vertederos o las plantas incineradoras.

El compostaje tiene múltiples funciones, según el objetivo a alcanzar, (Soliva, 2001). Desde la perspectiva medioambiental, el compostaje facilita la gestión de los residuos orgánicos -reduciendo su peso, volumen y peligrosidad-, permitiendo además reciclar los recursos contenidos en ellos. También puede llevarse a cabo únicamente como tratamiento previo a la incineración o el vertido, ya que al reducir el volumen de los mismos se hacen más manejables y menos contaminantes.

1.9.1 Importancia y uso del compost.

Desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura y en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos, solventando los problemas que ocasiona su vertido, acción muy perjudicial para el medio ambiente y para el hombre. (Röben, 2002)

En este sentido el compost resulta una opción muy favorable como fertilizante y remediador de suelos. A continuación se muestran algunas de sus ventajas:

- a) **Acondicionador de suelos:** su uso periódico y de forma adecuada es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertificación a largo plazo.
- b) **Mejora las propiedades físicas del suelo:** la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola mejora considerablemente, aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa. Ayuda a prevenir la erosión de los suelos.

- c) **Mejora las propiedades químicas:** Permite un suministro gradual de nutrientes que coincide con la descomposición y la mineralización. Influye también, de manera indirecta, en la disponibilidad de nutrientes de las reservas inorgánicas, ya que varía el equilibrio ácido-base, disminuye el potencial red-ox y favorece la formación de quelatos. Aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico.
- d) **Mejora las propiedades biológicas del suelo:** Aumenta la micropoblación y, por lo tanto, se incrementa la fertilidad del suelo. Algunas sustancias fruto de la descomposición de la materia orgánica incorporada (como las auxinas, vitaminas, antibióticos y otras poco conocidas) tienen efectos fisiológicos y pueden ayudar en el crecimiento.
- e) **Además brinda beneficios sociales y económicos (Yap, 1999; citado por Fuego 2008)**
 - Es la más barata de las alternativas disponibles.
 - Origina nuevas fuentes de empleo.
 - Permite el ahorro de dinero al invertir menos en los costosos fertilizantes químicos y sustratos, que cada día se cotizan a mayor precio.

Por tanto el compostaje representa una industria, una nueva y más sofisticada forma de lidiar tanto con los desperdicios industriales como urbanos mientras se produce un producto económico y útil para el hombre y para la naturaleza.

1.9.2 Utilización del compost en la obtención de productos alternativos en sustratos tradicionales.

El compostaje es una técnica de estabilización de residuos orgánicos (RO) que tiene interés en el aprovechamiento de residuos y subproductos de distintas actividades como sustratos, (Moldes *et al.* (2006), Mupondi, *et al.* (2006), Castillo *et al.* (2004), Sánchez – Monedero *et al.* (2004)).

Hoy por hoy presenta un interés especial por diferentes razones:

- Fuerte demanda de sustratos y variados.
- Problemática derivada de la importación de materiales como la turba.
- Necesidad de proteger ciertos recursos.

- Problemas de rentabilidad y competitividad.
- Elevada producción de residuos y subproductos.
- Costos elevados de vertederos y de los sistemas de tratamientos.

Castillo *et al.* (2004), ha obtenido excelente resultados utilizando diferentes tipos de compost como sustrato en el crecimiento y desarrollo de diferentes especies, sin necesidad de utilizar fertilizante inorgánico. Este último autor plantea un crecimiento superior entre un 10 -20% cuando se utiliza compost como constituyente medio.

El principal factor limitante, para el uso de los compost como sustratos es su alto valor de conductividad eléctrica. Sánchez-Monedero *et al.* (2004), utiliza dos compost con altos valores de conductividad eléctrica y obtiene buenos resultados cuando se utiliza menos del 67% del compost como constituyente medio, resultados similares fueron obtenidos por Moldes *et al.* (2006), con la corteza de pino compostada.

Estudios realizados en la Universidad de Pinar del Río han demostrado que el uso de compost de corteza de diferentes especies forestales, es una buena opción en la elaboración de sustratos para viveros forestales Castillo, (2006) y Cobas, (2001), sus mejores resultados coinciden con aquellos sustratos en los se incluyen corteza, aunque en todos los casos utilizan concentraciones de la misma menores que un 30 %.

El compost procedente de residuos Forestales presenta algunas características ventajosas. Por una parte, posee un gran poder fertilizante de base, ya que contiene altos niveles de los nutrientes vegetales asociados a la materia orgánica del compost (reservorio natural de nutrientes) y, por tanto, de liberación progresiva. También puede presentar propiedades supresivas frente a agentes fitopatógenos, especialmente hongos, debido a la presencia de microorganismos diversos que disminuyen la incidencia de enfermedades. Todo esto puede repercutir favorablemente en una mayor producción de biomasa y en un aumento de la supervivencia de las plantas, tras el trasplante y en el mercado, así como en la reducción de insumos, tales como fertilizantes y productos fitosanitarios. Además -y tras su uso- puede volver a utilizarse como material orgánico para

abono, relleno de taludes u otros usos típicos del compost, no generando impacto ambiental alguno. En relación con estos condicionantes básicos, su utilización como sustrato de cultivo implica generalmente su mezcla con otros materiales que disminuyan los niveles de nutrientes y de sales solubles, y que mejoren su estabilidad estructural, (Sánchez- Monedero *et al.* 2004).

Internacionalmente se ha demostrado los diversos usos de la corteza de Eucaliptus a través de profundos estudios, declarando su principal importancia en la fabricación de compost. (Yadav *et al.* (2002), Paul y Polglase, (2004)).

El compost producido a partir de corteza de Eucalyptus posee excelentes propiedades físicas y se ha demostrado favorables resultados contra el desarrollo de hongo en las etapas iniciales de crecimiento de la plantas. Autores como Cunha-Queda *et al.* (2006), afirman que el mismo es un material apropiado para ser usado en la formulación de sustratos para la producción de plantas en contenedores.

El aprovechamiento del compost de residuos Forestales como sustrato de cultivo supondría un claro ejemplo de sistema integral, rentable y ecológico, ya que la generación del residuo, la producción de compost y su consumo coexistirían en una misma zona.

1.9.3 Características de los sustratos y su empleo en vivero de contenedores.

Un buen sustrato no debe contener más de uno a tres componentes. La selección de componentes dependerá, de su disponibilidad y costo. Hay tantos materiales disponibles que los productores cometen el error de mezclar muchos tipos equivocados juntos. Las cuatro funciones del sustrato (soporte de las plantas, aireación, retención de nutrientes y retención de humedad) deben ser consideradas en el desarrollo de la fórmula. (Abarca y Aguilar, 2002).

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical de la planta, En principio, todo material sólido puede, eventualmente, ser utilizado como sustrato en la medida que permita un desarrollo normal del sistema radical y puede intervenir o no en el

complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. Los sustratos utilizados en viveros forestales son obtenidos a partir de mezclas de diferentes componentes orgánicos. Los materiales que se han experimentado para su uso son muchos y no siempre han respondido positivamente desde el doble punto de vista técnico y económico (Pastor, 2004).

Existe un elevado número de materiales aptos para la formación de sustratos. En general los más conocidos son: Las turbas, los residuos forestales (hojas, aserrín y cortezas), las arenas y los materiales sintéticos (perlita, vermiculita, lana de roca, poli estireno). También se elaboran sustratos con estiércoles, mantillos, tierra vegetal, y otros. En el caso de las turbas, al tratarse de materiales que han estado sometidos durante largo tiempo a los procesos naturales de degradación biológica, su estabilidad es elevada y no existe riesgo de descomposición (Calderón y Cevallo, 2003).

1.9.4. Propiedades físicas de los sustratos

1.9.4.1 Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. La porosidad varía en un amplio intervalo de valores, desde un 30% en suelos compactados hasta cifras del orden del 95% en algunas turbas. Por término medio, los buenos suelos de campo con hierbas contienen en torno a un 50% de poros, mientras que en los sustratos de maceta de porosidad puede llegar a alcanzar valores de un 95% o superiores, recomendándose un mínimo del 85% (Cairo y Fundora, 2002; Abad *et al.*, 2004).

1.9.4.2 Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

La densidad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2,5-3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7-0,1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura.

La influencia de la compactación en la porosidad y en la densidad aparente se comprende fácilmente al considerar el efecto de comprimir un material poroso.

Cuanto mayor sea la presión ejercida, menor será el volumen de poros, y por tanto la porosidad. Al disminuir el volumen total, manteniéndose la masa del material, aumentará la densidad aparente. La reducción del tamaño de los poros que se produce al aumentar la compactación hace que disminuya la porosidad ocupada por aire y aumente la retención de agua.

El riego también ejerce un efecto de compactación sobre los sustratos en contenedores, que habrá de ser tenido en cuenta. El conocimiento de la densidad aparente es muy importante, no sólo porque permite calcular la porosidad, sino que además, proporciona por sí misma información útil: cantidad de sólido contenido en un volumen de sustrato comprado a granel, preparación de mezclas, ejecución de análisis químico en base a volumen (Pastor, 2004).

1.9.5. Propiedades químicas de los sustratos

Las propiedades químicas de un sustrato son importantes, ya que de ellas dependerán en gran parte la disponibilidad de nutrientes. El sustrato ideal debe tener nutrientes en forma asimilable para la planta (nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio, magnesio y hierro entre los macro elementos y cobre, cinc, sodio, manganeso, boro, cloro y molibdeno entre los micro elementos).

Estos nutrientes, sobre todo el N, P y K, deben ser aportados mediante abonados ya que las necesidades de la planta son grandes y el espacio con sustrato de una maceta es pequeño.

Varios materiales y sus mezclas son utilizados para preparar medios de cultivo (sustratos). Las características resultantes de las mezclas no siempre son la suma

de las características de sus partes, por lo que lo importante de un sustrato no son sus ingredientes y componentes sino sus propiedades y parámetros.

La materia orgánica es un componente activo del sustrato, su incorporación mejora la estructura del espacio poroso, disminuye la densidad e incrementa la humedad, lo que trae consigo una mejor permeabilidad del suelo y/o sustrato, además libera dióxido de carbono y ciertos ácidos orgánicos durante la descomposición, lo que ayuda a disminuir el pH del suelo, a liberar el calcio por la solubilización de los carbonatos y otros minerales del suelo (Fuentes y Oropeza, 1996; citado por Pérez, 2007).

Es importante que la descomposición de la materia orgánica, en el medio utilizado en los tubetes sea mínima. La descomposición de los agregados orgánicos puede llevar a una textura más fina y una aireación pobre.

Dentro del recipiente, el volumen del medio disponible es pequeño para el crecimiento de las raíces, cualquier reducción significativa es perjudicial durante el desarrollo de las plantas. En un medio para cultivo en tubetes no son deseables materiales que se descomponen rápidamente (Burés, 2002).

El pH de la solución del sustrato depende de la especie a cultivar y es importante porque determina la disponibilidad de nutrientes para la planta. Los cultivos de invernadero caen en dos categorías.

La mayoría crece mejor en un pH ligeramente ácido entre 6,2 a 6,8 en un medio con tierra y 5,4 a 6,0 en un medio sin tierra. Un número pequeño de cultivos son llamados acidófilos pues crecen mejor en un pH muy ácido de 4,5 a 5,8 (Landis *et al.* 2000).

Es importante revisar el pH del medio una vez formulado y ajustarlo al valor adecuado antes de la siembra. Con valores de pH inferiores a 5 pueden aparecer síntomas de deficiencias de N, K, Ca, Mg y B. Con valores superiores a 6 se producen problemas en la disponibilidad de Fe, P, Mn, Zn y Cu.

1.10. Calidad de plantas obtenidas en vivero forestal.

Según Mexal y Landis (1990), Citado por Sánchez (2004). La evaluación de la calidad de las plántulas en viveros forestales se remonta al año 1917, cuando aparece un primer manual de procedimientos para la producción de viveros

forestales, elaborado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Sin embargo, los primeros conceptos sobre calidad de las plántulas, donde se utiliza ya claramente criterios de diámetro en el cuello y altura de la plántula vigentes hoy día, aparecen en los años 30 y 40 en varios manuales publicados por investigadores.

La mayor parte de las investigaciones sobre la mejora de la calidad de plantas se han centrado especialmente en el empleo de diferentes sustratos, fertilizantes, manejo del agua y cambios en la atmósfera del invernadero (Villar- Salvador 2000). Durante más de medio siglo, científicos, viveristas y forestadores han trabajado para desarrollar prácticas de producción y manejo que mejoraron notablemente la calidad general de las plantas, permitiendo lograr una mejor interacción de los mismos con el sitio, y, por lo tanto, alcanzar una expresión más completa del potencial del sitio. Durante este proceso se han desarrollado diversos métodos de evaluación de la calidad de los plantines. García (2007).

En la determinación de la calidad de los plantines listos para plantación, se utilizan parámetros que se basan en aspectos fenotípicos, denominados morfológicos, y en aspectos internos de los plantines, denominados fisiológicos (Gomes *et al*, 2002). Tanto la calidad morfológica como la fisiológica dependen de la carga genética y procedencia de las semillas, de las condiciones ambientales y de los métodos y técnicas de producción y, por último, de las estructuras y equipamientos utilizados en su producción. Parviainen (1981); citado por García (2007).

Los parámetros morfológicos, atributos determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de los plantines, proporcionando una comprensión más intuitiva por parte de los viveristas (Gomes *et al*, 2002). Aún cuando algunas investigaciones han sido realizadas para mostrar que los criterios que adoptan esas características son importantes para evaluar el desempeño de las plantas después de su plantación en el campo (Gomes *et al*, 2002), su aplicación no permite responder a las exigencias en cuanto a supervivencia y crecimiento, determinadas por las adversidades encontradas en el campo después de la plantación (Gomes *et al*, 2002).

En síntesis, de acuerdo con los parámetros morfológicos una planta de buena calidad debe tener un diámetro de cuello grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro de cuello), un sistema radicular fibroso, y un valor alto del cociente biomasa de raíz/biomasa aérea (Guifan, 1997; citado por Fuego, 2008). Ya que ninguna de estas características podría, por si sola, describir la calidad de una planta, (Dickson *et al.*, 1960; citado por Fuego, 2008) desarrollaron un índice de calidad (ICD) que permite evaluar mejor diferencias morfológicas entre plantas de una muestra, y predecir el comportamiento a campo. Este índice es el mejor parámetro morfológico para indicar la calidad de las plantas, ya que 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 (Fonseca *et al.*, 2002; citado por Pérez, 2007).

En cuanto al estado nutricional, un vivero forestal debiera producir plantas con niveles óptimos de nutrientes, ya que plantas saludables tendrán mejor desempeño en plantación, que plantas cloróticos y achaparrados (Landis, 1985; citado por Fuego, 2008), y estarán en mejores condiciones para soportar el estrés de plantación. Por otra parte, el primer resultado de la deficiencia de nutrientes es la reducción en el crecimiento de la planta, disminuyendo la productividad aún sin presentarse síntomas visibles (Philips, 1994; citado por Pérez, 2007), si esta condición persiste, pueden aparecer síntomas visibles de deficiencia y reducirse aún más el crecimiento.

Finalmente la calidad de una planta forestal se demuestra en el monte, por su capacidad de arraigar y vegetar larga y satisfactoriamente una vez plantada.

Planta de calidad equivale a capacidad de arraigo. En buena medida, estas capacidades dependerán de las técnicas de repoblación, pero están condicionadas además por el cultivo en vivero. (Domínguez *et al.* 2001).

1.11. Plantación

El éxito de una plantación forestal, desde el punto de vista de su crecimiento, depende de muchos factores, como la calidad de las plantas, la preparación del sitio, la técnica de plantación, los cuidados culturales y el sitio. Todos ellos son importantes para el crecimiento de los árboles y deben considerarse en su

conjunto. Para ello, un diagnóstico integrado del sitio permite una mayor precisión en la identificación de las posibles restricciones y potencialidades que presenta una plantación. Este diagnóstico considera un análisis global del sitio, en el cual se incluyen: las características morfológicas, físicas y químicas del suelo; aspectos dasométricos, síntomas y signos y el estado nutricional de los árboles de la plantación; la topografía, el clima y la vegetación acompañante (Schlatter y Gerding 1995, Schlatter *et al.* 1995, Gerding *et al.* 2006; citados por Fuego, 2008). Durante la fase de establecimiento en el campo las plantas pueden experimentar importantes periodos de estrés, sobre todo hídrico (Villar y Salvador, 2001) lo que permite limitar su supervivencia y desarrollo. Por este motivo, la calidad morfo-fisiológica de las plantas es un factor que juega un papel esencial en el éxito de un proyecto de repoblación (Peñuelas y Cardeso, 1993; citado por Fuego, 2008). Esta calidad representa un compendio de diferentes características destinadas a obtener un material de mayor resistencia una vez se encuentra en el monte, de modo que se favorezca la disminución del estrés sufrido por el manejo, se mejore la capacidad de arraigo, su óptimo crecimiento y, por lo tanto la garantía de la repoblación de la zona a tiempo (Villar- Salvador *et al* 2000).

Aunque las estimaciones varían la superficie total de plantaciones forestales en el mundo alcanza entre el 120 y 140 millones de hectáreas. Lo que es menos dudoso es el aumento de las nuevas plantaciones (forestación) tanto en los países templados como en los tropicales. Especialmente en los trópicos la tasa actual de plantación es de 2 a 3 millones de hectáreas anuales, es el doble de la registrada en los años 60 y 70 (FAO, 1993). La finalidad de estas plantaciones es sobre todo para la producción industrial o para uso doméstico como postes de construcción, leña y forraje.

Existen datos estadísticos generales que proporcionan las tasas relativas de plantación de árboles en distintas zonas del mundo. Las plantaciones mas importantes con especies de rápido crecimiento son en Brasil con 700 000 ha, en Argentina Chile y el Pacífico con 750 000 ha, Cuba sorprende ya que teniendo tan solo 10 982 000 ha de superficie total, tiene una superficie de 350 000 ha de plantaciones. El 25% de las plantaciones son de especies de coníferas, de

Eucalyptus se tiene aproximadamente 1, 3 millones de ha y *Tectona grandis* un millón de ha, (SEMARNAT / CONAFOR, 2001; citado por Fuego, 2008).

La tarea de la plantación propiamente dicha significa llevar las plantas (a raíz desnuda o en recipientes) al terreno, y colocar el material de plantación en su posición correcta, oprimiendo el suelo mineral del terreno contra las raíces o contra la tierra mineral de los recipientes. Si se trata de bolsas de polietileno, por lo general éstos se quitan antes de plantar para evitar fallas radicales, pero algunos países que usan tubos o sacos perforados en los lados y fondo no los quitan. El material en recipientes de turba se planta con la maceta (FAO, 1981, citado por Castillo, 2006).

Ha habido en años recientes una creciente preocupación por los riesgos de enrollado y estrangulación de raíces debido a uso de recipientes de polietileno y hay algunas pruebas de que un daño similar puede tener lugar en los eucaliptos. El enrollamiento de raíces laterales alrededor de la raíz pivotante por culpa de las constricciones del polietileno lleva a la muerte de la raíz principal. La consecuencia es la reducción de la estabilidad mecánica y el peligro del desarraigue o ruptura al nivel del cuello radical, que puede producirse varios años después de la plantación. El peligro del enrollamiento de la raíz puede limitarse eliminando los tubos o bolsas (en su totalidad o, por lo menos, la mitad inferior), cortando los 2 cm inferiores de la bola radical y haciendo dos cortes verticales a ambos lados para eliminar las raíces enroscadas, inmediatamente antes de plantar. (Castillo, 2006)

La plantación en Cuba se realiza con pala, azada o pica de plantación para preparar el hoyo de plantación definitivo y el obrero introduce la planta y se asegura que quede bien apisonada en el suelo, sin espacios con aire alrededor o debajo de la planta, y que el suelo mineral esté en contacto con las raíces. Un buen apisonamiento del suelo y el evitar los espacios de aire son vitales para el buen resultado de la plantación, se realiza lo más temprano posible en la estación húmeda para que las plantas puedan beneficiarse en pleno del calor residual del suelo en el período de lluvias. (Álvarez y Varona, 1988).

Una gran ventaja de la plantación en recipientes es que la tierra húmeda de los mismos debería facilitar que la planta soporte períodos difíciles. Este sería el caso de los recipientes más grandes, que contienen un mínimo de 300 hasta 1 500 cm³ de sustrato, pero puede ser difícil con los recipientes que contienen sólo unos 90 cm³ del sustrato, como es el caso del tubete utilizado en esta investigación. En el caso de plantaciones con envases pequeños, es necesario esperar que se hayan iniciado el período de lluvia. Si las fallas son provocadas por el clima adverso al principio de la estación de plantación, la reposición debe realizarse lo más pronto posible en la misma estación, cuando se puede perder poco en el crecimiento. Si las pérdidas son provocadas por otros factores, como heladas anormales o daños por plagas, habrá que reemplazar las plantas más tarde en la estación, si es posible con plantas más fuertes. Se recomienda tener una reserva del material de plantación para esta finalidad. Si las pérdidas se deben a la mala preparación del terreno, hay que poner remedio a esta situación procediendo a una preparación más cuidadosa que la normal antes de hacer reposiciones con el material de reserva. Estas reposiciones pueden tener la ayuda de una aplicación adicional de fertilizante si se plantan después de la fertilización normal de la parcela (Meskimen y Francis, 1990)

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Evaluación de la calidad de las semillas de *Vitex parviflora* Juss.

Previo al desarrollo de la presente investigación se realizaron pruebas de calidad a las semillas de *Vitex parviflora* Juss: (roble filipino) procedente de la Empresa Forestal Integral Pinar del Río del Municipio Consolación del Sur, la misma que fue procesada en la Nave de semilla de Montequín, las cuales fueron recolectadas en junio del 2007 y se encontraban almacenadas en recipientes herméticos a temperatura que oscilan de 4°C – 6°C, además cabe resaltar que no contaban con adición de preservante químico. La norma utilizada para las dichas pruebas de calidad fue la Norma Cubana 71-04 de Semillas Forestales (1987), donde fueron evaluados o medidos los siguientes parámetros:

2.1.1 Pureza de las semillas teniendo en cuenta las categorías siguientes:

Semillas Puras:

- Semillas perfectamente desarrolladas y no mutiladas.
- Semillas pequeñas arrugadas o imperfectamente desarrolladas, siempre que puedan ser identificadas como pertenecientes a la especie y variedad que se somete al ensayo.

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$SP = \frac{\text{Masa de SP}}{\text{Masa de SM}} * 100 \quad (2,1)$$

Donde:

SP = Semillas Puras

SM = Submuestra de ensayo

Semillas Impuras:

Cualquier componente del lote que no se define como semilla pura.

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$SI = \frac{Masa\ de\ SI}{Masa\ de\ SM} * 100 \quad (2,2)$$

Donde:

SI = Semillas impuras

SM = Submuestra de ensayo

2.1.2 Determinación de Semillas por Kilogramos (SK).

Para esta se aplicó la fórmula que se presenta posteriormente.

$$SK = \frac{SP}{SP + SI} * 100 \quad (2,3)$$

Donde:

SP = Semillas Puras

SI = Semillas Impuras

2.1.3 Ensayo de corte.

Para este ensayo se tomo 100 semillas determinando las semillas sanas, vanas y enfermas.

2.1.4 Determinación del porcentaje de germinación.

Este método se establece para evaluar la capacidad germinativa de las semillas puras, ubicándolas sobre un sustrato húmedo.

2.1.5 Ensayo de corte final:

Este método se basa en el corte final de las semillas no germinadas durante el periodo germinativo y la determinación del porcentaje de semillas sanas, como indicativo de dificultades fisiológicas no vencidas.



Figura 1. Ensayo de corte final realizadas a las semillas de *Vitex parviflora* Juss. Todas las semillas se sembraron en campanas de cristal, utilizando como medio húmedo, arena de sílice.

Se realizaron 4 replicas experimentales en la siguiente forma:

Todos se realizaron en condiciones de laboratorio, sembrando en cada campana de cristal 50 semillas dando un total de 200 semillas.

Las campanas de cristal fueron puestas en un armario de germinación Jacobson a los cuales se hizo una observación diaria de la germinación durante 30 días.

2.2 Determinación de la viabilidad y deterioro de las semillas de *Vitex parviflora* Juss.

Para la determinación de la viabilidad de la semilla se empleo el método bioquímico de la prueba del tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio) (TZZ). Descrito por las normas del ISTA, (1985) y con las modificaciones señaladas por (Castillo *et al.*, 1986; citado por Bonilla, 2001). Con respecto al tiempo de imbibición en la solución.

Se utilizo 100 semillas procedentes de Pinar del Río, empleándose la clasificación de la norma ISTA (1985), que establecen las siguientes categorías:

2.2.1 Semillas con capacidad germinativa.

Se consideran aquellas que tenían el embrión y el endospermo coloreados, o el embrión rojo y la mitad o más del endospermo coloreado.

2.2.2 Semillas sin capacidad germinativa.

Se consideraron a las pálidas o moteadas, embrión o radícula incolora, la mitad o más de los embriones o el endospermo incoloro.

A partir de estos resultados se calculó el porcentaje de viabilidad usando la fórmula siguiente:

$$\%VIABILIDAD = \frac{SCG}{ST} * 100 \quad (2,4)$$

Donde:

SCG = Semillas con capacidad germinativa.

ST = semillas tratadas.

2.3 Descripción de los experimentos en la etapa de vivero.

La presente investigación está fundamentada en un experimento montado en el Vivero Docente, ubicado a la entrada de la Ciudad, por la Autopista, en el Municipio Pinar del Río de esta Provincia, y en el Polígono de Investigaciones Loma del Ganso, ambos perteneciente a la Universidad de Pinar del Río. "Hnos. Saiz Montes de Oca",



Figura 2. Vista parcial del caballete donde se montaron los experimentos.

La siembra se realizó, el 18 de febrero del 2009, se colocaron las semillas en los envases, y se utilizó como material de cubierta aserrín de pino fresco, a los 29 días empezó la germinación la misma que duro alrededor de 20 días, las evaluaciones las empezamos a medir a los 30 días de concluida la germinación hasta 105 días. El riego utilizado fue manual, diario, dos veces al día, a los 95 De a ver empezado con las evaluaciones se paso a un riego diario para empezar con la etapa de endurecimiento, previo a ser llevadas a plantación.

El uso de malla negra fue durante la fase de establecimiento, posteriormente fue retirada. El agua utilizada para el riego cumplía con los parámetros de calidad

establecidos para su utilización. No se fertilizó en toda la estancia de las plantas en el vivero. Después de cumplido los 95 días, se procedió a una fase de adaptación en condiciones ambientales normales antes del trasplante.

Se utilizó un tubete plástico de color negro con forma de pirámide de base cuadrada (3,5 x 3,5cm.), altura de 10,5cm con una relación altura radio igual a 3, y un volumen total de 90 cm³.

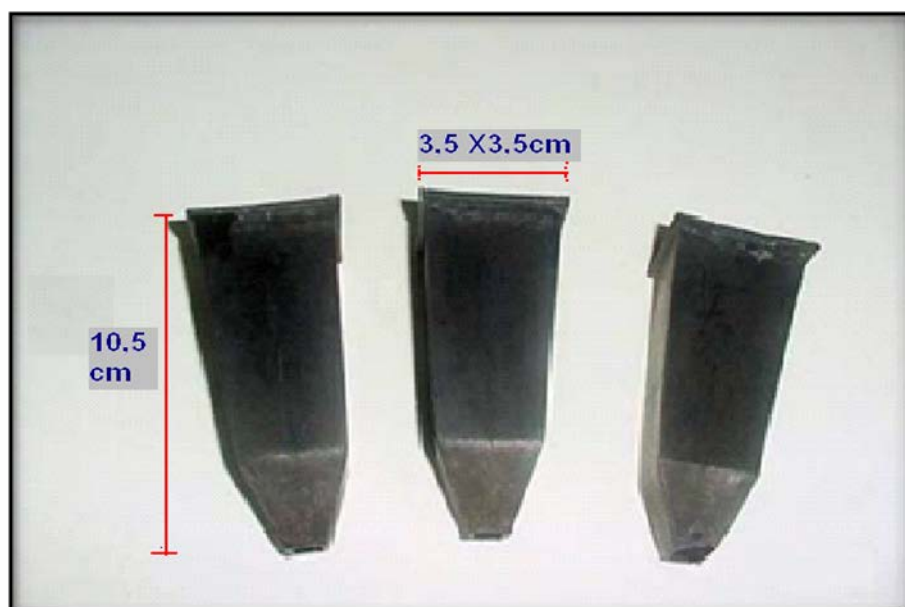


Figura 3. Tubetes utilizados.

2.3.1 Sustratos utilizados para el llenado de los tubetes.

Las proporciones de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes se muestran en la Tabla (1).

Estos materiales fueron:

- Turba, extraída de la turbera del municipio San Luís, Pinar del Río.
- Compost, elaborados a partir de mezclas de corteza de *Eucalyptus pellita* F. Muell y *Eucalyptus saligna* Smith extraída (CE) y sin extraer (CSE) con estiércol de gallina.

El compostaje se realizó según el procedimiento descrito por (García – Gómez, 2005; citado por Pérez, 2007). Las pilas fueron volteadas cuando comienza el descenso de la temperatura, para homogenizarlas y estimular el compostaje. La

fase biooxidativa del compostaje (fase activa) fue considerada que había concluido, cuando la temperatura de las pilas se igualaban a la del medio ambiente.

Tabla 2. Composición de los sustratos utilizados en la producción de plantas de *Vitex parviflora* Juss. en tubetes año 2009.

Sustrato	Abreviatura	Composición (%)
Turba + Compost(CE)	6CE	40+60
Turba + Compost(CE)	3CE	70 + 30
Turba + Compost (CSE)	6 CSE	40+60
Turba + Compost (CSE)	3 CSE	70 + 30

2.4 Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 4 tratamientos y 50 réplicas en cada uno para un total de 200 tubetes.

Las semillas se colocaron en los correspondientes sustratos (60% extraído, 30% extraído, 60% sin extraer y 30% sin extraer) en todos los caso se mezclaron con turba, extraída de la turbera del municipio San Luís, Pinar del Río.

2.4.1 Condiciones climáticas en las que se realizo el trabajo investigativo.

El montaje de los experimentos fueron desarrollados en todas sus fases en condiciones normales, estos datos fueron proporcionados por la estación meteorológica del municipio de Pinar del Río, cuyos valores medios de los parámetros de temperatura mínima (**Temp. min**), temperatura máxima (**Temp. max**), temperatura media (**Temp. media**), humedad relativa (**Hum. relativa**), precipitaciones (**Precip.**) y presión atmosférica (**Pres. atm**) se exponen en la siguiente tabla (5).

Tabla 3. Datos meteorológicos año 2009.

Factores climáticos del 2009							
Meses	Decenas	T.min (°C)	T máx (°C)	T med (°C)	H. rel. (%)	Precip (mm)	Pres at. (hPa)
Febrero	2da	15.7	28.25	21.18	74.9	0.0	1018.23
	3ra	15.1	28.1	20.8	72	0.0	1019.7
	1ra	14.28	26.71	19.87	65.1	0.8	1021.10
Marzo	2da	17.12	29.9	22.42	75.7	19.3	1017.52
	3ra	19.3	28.8	23.5	76	3.5	1015.2
	1ra	16.61	29.94	23.92	70.8	0.0	1015.02
Abril	2da	20.26	31.66	25.38	71.8	2.4	1015.67
	3ra	20.1	30.7	24.6	69	41.5	1019.3
	1ra	20.89	32.55	26.02	71.4	4.4	1016.12
Mayo	2da	21.9	32.26	26.01	71.8	12.5	1013.29
	3ra	22	32.7	26.1	77	28.7	1012.9
	1ra	22.05	31.64	25.80	83	62.7	1014.18
Junio	2da	22.99	32.26	23.93	73.2	25.1	912.93
	3ra	23.1	31.2	26.5	85	174.7	1012.5
	1ra	23.07	32.36	26.77	83.5	87.4	1015.84
Julio	2da	23.77	33.07	27.51	82.6	11.8	1017.42
	3ra	24.1	33.1	27.5	82	64	1016.0
	1ra	23.99	32.89	27.22	81.1	9.4	1016.55
Agosto	2da	23.5	33.59	27.37	83.2	13.6	1015.05
	3ra	23.4	33	26.8	85	65.2	1014.2
	1ra	23.11	32.69	26.43	84.3	168.9	1013.73
Septiembre	2da	23.87	32.14	26.73	87.2	15.3	1013.52
	3ra	23.8	32.2	27	85	26.9	1013.3

2.4.2 Germinación.

Se controló la germinación de las semillas que se depositaron en los tubetes pertenecientes a cada uno de los diferentes sustratos en estudio, con un conteo diario sugerido en la norma cubana NC 71-04 (1987). La germinación comenzó a los 29 días después de la siembra, y culminó 20 días después de sembradas, en

este lapso de tiempo se realizó un conteo diario, para determinar el porcentaje de germinación según la NC 71-04 (1987). Se calculó el porcentaje de germinación para cada tratamiento. A los 5 días después del último conteo se realiza la primera entresaca (trasquilado) dejándose entre una y dos plántulas por tubetes. Ya pasado los 10 días se hizo la última entresaca dejándose una planta por tubete. 30 días después de concluida la germinación se empezó las mediciones de altura (h) y número de hojas, pasado los 95 días de la evaluación de estos parámetros se empezó con las mediciones del diámetro.

En el ensayo se analizaron los **parámetros morfológicos**: altura, diámetro en el cuello de la raíz, número de hojas, peso seco aéreo, peso seco radical, peso seco total y área foliar, para el posterior cálculo de los índices morfológicos.

La altura se mide por la longitud de la parte aérea, desde el cuello de la raíz hasta la base de la yema terminal (Sutton, 1979 y Olié, 1997; citado por Fajardo, 2005). La altura se comenzó a medir a partir de los 30 días de concluida la germinación. Este parámetro se midió desde el cuello de raíz hasta el extremo de la yema apical, utilizándose una regla graduada de 30 cm. VER FIGURA



Figura 4. Medición de la altura

Con los resultados de la medición de altura se pusieron a prueba diferentes modelos matemáticos para predecir cuál de ellos se ajustaba mejor al comportamiento de la altura en cada sustrato estudiado. Los modelos matemáticos se describen en la Tabla (6).

Para la medición del diámetro del cuello de la raíz se espero que trascurrieran 95 días después de la última evaluación de la germinación y para lo cual se utilizó el pie de rey, con un error de 0,05 mm. VER FIGURA



Figura 5. Medición del diámetro

El peso seco aéreo es la masa seca del tallo más la masa seca de las hojas.

El **peso seco total** comprende la masa seca aérea más la masa seca de la raíz.

Estas masas se determinaron en el Laboratorio de Química de la Universidad de Pinar Del Río utilizando una balanza analítica con un error de 0,1 mg. Se tomaron 10 plantas por sustrato. Para el secado de las muestras se utilizó la estufa, a 100°C, inicialmente por una hora, después a 75°C por 48 horas hasta peso constante.

Tabla 4. Modelos matemáticos para describir la dinámica de crecimiento de las plantas de *Vitex parviflora* Juss. en contenedores.

Ecuaciones	
$Y = bo+(b1t)$	Lineal
$Y= bo+(b1\ln(t))$	Logarítmica
$Y= bo+b1/t$	Inverso
$Y= bo+(b1t)+(b2t^2)$	Cuadrática
$Y= bo+(b1t)+(b2t^2) +(b2t^3)$	Cúbica
$Y= bo(t^{b1})$	Potencial
$Y= e(bo+b1/t)$	Exponencial
$y = b1t^3 + b2t^2 - b3t + b4$	Polinómica

El área foliar se determinó por el método gravimétrico y aplicando la fórmula:

$$Af = \frac{1dm^2 * Pf}{Pp} \quad (2,5)$$

Donde:

Pf = peso de la forma de la hoja (g).

Pp = peso de un decímetro cuadrado de papel (g).

El largo de la raíz principal fue medido con una regla graduada de 30cm, desde el cuello hasta el ápice. Para ello se halló el peso seco total del sistema radical, después fueron separadas las raíces finas de las raíces gruesas, y se determinó el porcentaje sobre el total de cada una de ellas.

2.5. Índices morfológicos

2.5.1 Índice de calidad de Dickson (I.D.)

Este índice combina parámetros morfológicos de longitud y masa, y es posible calcularlo por la siguiente fórmula:

$$QI = \frac{Pst}{\frac{h}{d} \frac{Psa}{Psr}} \quad (2,6)$$

Donde:

Pst = masa seca total (g).

H = altura (cm)

Psa = masa seca aérea (g)

D = diámetro (mm).

Psr = masa seca de la raíz (g).

2.5.2 Índice de Esbeltez (H:D)

Se determina a través de la relación

$$H/D = \frac{h}{d} \quad (2,7)$$

Donde:

h = altura (cm),

d = diámetro (mm).

2.5.3 Relación parte aérea / parte radical (PA/PR)

Es la producción de materia seca concentrada en las raíces respecto al total de la planta y es determinada de la forma siguiente:

$$PA/PR = \frac{PSA}{PSR} \quad (2,8)$$

Donde:

PSA = peso seco aéreo (g).

PSR = peso seco radical (g).

2.5.4 Balance hídrico de la planta (BAP).

Establece la relación existente entre la parte aérea de la planta, la parte radical y el diámetro del cuello de la raíz. De esta forma el BAP se determina mediante la siguiente fórmula:

$$BAP = \frac{PSA}{Diam * PSR} \quad (2,9)$$

Donde:

PSA = peso seco aéreo (g).

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

PSR = peso seco radical (g).

2.5.5 Índice tallo raíz (ITR) (Iverson 1984).

$$ITR = \frac{PST}{PSR} \quad (2,10)$$

Donde:

PST = peso seco aéreo (g).

PSR = peso seco radical (g).

2.6 Estado nutritivo de las plantas

Para la realización del análisis foliar primeramente fueron seleccionadas 10 plantas, lavadas y secadas (las hojas) en la estufa y pasadas por un tamiz de 0.5 mm, envasadas y llevadas a los laboratorios del MINAG. Se les determinó macronutrientes primarios y secundarios tales como: Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Calcio y Magnesio.

2.7 Mediciones de las variables Estabilidad del pabellón, Destubetado y Arquitectura radical

Para la determinación de estas variables se tomaron quince plantas por tratamiento y se establecieron diferentes niveles (Ver Figuras 6, 7 y 8).

Tabla 7. Niveles establecidos para las variables destubetado, estabilidad del sustrato y arquitectura radical.

Variables	Niveles		
	a	b	c
Destubetado	fácil	Medio	Difícil
Estabilidad del sustrato	Alta	Intermedia	Baja
Arquitectura radical	Óptima	Aceptable	Mala



Figura 6. Destubetado.

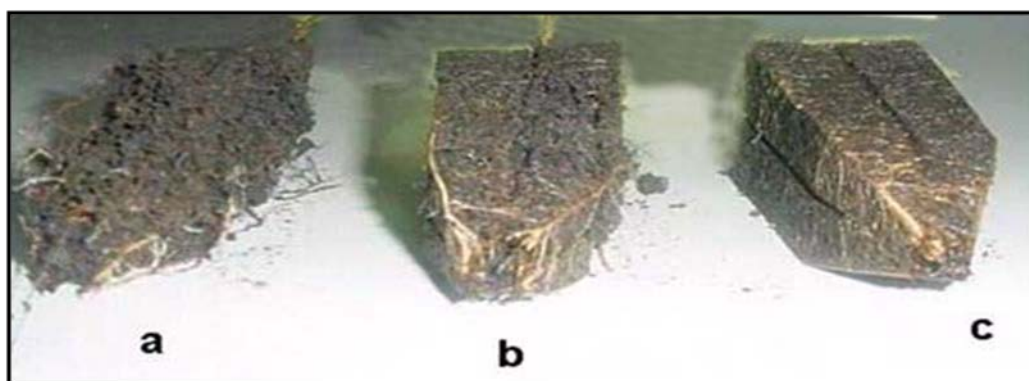


Figura 7. Estabilidad del cepellón (a) baja, (b) intermedia (c) alta

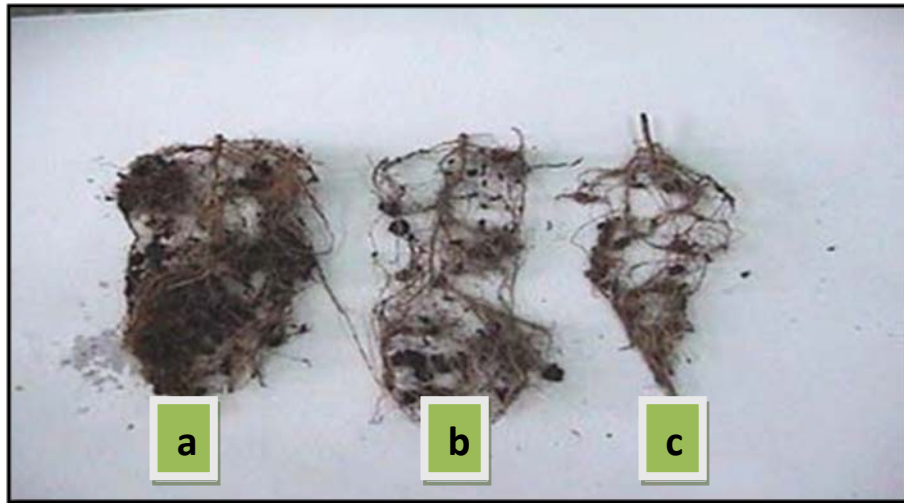


Figura 8. Arquitectura radical a) mala b) aceptable c) óptima.

2.8 Atributos fisiológicos:

2.8.1 Transpiración cuticular.

Es la que se produce a través de las paredes celulares exteriores una vez que los estomas se han cerrado. El procedimiento para su determinación, descrito por Villar *et al.* (1997), citado por Oliet (2001), se basa en, una vez regadas (saturadas), se tomaron 10 plantas al azar por cada tratamiento, se cortaron a la mañana siguiente y se pesaron en la balanza analítica. Después de pesar cada plántula, se colocaron en bolsas de polietileno y fueron puestas en la oscuridad. A estas muestras se les fueron haciendo pesadas cada una hora durante 8 horas, obteniéndose una curva de pérdida de peso. La parte lineal de esa curva se asume que es la tasa de pérdida de agua a través de la cutícula. Esa tasa se va dividiendo por peso seco del tejido aéreo obteniéndose la transpiración cuticular.

$$T_c = \frac{P_i - P_f}{P_s} \quad (2,11)$$

Donde:

Tc = transpiración cuticular,

Pi = peso inicial (g)

Pf = peso final (g)

Ps = peso seco (g)

2.8.2 Potencial hídrico

El potencial hídrico se determinó en horas de la madrugada y al mediodía, utilizándose para ello la Cámara de Scholander o cámara de presión. Procedimiento para la determinación del potencial hídrico de madrugada: Se tomó una muestra de 6 plantas al azar por tratamiento, las cuales fueron saturadas la noche anterior y cortadas durante la madrugada, luego se colocaron en la Cámara de Scholander. A estas plantas se les aplicó una presión, la cual hizo que saliera una pequeña gota de agua en la superficie del tallo, marcando así el manómetro de la cámara el Potencial Hídrico de madrugada (de base o al alba). Para la determinación del potencial de mediodía se tomaron nuevas muestras de plantas y se siguió el mismo procedimiento. Metodología descrita por Landis y col (2000).

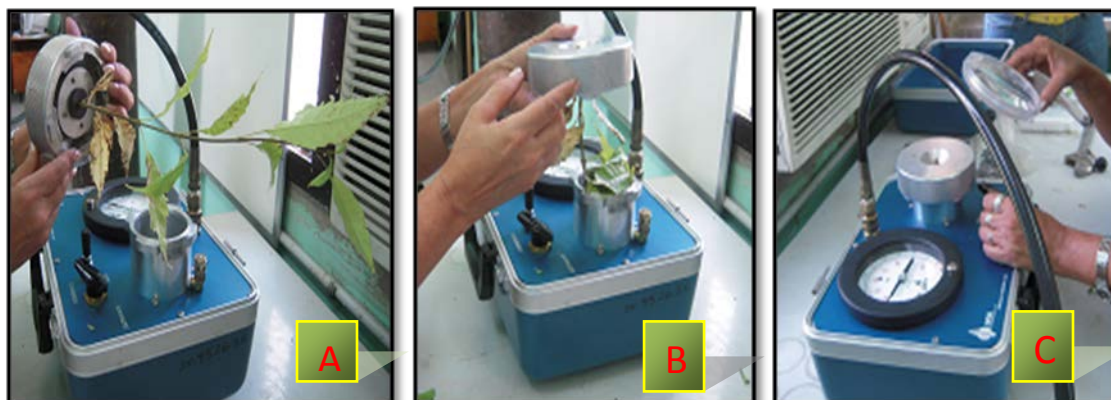


Figura 9. (A, B, C) determinación del potencial hídrico con la cámara de Scholander

2.9 Valoración económica.

Se realizó la valoración económica de la investigación a partir de los costos de los materiales utilizados, la transportación, combustible y salarios involucrados, para determinar cuánto cuestan los sustratos investigados en comparación con el que emplea la empresa actualmente, demostrando su factibilidad económica.

2.10. Análisis estadístico.

Se utilizó la prueba de comparación de medias de Duncan para las variables que cumplieran con una distribución normal. Se realizó un análisis de regresión curvilínea por estimación.

Se determinaron las correlaciones entre todos los parámetros morfológicos y sus índices a través de una matriz de correlación de Pearson para después realizar los análisis de regresión correspondientes.

Se emplearon métodos de clasificación jerárquica sin aprendizaje (análisis de clusters) que condujeron a los dendrogramas correspondientes, donde se demuestra gráficamente las fuerzas de enlace existentes entre las variables analizadas.

Para la realización de estos análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows Versión 15.

2.11. Plantación.

Una vez concluida la fase de Vivero se llevo las posturas a plantación el día 23 de julio de 2009, a los 107 días aproximadamente de sembrada, dicha plantación se realizo en la finca dedicada a las investigaciones científicas agroforestales de la Universidad de Pinar del Río, ubicada en el Polígono “Loma del Ganso”.

El método empleado fue el de hoyo de plantación, el cual se realizó de forma manual con el uso de machete y azadón. Se estableció el experimento con un diseño completamente aleatorio, utilizando un marco de plantación de 2 x 2 m. El tamaño de la muestra fue de 25 plantas para cada tratamiento, montándose 4 parcelas permanentes, para un total de 100 plantas.

2.12. Estudio de las propiedades física y fisicoquímica del suelo donde se realizó la plantación.

Se determinó densidad aparente, densidad real, y porosidad, utilizando la metodología propuesta por Ansorena (1994).

2.13. Determinación de la supervivencia y Medición de parámetros dasométricos en plantación.

En la etapa de plantación se realizó el conteo de la supervivencia y se midieron parámetros como, altura total, altura de copa, ancho de copa, diámetro. Se utilizaron además para conocer la calidad de las plantas los índices de esbeltez ($h:d$).

2.14. Análisis estadístico.

Se utilizó la prueba de comparación de medias de Duncan para las variables que cumplían con una distribución normal.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de la prueba de calidad de las semillas de *Vitex parviflora* Juss.

En la Tabla (8) se exponen los resultados de la prueba de calidad, aplicada a las semillas de *Vitex parviflora* Jus. (Roble filipino), estos resultados son expuestos de acuerdo a la Normativa Cubana (1987), en cuanto a métodos de ensayo de semillas forestales.

Las semillas utilizadas en la experimentación no tenían una calidad óptima lo cual lo pudimos comprobar con los resultados en la baja germinación que presentan las mismas. Para una población o lote de semillas, la viabilidad es la fracción de semillas que están vivas, por ejemplo, aquellas en las que se dan los procesos metabólicos, aunque en forma lenta. Barceló et al. (1983).

Tabla 8. Resultados de la prueba de calidad de semillas

Pureza de las semillas		Semillas por Kg	Ensayo de Corte			Ensayo de Corte final
Semillas puras (%)	Semillas impuras (%)	Semillas	Sanas (%)	Vanas (%)	Enfermas (%)	Ver Figura 10
81	19	11605	80	5	15	

3.1.1 Caracterización del porcentaje de semillas germinadas y no germinadas.

La baja germinación por problemas de calidad es un factor que se ha podido comprobar durante la observación del comportamiento germinativo de las semillas ya que de un total de **400** semillas puestas a germinar, germinaron **236** semillas representando esto un **59 %** y no germinaron 164 semillas para un 41% las mismas que de acuerdo al ensayo de corte final donde son declaradas como (sanas, vanas y enfermas) y se representan en por ciento en la Figura (10).

Estos resultados se le pudiera atribuir a lo expuesto en la Normativa Cubana de semillas forestales, (1987); citado por Atkinson (2007), que plantea que La calidad de una muestra de semillas frecuentemente varía ampliamente dependiendo de su origen, nivel de maduración, grado de parasitismo y depredación, limitaciones de recursos para la reproducción dentro del año de colecta y las técnicas de recolección y manejo que se hayan empleados.

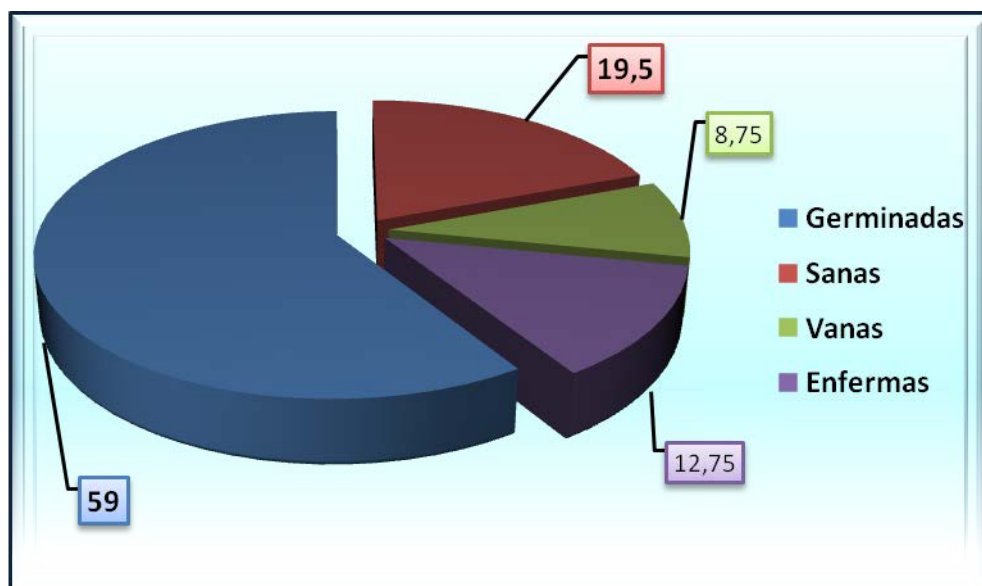


Figura 10. Resultados de la prueba de germinación y ensayo de corte final.

Es conocido que esta especie pierde viabilidad conforme se alarga el tiempo de almacenamiento, pero además logramos observar que después de transcurridos los 45 días realizando observaciones durante el periodo de germinación finalizó dicho proceso y realizada una prueba de corte para indagar acerca de las causas que conllevaron a este bajo porcentaje germinativo, dio como resultado que del total de semillas que quedaron luego del ensayo de germinación; resultaron 78 sanas, 35 vanas, y 51 enfermas, lo cual indica que del total de semillas que no germinaron, el 19% son sanas, 8,75% son vanas y el 12,75% son enfermas tal como se muestra en la figura (10), situación que pudiera venir desde el frigorífico, aseveración que se hace al tener en cuenta el efecto antimicótico de las sales usadas según. Villafranca y Góngora (2004).

Según González y Barbán (1994); citado por Chango (2008), durante el almacenamiento las elevadas temperaturas y la carencia de oxígeno afectaron la

viabilidad de las semillas ya que el gasto de energía que se produce es mayor en la medida que aumentan las temperaturas, se consumen las sustancias de reserva, la liberación de energía y la producción de dióxido de carbono y agua por la oxidación de hidratos de carbono y de grasa. Además la falta de oxígeno atmosférico puede producir una respiración anaeróbica lo cual crea condiciones propicias para el desarrollo de hongos.

Becalli y Torres (2001), plantean que el efecto de los componentes de la semilla en la germinación puede ser el resultado de las condiciones de la humedad que rodean a la semilla.

En la Figura (11) se exponen los resultados del ensayo de corte final, en el cual se expone en % la cantidad de semillas sanas, vanas y enfermas que representan como restante del ensayo de germinación.

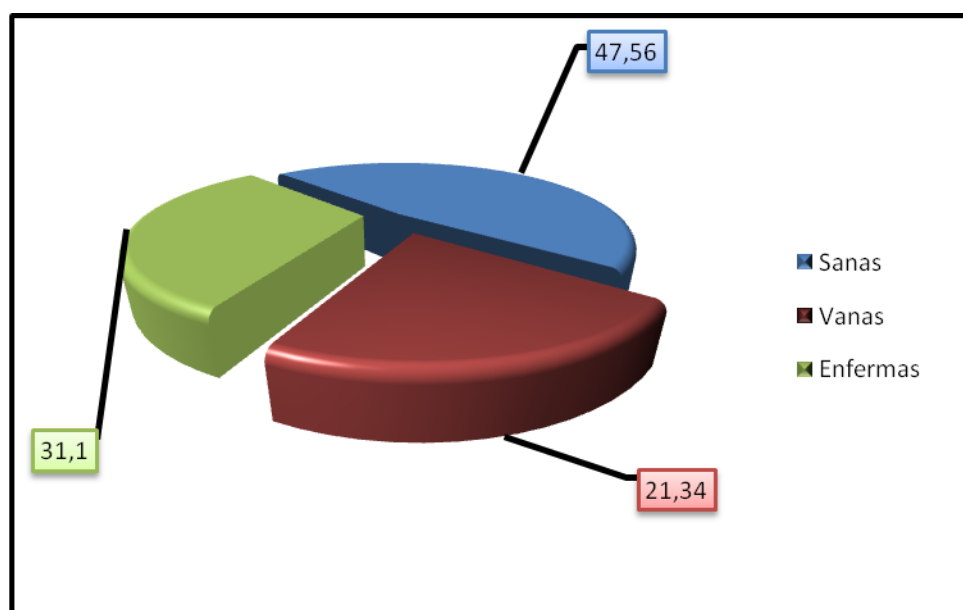


Figura 11. Gráfico de pastel del ensayo de Corte Final.

3.1.2 Comportamiento de la germinación diaria en condiciones de laboratorio.

Se observa en la grafica de la Figura (12) que el comportamiento de la germinación diaria para las semillas en las diferentes submuestras (A, B, C, D), en condiciones de laboratorio presentan irregularidades en las curvas, lo que corrobora lo planteado por. Besnier (1989); citado por Bonilla (2001), que todas las semillas no germinan a la vez, lo que puede estar provocado por la heterogeneidad fisiológica producida por la diferencia de las condiciones y momento de maduración, por lo que se producen picos y caídas al representar el proceso de germinación.

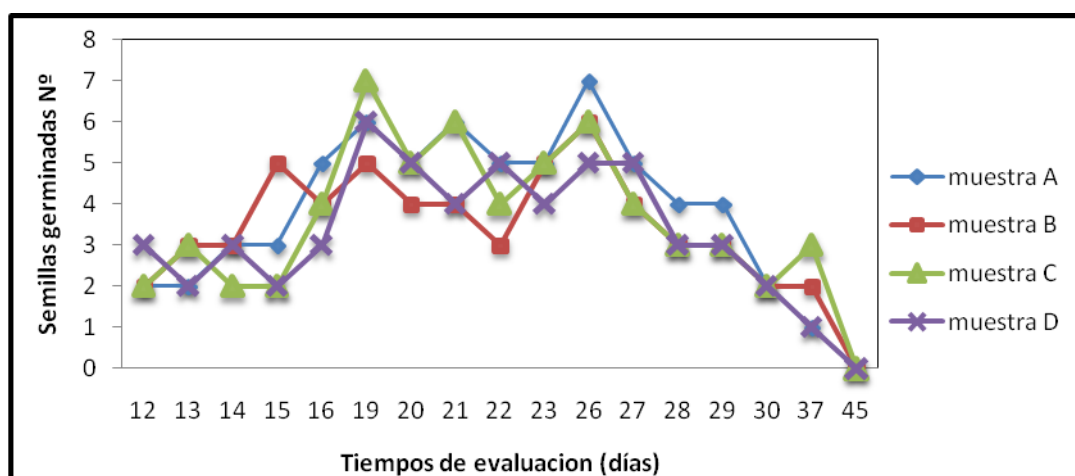


Figura 12. Comportamiento diario de la germinación en condiciones de laboratorio.

3.1.3 Comportamiento de la germinación acumulada de las semillas.

El comportamiento de la germinación acumulada de las semillas Figura (13) fue similar para todas las submuestras (a, b, c, d) evaluadas.

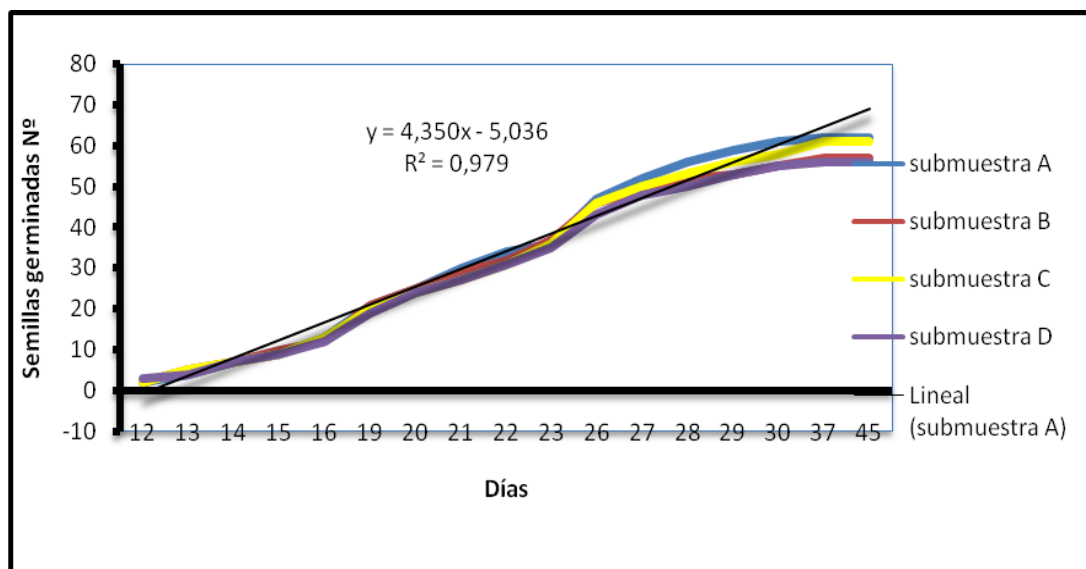


Gráfico 13. Comportamiento de la germinación acumulada en condiciones de laboratorio.

La Figura (14) expresa los resultados de viabilidad, utilizando la prueba del tetrazolio, sometiendo las semillas de *Vitex parviflora* Juss. (Roble filipino) a este método, observándose que las mismas presentan un 60% de viabilidad, mientras que reportan un 40% de semillas no viables tal como se muestra en la siguiente grafica.

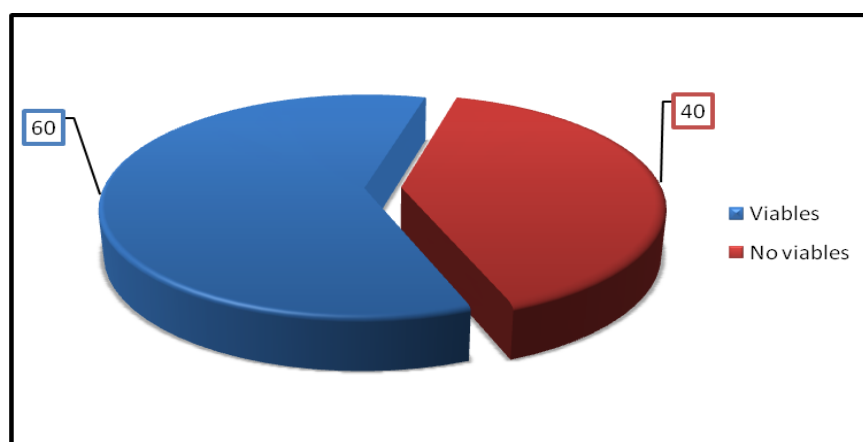


Figura 14. Comportamiento de la viabilidad de las semillas de diferentes procedencias, al ser sometidas a la prueba del tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio).

Para una población o lote de semillas, la viabilidad es la fracción de semillas que están vivas, por ejemplo, aquellas en las que se dan los procesos metabólicos, aunque en forma lenta, así lo expone. Barceló *et al.* (1983); citado por Atkinson (2007).

Justice (1972); citado por Gupta *et al.* (2001) señala que, aunque el procedimiento del tetrazolio es bueno en principio, la práctica en los ensayos rutinarios se ve limitada por numerosos problemas, entre ellos la resistencia a teñirse que presentan algunas semillas; la necesidad de cortar o diseccionar semillas para poder observar las partes teñidas; la escasa coincidencia con los resultados de los ensayos de germinación en algunos casos, especialmente en las semillas que tienen capacidad germinativa baja, la ausencia de una interpretación uniforme del teñido y la dificultad de la significación de los diferentes grados del mismo, y un mayor número de horas-hombre al ensayar 400 semillas en comparación con los ensayos de germinación ordinarios.

Moore (1973); citado por Gupta *et al.* (2001) admite que para que este “ensayo de sentido común” funcione perfectamente es necesario contar con un analista experimentado. Es indudable que puede ser útil para determinar la viabilidad de algunas especies, siempre que se disponga de personal capacitado para preparar las semillas y evaluar los resultados.

La mejor manera de averiguar su viabilidad es con una prueba de germinación, ya que otros procedimientos (ver Anexo 1), la prueba del tetrazolio o el uso de respirómetros, son complicados y frecuentemente no dan resultados satisfactorios. Otra prueba, la que se realiza con rayos X, sólo es útil para verificar la cantidad de semillas dañadas o parasitadas de una muestra. (Anónimo a s/f; citado por Chango, 2008).

Moreno (2001), Plantea que la producción de plantas forestales tiene como base el conocimiento de los procesos de germinación de las especies objeto de interés. Estos procesos germinativos se pueden ver afectados por el estado general de las semillas. Wang (1988), en una revisión sobre nuevos campos de investigación en semillas de árboles y arbustos, reflejaba la importancia de la calidad de la semilla

forestal para obtener buenas actuaciones en este campo. Indicaba este autor que la calidad estaba relacionada con 4 factores: la madurez de la semilla en la recogida, el manejo del cono o fruto, el proceso de extracción de la semilla, y el almacenamiento de la misma.

3.2 Caracterización química de los materiales utilizados en la preparación de los sustratos.

En la Tabla (9) se muestra la caracterización química de los materiales utilizados en la preparación de los sustratos. El pH en la turba es clasificado extremadamente ácido según la clasificación de Cairo y Fundora (2002), mientras que los pH de los compost obtenidos en este trabajo, como se observa en la tabla son moderadamente alcalinos, por lo que se realizaron mezclas de dichos compost con la turba, buscando obtener un pH óptimo o lo más cercano al óptimo para el crecimiento y desarrollo de las plántulas, teniendo en cuenta que la disponibilidad máxima de nutrientes ocurre a un pH de 5,0 a 5,5 según Landis *et al.* (2000), y que la turba además es uno de los sustratos más utilizados en la producción de plantas a nivel mundial (Pérez, 2007; citado por Fuego, 2008).

Tabla 9. Caracterización química de los materiales utilizados en la preparación de los sustratos.

Materiales	pH	MO	Ca	Mg	K	N
Turba	3,24	38.60	0.80	0.47	0.09	1.26
Sin extraer	8.1	43.38	3.30f	0.41	0.79	2.56
Extraído	7.9	28.57	2.14	0.33	1.33	2.36

El pH es uno de los parámetros más importante a la hora de caracterizar un sustrato, ya que de él dependen, la asimilabilidad de nutrientes minerales y la cantidad de nutrientes retenidos en el complejo de cambio. Pérez (2007); citado por Fuego (2008).

3.2.1 Caracterización física de los componentes orgánicos y sus mezclas.

En la Tabla (10) se presentan las físicas de los diferentes sustratos utilizados en cuanto a Densidad real (**dr**), Densidad aparente (**da**), Porosidad total (**pt**) y tamaño de las partículas.

La determinación de la Densidad real (**dr**) se realizó por el método del picnómetro con agua y suelo. Terrés et al. (1997); citado por Fuego (2008). En ella se observa que los valores de densidad real están dentro de los rangos sugeridos por. Abad (2004).

Tabla 10. Características físicas de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes

Sustratos	dr	da	Pt
6CE	2.47 a	0.52 a	78.95 d
3CE	2.39 b	0.43 c	80.66 c
6CSE	2.38 b	0.44 c	81.51 b
3CSE	2.30 c	0.40 b	82.60 a

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan

3.2.2 Caracterización fisicoquímica de los componentes orgánicos y sus mezclas.

En la Tabla (11) se aprecia las propiedades químicas físicas de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes. Donde se exponen los macronutrientes primarios y secundarios tales como: Nitrógeno, Potasio, Calcio y Magnesio, también se le realizaron otras determinaciones como, pH, conductividad, y contenido de materia orgánica. La metodología utilizada fue la propuesta por. Ansorena (1994); citado por Pérez (2007) y Fuego (2008).

Tabla 11. Características químicas físicas de los sustratos utilizados para el llenado de los tubetes.

Sust.	pH	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	MO	Ca	Mg (%)	K	N
6CE	6.9a	936a	35.60c	3.24a	0.20b	0.72a	1.54a
3CE	5.6c	891b	37.01b	2.67b	0.15b	0.35b	0.77c
6CSE	6.9a	520c	41.17a	2.24c	0.30a	0.30c	1.42b
3CSE	5.9b	515d	36.78b	1.63d	0.15b	0.13d	0.71c

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan.

3.3. Germinación en el vivero

En el siguiente Gráfico (ver Figura 15) se muestra la germinación de las plantas de *Vitex parviflora* Juss. en los diferentes sustratos estudiados.

A partir de los 29 días de sembrado comenzó el proceso germinativo, con un periodo de duración entre 15 y 20 días. Resultados que se corresponden con los estudios realizados por. Bello *et al.* (1978), donde se plantea que la semilla de *Vitex parviflora* Juss. empieza a germinar entre 10-40 días después de sembrar y que además quitando el pericarpio, empapando la semilla en agua caliente a (70°C) aumenta la proporción de la germinación en un 70%.

Los resultados relacionados con la germinación de la semilla en las pruebas de calidad de la misma son menores que los resultados obtenidos durante la germinación de la semilla en la etapa de vivero, lo que se justifica por las

características físicas del sustrato que le aporta a la semilla una mayor aireación, lo que es imprescindible para esta etapa.

Si se tiene en cuenta el valor medio de los porcentajes de germinación en cada uno de los tratamientos evidentemente hace pensar que el sustrato ejerció una influencia sobre los resultados de la germinación. Esto permite corroborar los criterios de autores citados por Cobas (2001) como; Rojas (1984), quien afirma que el sustrato ejerce influencia en la capacidad de la semilla para germinar.

Evidentemente si se observa la Figura (15), vemos que el mayor % de germinación para todos los tiempos estudiados, es el sustrato elaborado con un 60 % de compost de corteza sin extraer (6CSE), resultado que puede estar muy relacionado a las propiedades físicas que posee este sustrato.

El sustrato elaborado con 60% de compost de corteza extraído (6CE), presenta los % más bajos en todos los tiempos de estudio, resultado que se le atribuye a los altos niveles de conductividad. Estudios realizados por (Pérez, 2007; Fuego, 2008) demuestran que en la medida que disminuyen los contenidos de este compost en los sustratos disminuye la conductividad y aumenta la tasa de germinación.

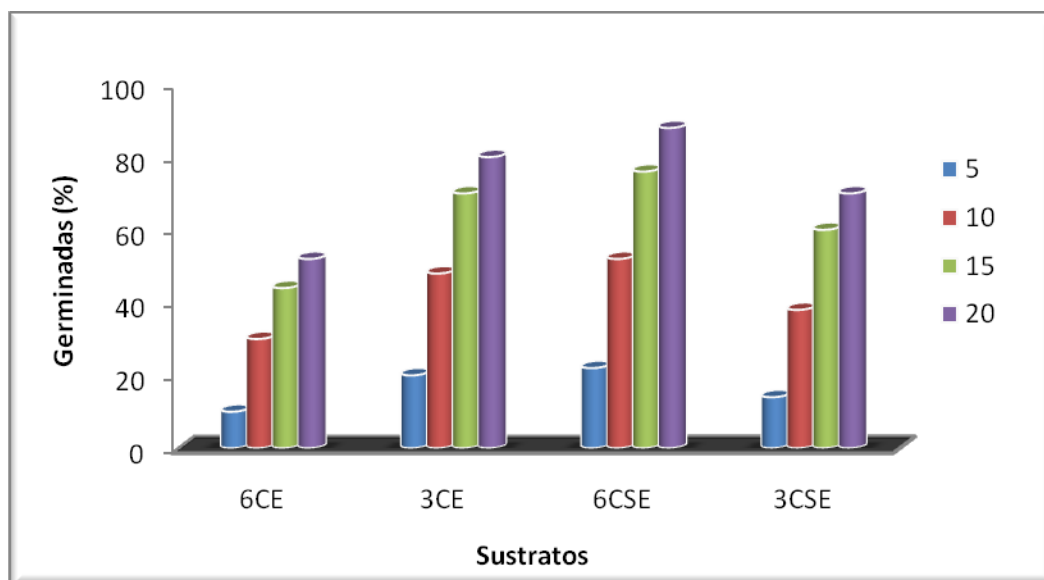


Figura 15. Germinación de plantas de *Vitex parviflora* Juss. en los diferentes sustratos estudiados

También Winckler *et al* (2000); citado por Pérez (2007), plantea que la germinación de las semillas está influenciada por las características químicas y físicas del sustrato.

Ansorena (1994); citado por Fuego (2008), comprobó que la conductividad ejerce una gran influencia en la germinación de la semilla de *Lolium multiflorum*. Este autor utilizó turbas con altos niveles de salinidad, y la germinación no se inició hasta el décimo día, en que la conductividad se redujo por el lavado a valores normales. A medida que disminuye la conductividad aumenta el % de germinación de la semilla, que no llega a sobrepasar el 30%.

En los sustratos confeccionados con compost de corteza sin extraer, poseen valores de conductividad dentro del rango recomendado y aumenta la tasa de germinación con el aumento de los contenidos de compost (Pérez, 2007; Fuego, 2008).

3.4. Análisis de los atributos morfológicos Altura, diámetro, y área foliar.

La altura es un Este es un indicador del grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presenta fuertes correlaciones con el número de hojas y con la superficie foliar, que determinan en los procesos fotosintéticos y de transpiración (Thompson, 1985; citado por Fuego, 2008)

En la Tabla (12) se muestran los parámetros morfológicos, altura media, diámetro y área foliar para cada uno de los tratamientos analizados. Se aprecia que los mayores valores de altura son para el sustrato 6CSE, 3CSE y 3CE respectivamente aunque los mismos no presentan diferencias significativas.

Tabla 12 Altura media, diámetro y área foliar de plantas de *Vitex parviflora* Juss. a los 90 días en los diferentes sustratos obtenidos.

Sustratos	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Área foliar (cm ²)
6CE	22.40 ± 2.219a	3.960 ± 0.182a	169.996 ± 16.478a
3CE	24.40 ± 3.324a	3.700 ± 0.292ab	173.340 ± 22.438a
6CSE	23.40 ± 3.008a	3.340 ± 0.428b	171.636 ± 17.401a
3CSE	24.90 ± 2.074a	3.540 ± 0.251ab	175.348 ± 28.985a
Std. Dev	2.673	0.362	20.197

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan

En los tratamientos estudiados el menor valor que toman estos atributos son para las plantas desarrolladas en los sustratos elaborados con 60 % de compost extraído (6CE), el cual tiene un pH elevado, fuera del rango óptimo recomendado, lo que puede estar influenciando por la asimilación de los nutrientes y como consecuencia poco desarrollo aéreo de las mismas.

A pesar de lo antes expuesto las diferencias que existen entre las plantas desarrolladas en los diferentes sustratos en cuanto a la variable altura no existe diferencias significativas, se encuentran bastantes relacionadas unas con otras

La norma general es la utilización de plantas con altura comprendida entre 15 y 25 cm y un calibre (diámetro en cuello de la raíz) mínimo de 2 mm. En relación a la altura de plantas en vivero. Buresti y Mori (2003), consideran que plantas de buena calidad, de especies latifolias, deben alcanzar una altura de 20–60 cm.

En la Tabla (12) se observa que los diámetros mayores se corresponden con las plantas obtenidas en los sustratos 6CE, 3CE y 3CSE entre los que no existen diferencias significativas.

Las plantas que presentan mayores áreas foliares son las desarrolladas en los sustratos 3CE, 6CSE y 3CSE no presentan diferencias significativas, mientras que el menor valor en cuanto a este atributo lo representa el 60 % extraído (6CE) a

pesar de no presentar estadísticamente diferencia significativa con las de los demás sustratos.

Pineda-Ojeda *et al.* (2004), plantean que plantas grandes, mejoran la constitución morfológica y mayor supervivencia y crecimiento en campo.

Autores como, Sánchez *et al.* (2004); Castillo, (2004); Clark y Cavigelli (2005); Moldes *et al.* (2006), entre otros, recomiendan el uso del compost como constituyente medio, teniendo en cuenta las posibles limitaciones en las propiedades físicas y fisicoquímicas de los compost.

Autores como. Trigueiro y Guerrini (2003), obtuvieron atributos morfológicos semejantes a los aquí obtenidos, a los 120 días en la especie latifolia *Eucalyptus grandis* haciendo uso de diferentes concentraciones de un biosólido en contenedores de 50 cm³. más recientemente. Castillo (2006), en su estudio sobre el efecto de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego en la calidad de las plantas de *Eucalyptus grandis* en contenedores de 100 cm³, obtuvo alturas de 20.03 cm, diámetros de 1,98 mm y áreas foliares de 70 cm² a los 60 días, haciendo uso de mezclas de sustratos orgánicos. Otros autores como Caldeira *et al.* (2000), obtuvieron menores valores de estos parámetros morfológicos en sus estudios sobre el crecimiento de plantas de *Eucalyptus saligna* Smith. en función de diferentes dosis de vermicompost.

La mala germinación y posteriormente el pésimo desarrollo y crecimiento de las plantas desarrolladas en el sustrato confeccionado con turba y paja de arroz, hizo que desecháramos ese tratamiento. Castillo (2006), obtuvo similares resultados con este sustrato y se los atribuye a que el mismo no posee propiedades químicas óptimas para adecuado desarrollo de las plantas.

3.5. Dinámica del crecimiento en altura.

En la Figura 16 se observa la dinámica de crecimiento en altura, para plantas de *Vitex parviflora* Juss. en los diferentes sustratos estudiados. En el mismo se observa la presencia de tres fases:

- I. **Fase de establecimiento**, con un tiempo de duración, aproximado de 45 días después de la siembra.
- II. **Fase de crecimiento rápido**, con una duración cerca de 50 días, posterior a la fase de establecimiento.
- III. **Fase endurecimiento**, comienza a los 95 días aproximadamente después de la siembra.

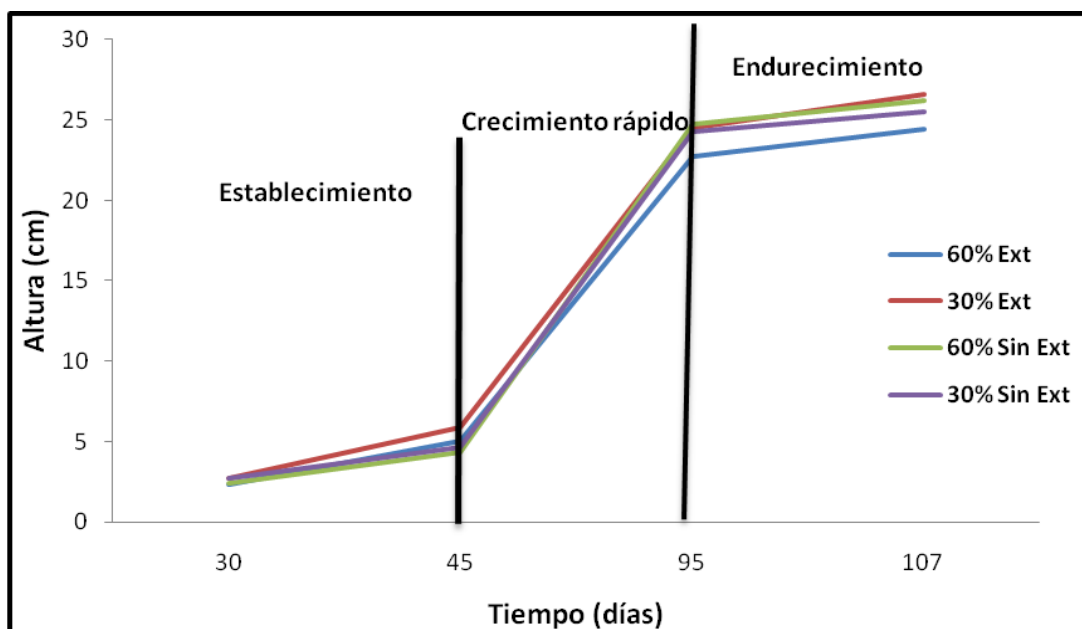


Figura 16. Esquema de las fases de crecimiento obtenido para plantas de *Vitex parviflora* Juss. en los sustratos estudiados.

También en el gráfico podemos observar que en cuanto a crecimiento tenemos mejores comportamientos en los sustratos 60 % sin extraer (6CSE) y 30% extraído (3CE), no siendo así para el sustrato 60% extraído (6CE). La duración tan prolongada de la fase de crecimiento rápido está muy vinculado con las características químicas del sustrato, sobre todo por los altos contenidos de nitrógeno que presentan, que permite alargar la estancia de las plantas en volúmenes tan pequeños de sustratos, como es caso de los contenedores.

La fase de endurecimiento no debe exceder los 75 días, ya que la duración del periodo de endurecimiento no incrementa más la capacidad de ajuste osmótico. Villar *et al.* (1997b); citado por Fuego (2008).

Gómez *et al.* (2002) citado por Pérez (2007), estudia la calidad de los parámetros morfológicos para la evaluación de plantas de *Eucalyptus grandis* con tubetes de diferentes volúmenes y demuestra que a los 90 días las plantas comienzan a disminuir su crecimiento, incrementan el crecimiento diamétrico, y la producción de materia seca, promoviendo un mayor endurecimiento.

La nutrición de las posturas forestales con microelementos acelera la fotosíntesis y la intensificación de la respiración, mejora el régimen de agua de las hojas y la actividad de los fermentos en ellas facilitan el crecimiento y la estabilidad de las plantas contra las condiciones desfavorables del medio. Los microelementos pueden ser aplicados durante el tratamiento pregerminativo de las semillas y en la fertilización (Varona, 1982; citado por Pérez, 2008).

3.5.1. Modelos matemáticos utilizados para la descripción del incremento en altura de los diferentes sustratos.

La utilización de modelos matemáticos para la descripción del comportamiento de diferentes parámetros de la planta durante su desarrollo en el vivero resulta de utilidad para predecir el tiempo en que esta alcanza el momento óptimo para la plantación (Tabla 13).

Tabla 13. Parámetros de las ecuaciones de regresión de dinámica de crecimiento en plantas de *Vitex parviflora* Juss. en los diferentes sustratos

Sustratos	R^2	B1	B2	B3	B4
6CE	0,987	-0,015	0,378	0,445	2,827
3CE	0,992	-0,018	0,428	0,438	3,220
6CSE	0,996	-0,033	0,671	1,295	3,246
3CSE	0,992	-0,032	0,705	1,953	4,573

Se probaron diferentes modelos de crecimiento, llegándose finalmente a establecer una ecuación polinómica del tipo: $y = b_1t^3 + b_2t^2 - b_3t + b_4$

El grado de significación fue menor de 0,05% en todos los casos, encontrándose los valores del coeficiente de determinación (R^2) entre 0,987 y el 0,996. El resultado de las constantes b_1 , b_2 , b_3 , b_4 en función del tiempo se refleja tal como se muestra en la Tabla (13).

3.6. Parámetros morfológicos de la planta: Masa seca total, masa seca aérea y masa seca radical.

Los parámetros morfológicos de la planta tales como masa seca radical, masa seca aérea y masa seca total se analizan a partir de los resultados expuestos en la Tabla (14).

Los mayores valores obtenidos de masa seca total son para las plantas obtenidas en los sustratos (6CSE) y (3CE), coinciden que son las plantas que alcanzan un mejor desarrollo de su sistema radical una mayor área foliar, lo cual está muy favorecido por las buenas propiedades físicas y químicas de estos sustratos. Entre ellos no existen diferencias significativas, excepto para los valores de la masa de la parte aérea de las plantas desarrolladas en los sustratos 3CE y 3CSE.

Tabla 14. Parámetros morfológicos de plantas de *Vitex parviflora* a los 107 días en diferentes sustratos.

Sustratos	m. raíz (g)	m. parte aérea (g)	M. seca total (g)
6CE	0.800 ± 0.264a	1.476 ± 0.254ab	2.276 ± 0.434a
3CE	0.860 ± 0.403a	1.796 ± 0.447a	2.656 ± 0.787a
60CSE	1.080 ± 0.327a	1.450 ± 0.174ab	2.530 ± 0.279a
30CSE	0.720 ± 0.148a	1.380 ± 0.177b	2.100 ± 0.208a
Dev. Std.	0.308	0.309	0.495

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan

Los menores valores de masa seca total son obtenidos en las plantas que desarrollaron en los sustratos 60% sin extraer (6CSE) y 30% extraído (6CE), aunque no difieran estadísticamente con los resultados de los demás sustratos empleados en nuestro estudio tal como se muestra en la Tabla (14).

Caldeira *et al.*, (2000); citado por Fuego, (2008), obtuvo los mayores valores de masa seca total (0.43 g) en las plantas de *Eucalyptus saligna* Smith desarrolladas en los sustratos con un mayor contenido de vermicompost. Castillo (2006), obtuvo valores de masa seca entre 0.41 y 0.67g en plantas de *Eucalyptus grandis* a los 60 días.

3.7. Análisis de los atributos morfológicos del Sistema radical.

En la Tabla (15) se muestra los atributos morfológicos del sistema radical, como la longitud de la raíz, cantidad de raíces gruesas y finas, y peso total de la raíz.

El largo de la raíz está estrechamente asociado con el tamaño del contenedor, por lo que es posible variar el tamaño de la raíz variando el tamaño del contenedor.

El contenido de raíces finas con relación al contenido de raíces gruesas es alto, para todos los sustratos (entre un 64.96 y 44,40%). Estos altos contenidos de raíces finas pueden garantizar altas tasas de supervivencias en plantación, ya que la alta densidad de raíces finas aumenta el contacto con el agua, provocando el aumento de la absorción de nutrientes, (Freitas *et al.*, 2006), debido a que las raíces finas son las estructuras principales responsables de la adquisición de agua y nutrientes. Según Baker *et al.* (2001), su densidad en el suelo determinaría la capacidad de las plantas para tomar aquellos elementos necesarios para sostener su crecimiento.

En esta investigación no se aplicaron fertilizantes químicos, teniendo en cuenta que los sustratos utilizados presentan en general buenas propiedades químicas y físicas destacándose la porosidad, que tiene una influencia directa en el desarrollo del sistema radical pues sustratos con una porosidad balanceada (macro y microporos) permiten buena humedad y aireación y por tanto conducen a la formación de una adecuada arquitectura radical.

Tabla 15. Atributos morfológicos del sistema radical de plantas de *Vitex parviflora* Juss. a los 107 días en diferentes sustratos.

Sustrs.	Long (cm)	Volumen (ml)	R. Finas (%)	R. gruesas (%)	Masa raíz (g)
6CE	10.40±1.140a	3.40±1.140a	61.04±8.334a	38.96±8.334b	0.800±0.264a
3CE	12.50±2.958a	3.40±1.342a	64.96±4.918a	35.04±4.918b	0.860±0.403a
6CSE	10.40±1.517a	5.20±1.095a	44.40±14.765b	56.40±13.305a	1.080±0.327a
3CSE	10.30±0.837a	4.70±1.396a	58.46±2.765a	41.540±2.765b	0.720±0.148a
Dev. Std.	1.910	1.407	11.423	11.286	0.308

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan

La fertilización incide también en la fibrosidad de las raíces; un exceso de nutrientes puede disminuirla, ya que la deficiencia de nutrientes conduce a la planta a concentrar su masa radical en unas pocas raíces secundarias y una potente raíz principal (Fisher *et al.*, 1984; Olié, 2000; citado por Fuego, 2008) el mayor valor de masa seca de la raíz es para el sustrato con 60% de compost sin extraer (6CSE), aunque este no difiere estadísticamente con los valores de los demás tratamientos.

En otros estudios realizados por Trigueiro y Guerrini, (2003) y Castillo (2006); citado por Pérez (2007), obtienen valores un poco más bajos en plantas de *Eucalyptus grandis* cultivadas en contenedores a los 90 y 60 días respectivamente. También Caldeira *et al.* (2000); citado por Pérez (2007), obtiene valores de masa seca de la raíz menores para plantas de *Eucalyptus saligna* Smith.

Las plantas que mayores volúmenes de raíces presentan son las desarrolladas en los sustratos 6CSE y 3CSE, sin embargo entre todos los volúmenes no presentan diferencias estadísticas significativas. Estas plantas serían las que mayores potenciales de crecimiento radicular, capacidad de absorción de agua y nutrientes presentan y entonces las más capaces de superar el shock de trasplante. Alzugaray *et al.* (2004), en su estudio del efecto del volumen radical y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terrenos de plantas de *pino Oregón*;

demostró que plantas con mayores volúmenes radiculares en el momento de la plantación, presentaron las más altas tasas de supervivencia y crecimiento en altura y diámetro.

Las que presentaron menores volúmenes son las plántulas que se desarrollaron en los sustratos 60% de compost extraído (6CE) y 30% de compost extraído (3CE), sin diferencias significativas entre ellos, en correspondencia con sus masas secas de raíces.



Figura 17. Sistema radical de plántulas de *Vitex parviflora* Juss. desarrolladas en los sustratos 6CSE y 3CSE.

3.8. Índices morfológicos

En la Tabla (16) se muestran los resultados del análisis estadístico que incluyen los índices morfológicos: Esbeltez, Relación parte aérea/parte radical (PA/PR), Índice Dickson (QI) y Balance hídrico de la planta (BAP).

La Esbeltez establece una relación entre la altura de la planta y su diámetro en el cuello de la raíz. Una menor relación en este parámetro se asocia con plantas más robustas y por tanto potencialmente más resistentes al estrés provocado por el trasplante. Las plantas más robustas son las obtenidas en los sustratos (6CE), (3CE) y (6CSE). Índices de esbeltez semejantes a los obtenidos con estos sustratos, fueron encontrados por. Trigueiro y Guerrini (2003); citados por Pérez (2007).

La relación parte aérea/parte radical (PA/PR) proporciona una información importante en relación con las posibilidades de la planta de desarrollarse en sitios secos. Las plantas desarrolladas en el sustrato (3CE), como en el (3CSE), posee las mayores relaciones entre la parte aérea/parte radical y alejado además de los

valores recomendados por Quiroz *et al.* (2001), de 1,5. Los valores que posee este índice en las plantas que crecen en los diferentes sustratos no presentan diferencias significativas.

Tabla 16. Índices morfológicos de plantas de *Vitex parviflora* Juss. a los 107 días en diferentes sustratos.

Sustratos	Esbeltez	PA/PR	BAP	QI	ITR
6CE	5.39±0.539 ^b	1.97±0.578 ^a	0.49±0.147 ^a	0.27±7.694 ^a	0.97±0.298 ^a
3CE	6.61±0.938 ^a	2.33±0.812 ^a	0.64±0.271 ^a	0.27±8.758 ^a	1.06±0.411 ^a
6CSE	7.05±0.891 ^a	1.45±0.466 ^a	0.44±0.154 ^a	0.27±6.760 ^a	0.66±0.236 ^a
3CSE	7.07±0.792 ^a	2.01±0.638 ^a	0.57±0.204 ^a	0.21±3.421 ^a	0.91±0.289 ^a
Dev. Std.	1.0196	0.6671	0.1995	6.6893	0.3267

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan

Algunos autores recomiendan valores cercanos a 1,5 especialmente en zonas difíciles ya que se considera que mientras más estrecha es la relación (cercana a la unidad) mayor es la posibilidad de sobrevivencia en sitios secos (Quiroz *et al.* 2001; citado por Fuego, 2008).

El índice de calidad de Dickson (QI) integra los aspectos de masa total de la planta, Esbeltez (diámetro del cuello de la raíz y altura de la planta) y el peso seco de la raíz, con el objetivo de explicar la potencialidad de las plantas tanto para sobrevivir, como de crecer (Oliet, 2000; Dickson *et al.*, 1960; citado por Olivo y Buduba, 2006), en su estudio sobre la influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo, plantea que mientras mayor es el índice de calidad de Dickson mayor es la calidad de la planta.

En la Tabla (16) podemos observar que existe una ligera diferencia entre los valores del índice de Dickson (QI) en los diferentes sustratos, pero que los mismos no son significativos estadísticamente para todos los casos

Estudios realizados por Castillo (2006) y Fuego (2008) reportaron valores de este índice menores que en los de nuestra investigación (0.03 y 0.12) para el *Eucalyptus saligna* Smith producido en contenedores.

Otros autores como Malavasi (2006) y Buduba *et al.* (2006); citados por Fuego (2008), demuestran la calidad de sus plantas a través de este índice.

El balance hídrico en la planta (BAP), según Grossonickle y Major, (1991), citado por Oliet, (2000) puede venir expresado en términos de masa aérea y radical, en el que interviene también el diámetro del cuello de la raíz, como indicador del desarrollo total de la planta.

También se observa en la Tabla (13) que los menores valores de balance hídrico de la planta (BAP), son para los sustratos 60 % de compost extraído (6CE) y 60% de compost sin extraer (6CSE), por la relación inversa que tiene este índice con el peso seco total de las raíces, esta última es la que mayor masa de raíces secas presenta.

Fuego (2008), obtuvo valores de balance hídrico de la planta, entre 0.43 y 1.24 en la evaluación de la calidad de planta de *Eucalyptus saligna* Smith en 6 sustratos en tubetes de 100 cm³, sus valores son algo mayores que los aquí presentados.

Según Grossonickle y Major (1991); citado por Castillo (2006), plantea que este índice tiene un alto valor de predicción del potencial de evitación de la sequía en condiciones en que la absorción de agua por las raíces está dominada por la demanda.

Iverson (1984), citado por Olivo *et al.* (2006), señala que el valor del índice tallo raíz varía con la especie.

3.9. Resultados de las variables destubetado y estabilidad del sustrato.

El destubetado es una variable que guarda estrecha relación con la arquitectura radical y las propiedades físicas y químicas de los sustratos según Castillo (2006); citado por Pérez (2007).

En general a los 107 días, las características del destubetado, para todos los casos son óptimas. Este resultado se justifica por las características físicas y química propias de estos sustratos, que posibilitan una buena colonización del sistema radical y una buena estabilidad estructural del sustrato, facilitando que la resistencia al destubetado sea menor.

La estabilidad viene dada por la resistencia que oponen los agregados a toda acción que tienda a modificar sus formas y sus dimensiones o a destruirlo, como es la influencia desintegrante del agua y de la manipulación mecánica (Cairo y Fundora, 2002); citado por Fuego (2008).

A los 107 días la estabilidad del cepellón de la planta al producirse el destubetado para todos los tratamientos estudiados era óptima.

Todos los tratamientos tienen el contenido de calcio adecuado, elemento que incrementa la cohesión debida a sus propiedades cementantes, conduciendo por tanto a un incremento en la estabilidad del cepellón.

La estabilidad del sustrato, también esta, muy asociada con la arquitectura del sistema radical, fundamentalmente con la colonización de las raíces finas, lo cual evita la ruptura del cepellón. Un menor grado de desarrollo del sistema radical puede disminuir la estabilidad estructural, Domínguez *et al.* (2000); citada por Castillo (2006).

Las variables arquitectura radical, estabilidad del sustrato y destubetado están estrechamente relacionadas entre sí, las mismas se deben tener en cuenta al estudiar los sustratos, pues del buen comportamiento de ellas depende en gran medida el éxito de la plantación.

3.10. Potencial hídrico de madrugada y al mediodía.

En el figura (18) se muestra la influencia del potencial hídrico de madrugada y al mediodía de plantas de *Vitex parviflora* Juss. obtenidas a los 107 días en diferentes sustratos.

De manera general podemos observar en la figura (18) que los potenciales hídricos de madrugada son más negativos que los potenciales hídricos del mediodía, se muestra además que los sustratos confeccionados con 3CE y 6CE son ligeramente más bajos que en los sustratos elaborados con el 6CSE y 3CSE por la madrugada. Estadísticamente se demostró que entre los potenciales hídricos del mediodía no existen diferencias significativas, mientras que en los potenciales hídricos de madrugada existe diferencia significativa entre los valores de los sustratos 3CE y el 6CSE.

Las mayores diferencias entre el potencial hídrico de madrugada y el mediodía es para las plantas desarrolladas en los sustratos elaborados con 6CE y 3CE, este hecho es posible por los valores de conductividad que presentan estos sustratos. Este aumento de la conductividad provoca aumento de la tención osmótica. Según Ansorena (1994), un aumento excesivo de la tensión osmótica puede provocar en la planta un déficit hídrico, semejante al que producen en condiciones de sequía. Otro aspecto a considerar es que estas plantas son las que menos desarrolladas tienen el sistema radical. Alzugaray *et al.* (2004), plantean que una de las garantías más efectivas contra el daño por sequía en la vegetación natural o en los cultivos, es un sistema radical extenso.

Esta diferencia de potenciales hídricos entre el alba y el mediodía planteadas anteriormente, da una idea del estrés que sufren estas plantas en el postransplante, ya que solo las especies más adaptadas a restricciones de agua son capaces de mantener potenciales muy negativos, mientras que al contrario, las especies con menos facilidad de adaptación a la sequía no tienen el mismo control que las anteriores y no consiguen evitar las pérdidas de agua disminuyendo los valores de potencial hídrico al mediodía (Escarré, 2003).

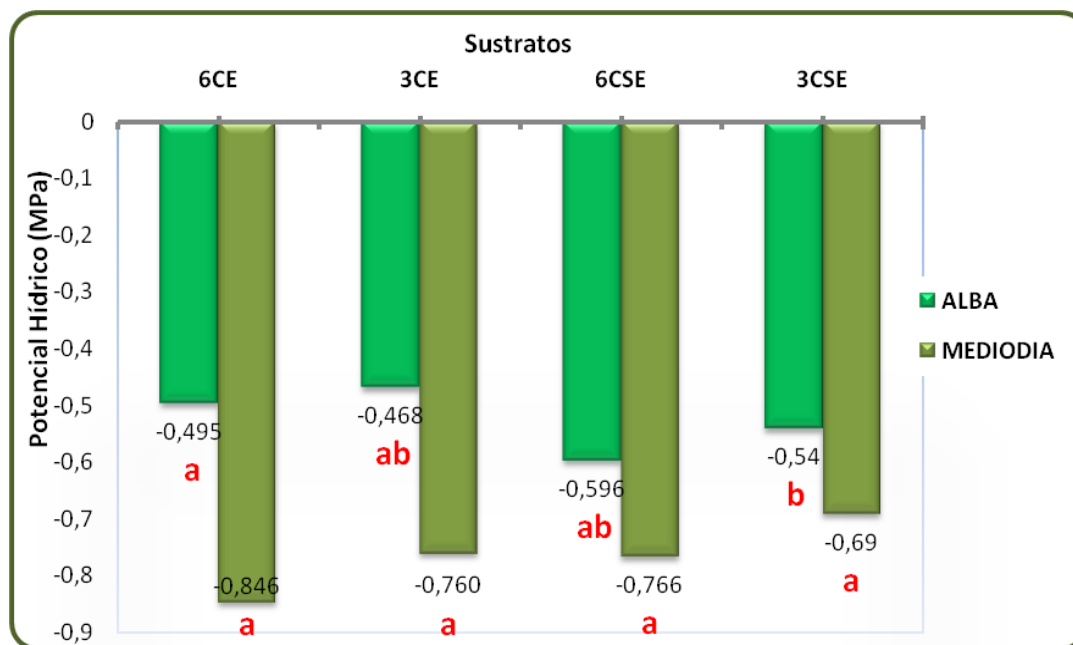


Figura 18. Potencial hídrico de madrugada y al mediodía en plantas de *Vitex parviflora* Juss. a los 107 días en los diferentes sustratos empleados.

Entonces las plantas desarrolladas en los sustratos 6CSE y CSE, son las que presentan menores diferencias de potencial hídrico entre el alba y el mediodía, se encuentran más favorecidas para enfrentar condiciones adversas en el postransplante, pues la misma crean mecanismos (caída de las hojas, cierre de los estomas, cutículas más gruesas, etc.) que le permiten mantener un nivel del agua dentro de sus células (Castillo, 2006).

3.11. Transpiración cuticular.

En la Figura (19) se observan los diferentes valores de transpiración cuticular que representan las plantas de *Vitex parviflora* Juss. a los 107 días en los diferentes sustratos utilizados en esta investigación. En el mismo se observa que las plantas que menor tasa de pérdida de agua, son las que crecen en los sustratos de (6CSE y 3CSE), siendo estos los que presentan menores diferencias entre el potencial hídrico del alba y el del mediodía. Aunque estadísticamente al evaluar las plantas que evolucionaron en estos sustratos al finalizar la etapa de vivero no presentaron diferencias estadísticas significativas con las plantas que evolucionaron en los demás sustratos.

Las mayores tasas de pérdidas de agua son para las plantas obtenidas en el sustrato elaborado con 60% de compost extraído (6CE) y 30% de compost extraído (3CE), estos corresponden a las mayores diferencias entre el potencial hídrico del alba y el del mediodía.

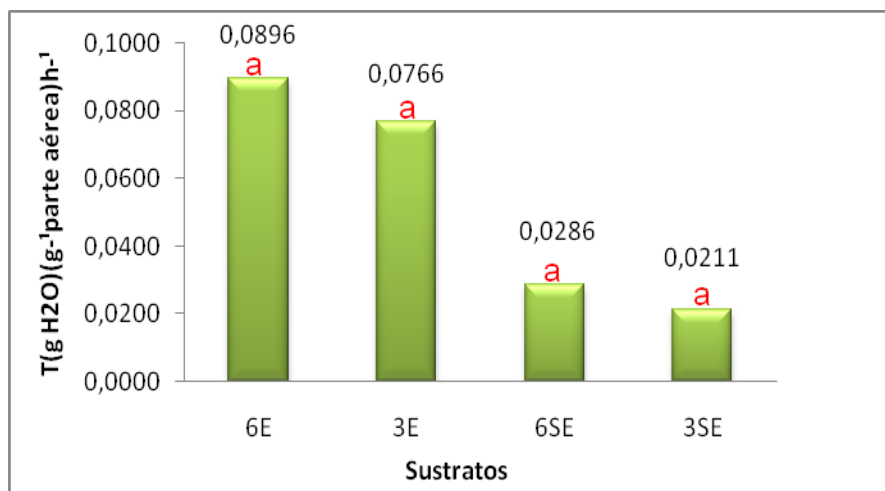


Figura 19. Transpiración cuticular en plantas de *Vitex parviflora* a los 107 días en los diferentes sustratos empleados.

Una reducción de la transpiración cuticular puede incrementar las posibilidades de supervivencia de las plantas ante situaciones de fuerte estrés hídrico, como las que a menudo se dan durante las fase post-transplante ya que, ante un completo cierre de los estomas, los individuos de menor transpiración cuticular serán capaces de mantener sus reservas hídricas durante un mayor tiempo (Parra *et al.*, 2002; citado por Pérez, 2007).

3.12. Análisis de correlación

Los resultados del análisis de correlación de Pearson (ver Anexo 2) mostraron que existe una correlación significativa entre el índice de calidad de Dickson (QI) con las variables masa seca total de la raíz (PSTR), masa seca total de la planta (PSTP), relación parte aérea parte radical (PA/PR), balance hídrico de la planta (BAP), índice tallo raíz (ITR).

Partiendo de los resultados anteriormente expuestos, se realizó un análisis de regresión entre el índice de calidad de Dickson (QI) y la masa seca total de la raíz (PSR) y la masa seca total de la planta (PSTP).

En la Figura (20) se muestra la relación entre el Índice de calidad de Dickson y la masa seca total de la raíz (PSTR), la cual es lineal y creciente con un coeficiente de regresión ($R^2=0,825$).

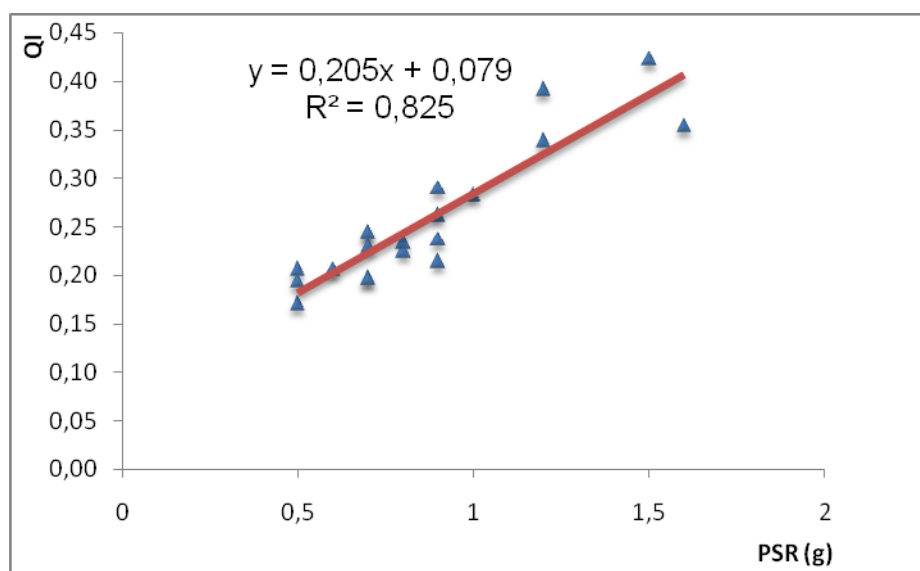


Figura 20. Relación entre el Índice de calidad de Dickson (QI) y la masa seca total de la raíz (PSR).

En la figura (21) se muestra la relación entre la masa seca de las plantas obtenidas en los diferentes sustratos, con el índice de calidad de Dickson, igualmente a la anterior lineal y creciente, pero con un valor más bajo de regresión ($R^2=0,726$).

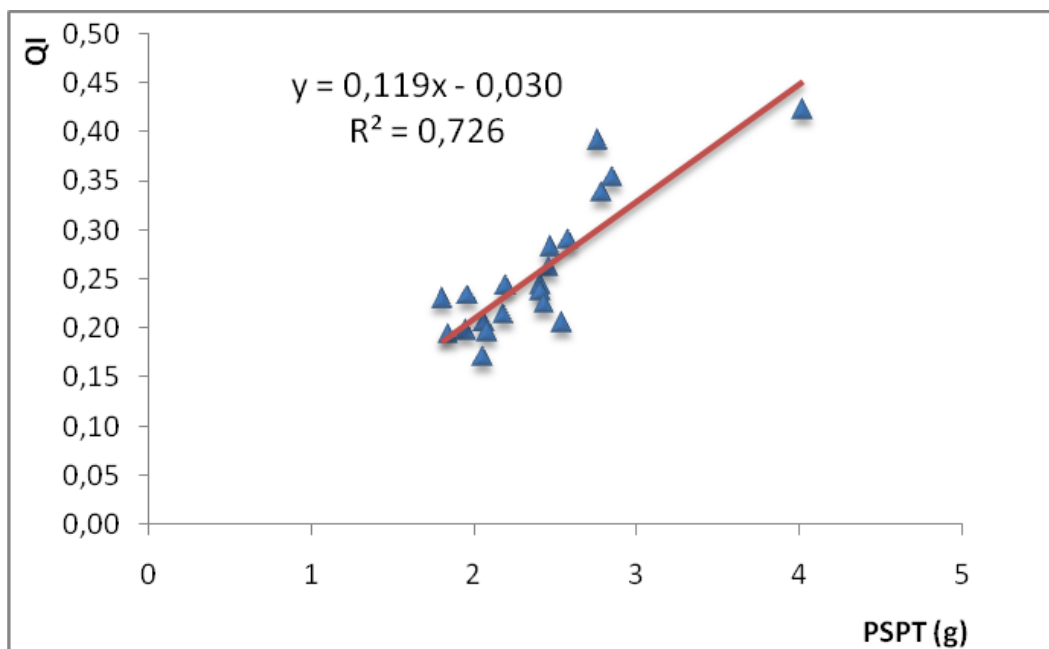


Figura 21. Relación entre la masa seca total de la planta y el Índice de calidad de Dickson (QI).

Estas relaciones nos permiten predecir el valor del índice de calidad de Dickson a partir de la masa seca total de la raíz (PSTR) y la masa seca total de la planta, ambas de fácil determinación.

3.13. Estado nutritivo de las plantas de *Vitex parviflora* Juss.

El estado nutritivo de las plantas esta dado por la composición mineral foliar y es un elemento muy importante para relacionar el contenido de nutrientes en las plantas con la composición mineral del sustrato.

La Tabla (17), expone los resultados de las concentraciones de los macro-nutrientes en una muestra de hojas, de cada uno de los sustratos estudiados.

Tabla 17. Análisis foliar en plantas de *Vitex parviflora* Juss a los 107 días en los diferentes sustratos obtenidos.

Sustratos	N	P	K	Ca	Mg
	(%)				
6CE	2,22±0,08b	0,15±0,06a	1,29±0,02a	1,44±0,02ab	0,16±0,02a
3CE	2,15±0,05bc	0,15±0,07a	1,17±0,02b	1,34±0,02c	T
6CSE	2,59±0,10a	0,19±0,08a	1,08±0,04c	1,4±0,03ba	0,12±0,56a
3CSE	2,04±0,04c	0,19±0,07a	0,87±0,02d	1,24±0,02d	0,06±0,02a
Dev.Std.	0,224	0,635	0,162	0,081	0,285

Landis *et al.* (2000) asigna estándares de niveles nutricionales foliares, y proporciones nutricionales para especies forestales producidas en contenedores en %:

Tabla 18. Niveles nutricionales foliares para especies forestales producidas en contenedores, asignadas por Landis *et al.* (2000).

Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
(%)				
1,40 – 2,20	0,20 – 0,40	0,40 – 1,50	0,20 – 0,40	0,10 – 0,30

3.14. Análisis de Clúster.

En la Figura (22) se muestra el análisis de clúster realizado con los parámetros obtenidos en las plantas desarrolladas en los diferentes sustratos estudiados. Se observan 2 subgrupos el primero formado por las plantas que crecen en los sustratos 60% compost extraído (6CE) y 30% compost extraído (3CE), correspondientes a la variable (1 y 2) y el segundo subgrupo formado por las plantas desarrolladas en los sustratos 60% compost sin extraer (6CSE) y 30% compost sin extraer (3CSE), pertenecientes a las variables (3 y 4) en los cuales las variables estudiadas se encuentran muy próximos entre sí. Un análisis muy similar se obtuvo en la valoración de cada uno de los parámetros estudiados de forma independiente.

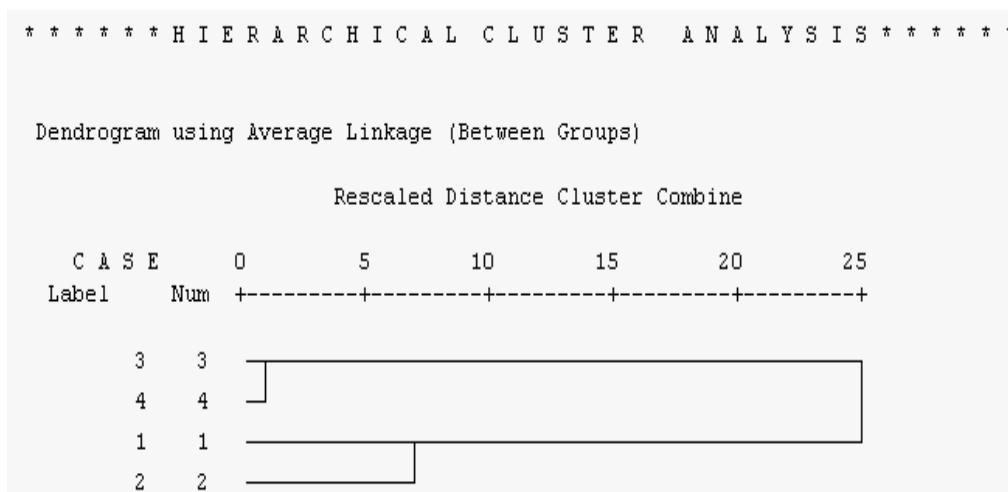


Figura 22. Análisis de Cluster (Hierarchical cluster analysis)

Las plantas que evolucionaron en los sustratos (6CE) y (3CE), subgrupo compuesto por las variables (1 y 2) presentaron cierta relación con el subgrupo (6CSE) y (3CSE), del subgrupo formado por las variables (3 y 4) pero los valores obtenidos de estos parámetros, se encuentran más distantes, además se pudo observar que las plantas desarrolladas en los sustratos extraídos presentaron un desarrollo con menos calidad, lo que pudiera estar muy relacionado con el pH y la conductividad de los mismos.

3.15. Análisis de las condiciones climáticas.

En la Tabla (3) en Materiales y Métodos se muestran los datos meteorológicos de los meses en que se realizó el experimento. Estos datos fueron suministrados por la Estación Metereológica del municipio de Pinar del Río, ubicada en el 4 de la carretera de La Coloma, y los mismos se agrupan por decenas.

La siembra de las semillas de *Vitex parviflora* Juss. se realizó el 18 de febrero del 2009, la primera etapa de la fase de establecimiento de la planta, se desarrollo desde la segunda decena de febrero hasta principios de la primera decena de abril), transcurrió fundamentalmente como se aprecia en la Figura (23), con pocas precipitaciones donde se logro controlar el factor riego. Se consideró ventajoso la realización del experimento bajo una media sombra con malla (sarán), con el objetivo de tener un control estricto de la variable riego y disminuir la incidencia excesiva de los rayos del sol.

Después de los 70 días de siembra, se retiró la media sombra y quedó bajo condiciones climáticas normales, las precipitaciones sustituyeron parcialmente los riegos correspondientes a esta fase, en esta etapa las plantas se encontraban en el período de crecimiento rápido y endurecimiento, momento en que las necesidades de agua para las misma se incrementan. En dicho experimento el factor lluvia fue una variable que afectó por igual a todos los tratamientos.

En la Figura (23) se muestra como se manifestaron las precipitaciones en los meses que se desarrolló nuestra investigación en todas sus fases, se observa en el mismo que los meses de mayor incidencia de lluvia es en junio y septiembre de 2009.

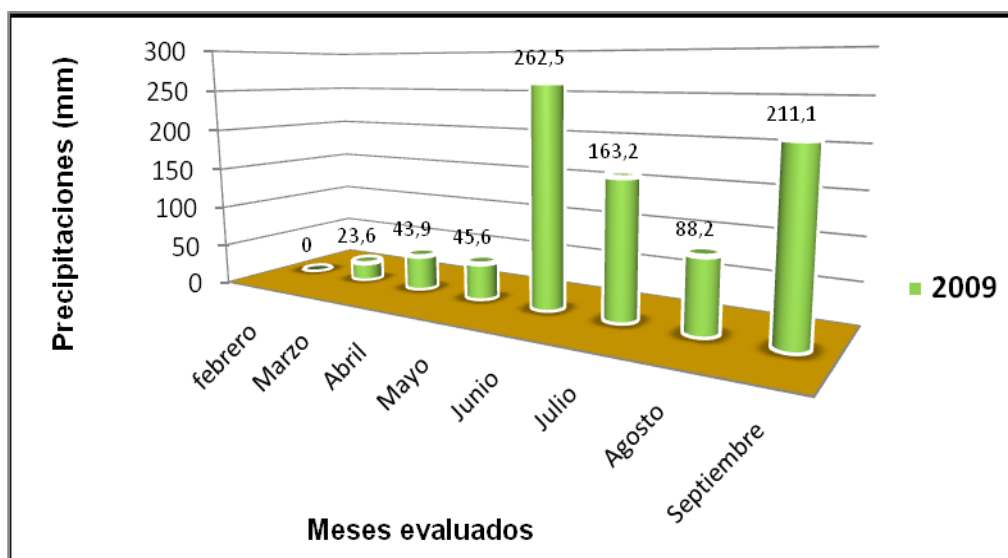


Figura 23. Suma de las precipitaciones mensuales de la estación climatológica de Pinar del Río correspondientes al 2009.

Las temperaturas se mantuvieron entre los 19.87°C y los 27.51°C, la humedad relativa estuvo comprendida entre el 65.1% y el 87,2%, estos parámetros se consideran típicos para estos meses tal como se muestran en la Tabla (3) en Materiales y Métodos.

3.16. Valoración económica.

En la Tabla (19) se muestran los costos de los sustratos obtenidos con los compost elaborados con mezclas de cortezas de las especies *Eucalyptus pellita* F. Muell y *Eucalyptus saligna* Smith extraída con disolución de hidróxido de sodio al 1% y sin extraer. En la misma se puede observar como los costos de los sustratos 3CSE y 3CE, son mayores que los sustratos elaborados con (6CE) y (6CSE) Este comportamiento se debe a la presencia de turba en los mismos.

Tabla 19. Costos de los sustratos utilizados en la investigación

Sustratos	Costo por cada 54000 tubetes
6CE	717.00 \$
3CE	737.66 \$
6CSE	739.00 \$
3CSE	741.37 \$

El costo de la turba se incrementa por los gastos relacionados fundamentalmente con la transportación. Por lo que la sustitución de parte de la turba por los compost utilizados en esta investigación disminuye el costo de los sustratos, así como el de producción.

3.17. Condiciones edáficas del suelo de plantación

En la Tabla (20) se presenta la caracterización del suelo donde se desarrolla la plantación de *Vitex parviflora* Juss.

Estos suelos son de tipo ferralítico cuarcítico amarillo, con horizonte A de 15 cm de profundidad, pH entre 4,5 y 5,5, pobres en materia orgánica y pendiente ligeramente llana.

Tabla 20. Caracterización del suelo donde se desarrolla la plantación de *Vitex parviflora* Juss.

Prof.	pH	P ₂ O ₅	M.O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Arena	Limo	Arcilla
(cm)	(KC)	mg/100g	(%)		(meq/100g)				(%)	
0-15	4,9	8,69	2,52	1,54	0,86	0,25	0,05	72,32	22	5,68
15-30	4,6	1,58	1,48	3,02	0,58	0,25	0,05	50,32	30	19,68

Las características físicas del suelo donde se desarrolla la plantación *Vitex parviflora* se presentan en la Tabla (21). En ella se muestra que los valores de densidad aparente son altos según Cairo y Fundora (2002). Estos resultados pueden estar relacionados por bajo contenido de fragmentos rocosos, baja porosidad y escaso contenido de materia orgánica.

Tabla 21. Características físicas del suelo donde se desarrolla la plantación de *Vitex parviflora*

Densidad real (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad aparente (%)
2.6	1.72	33.85

3.18. Parámetros dasométricos e índices de calidad y supervivencia de plantas de *Vitex parviflora* Juss en plantación.

En la Tabla 16 se observan los valores de supervivencia y de los parámetros dasométricos de plantas de *Vitex parviflora* Juss a los 120 días de plantado. En la misma se puede apreciar que el valor más alto de supervivencia corresponde a las plantas desarrolladas en los sustratos 3CSE y 6CSE también a las plantas desarrolladas en estos sustratos les corresponden los mayores valores en cuanto a los parámetros dasométricos medidos, entre ellos existen diferencias significativas entre las plántulas desarrolladas en los sustratos elaborados con compost extraído (6CE y 3CE) y los sustratos elaborados con compost sin extraer (6CSE y 3CSE). Este comportamiento en plantación, se debe a la calidad de las plantas desarrolladas en todos los sustratos estudiados, (Ver Figura 9).

Tabla 22. Supervivencia parámetros dasométricos y de plantas de *Viex parviflora* a los 63 días de plantado

Sustrs.	h_t (cm)	h_c (cm)	D (cm)	Esbeltez	Suprv
6CE	38,00±8,021 c	27±10,440 c	0,81±0,193 c	4,84±1,026 a	76
3CE	34,86±1,464 cd	23,43±3,910 cd	0,8±0,141 cd	4,42±0,621 a	78
6CSE	48,86±5,928 ab	36±4,546 ab	1,20±0,081 a	4,08±0,659 a	90
3CSE	49,71±5,090 a	39,43±2,637 a	1,19±0,202 ab	4,22±0,704 a	92
Dev. Std.	8,519	8,800	0,251	0,781	

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para $p < 0,05$.
Prueba de comparación de medias de Duncan

Los resultados obtenidos en el estudio de la esbeltez de las plantas estudiadas en cada uno de los tratamiento, no muestran diferencias significativas, aunque los valores dasométricos recogidos en la plantación a los 120 días nos muestran valores medios mas altos en estos parámetros, en los sustratos elaborados con compost sin extraer al 6CSE y 3CSE y estos se corresponden con los resultados obtenidos en el vivero, pero la esbeltez para el caso de los tratamientos con el compost sin extraer son mas bajos, lo que indica que son mas robusto y mas aptos para establecerse en la plantación.

3.18.1 Incremento en altura a los 60 y 120 días en plantación

Los incrementos de altura se muestran en la Figura 24. En los que se pudo observar que los incrementos más significativos se obtuvieron en los tratamientos con (3CSE) y (6CSE), con incrementos que oscilan entre los 9 y los 12cm para los dos periodos evaluados, en los tratamientos 6CE Y 3CE se obtuvieron un incremento menores a los anteriores mencionados.

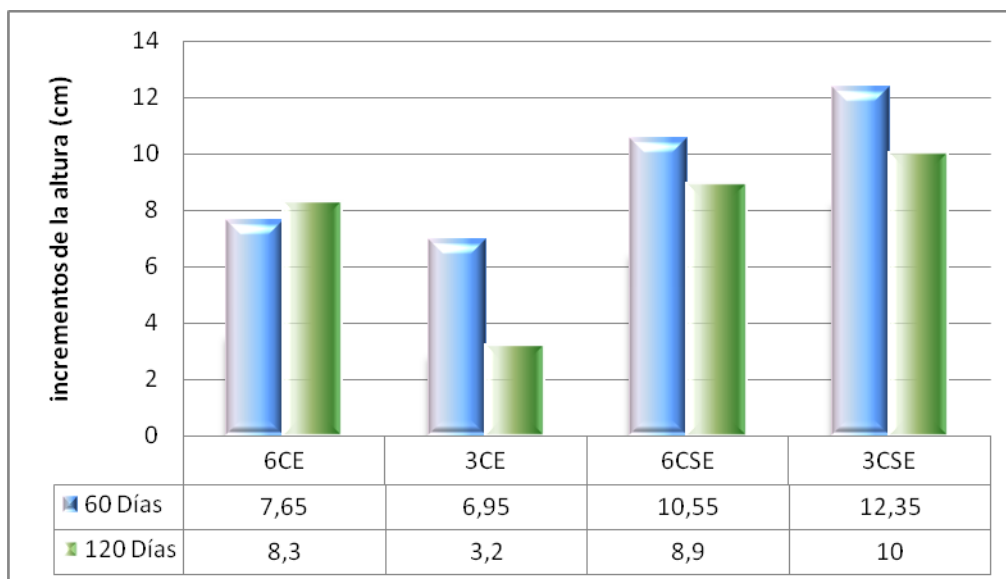


Figura 24. Incrementos en altura para cada tratamiento en dos periodos de evaluación.

Moroco (2009), en su estudio con el *Eucalyptus saligna* Smith obtiene Incrementos más significativos en los tratamientos con 6CE, con un valor de 80,3 cm/año, también en los tratamientos 6CSE Y 3CE obtuvo alturas medias anuales considerables con respecto a los demás tratamientos (CE y CSE) que han tenido un incremento inferior.

3.18.2 Incremento del diámetro a los 60 y 120 días en plantación

La Figura.25 muestra el incremento en diámetro de las plantas desarrolladas en los diferentes sustratos, en ella se observa que los mayores incrementos coincidieron con los mejores incrementos en altura como lo es para los tratamientos 30 y 60% de compost sin extraer registraron incrementos que oscila en un rango de 0,2 y 0,6cm en las dos evaluaciones efectuadas.

Oliet, (2001) ajustó una función recíproca de la supervivencia y el diámetro del cuello de la raíz para *Pinus taeda*, observándose que la supervivencia subía por encima del 80% a partir de valores para el diámetro de 4mm. Para algunos autores como Landis (1985) y Serrada (1995); citados por Moroco (2009), este atributo es el que pronostica con mayor precisión la supervivencia y el crecimiento postrasplante.

Esta afirmación se fundamenta en la relación que existe, por un lado, entre el diámetro del cuello de la raíz y el grado de lignificación del tallo, asociado con la resistencia mecánica y a las altas temperaturas de la superficie del suelo, y por otro lado, con el desarrollo radical, lo que explica las mejores correlaciones entre estos atributos y otros morfológicos como la masa total de la planta o la masa radical. Castillo (2007).

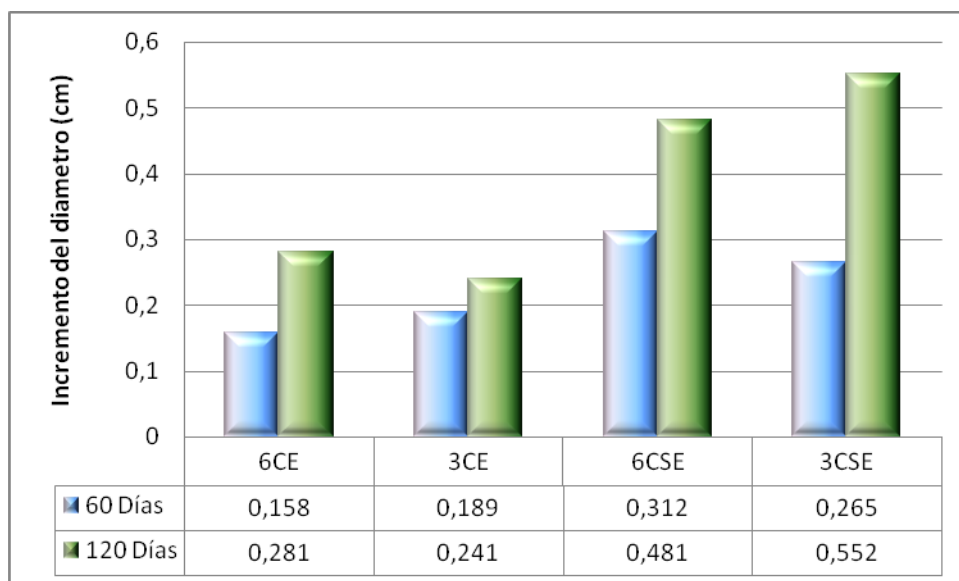


Figura 25: Incremento del diámetro en los diferentes sustratos empleados

Según **Orwa et al. (2009)**, *Vitex parviflora* Juss. es una especie de rápido crecimiento que incrementa anualmente en altura y en diámetro de 0.4-1m y 0.7-1cm respectivamente en una plantación. En las Filipinas, *V. Parviflora*, Juss se planta generalmente usando los arbolillos a raíz desnudo-arraigados a 2m x 2m, después de 20 años una plantación rinde 76 m/ha (con un incremento medio anual de 2.6 m/ha).

3.19 Comportamiento de la supervivencia

Los valores de supervivencia de la plantación no fueron del 100 % pero son valores buenos para los tratamientos (6CSE) y (3CSE), en los primeros 60 días de plantado (Figura 26); y valores aceptables en los tratamientos (6CE) y (.CE).

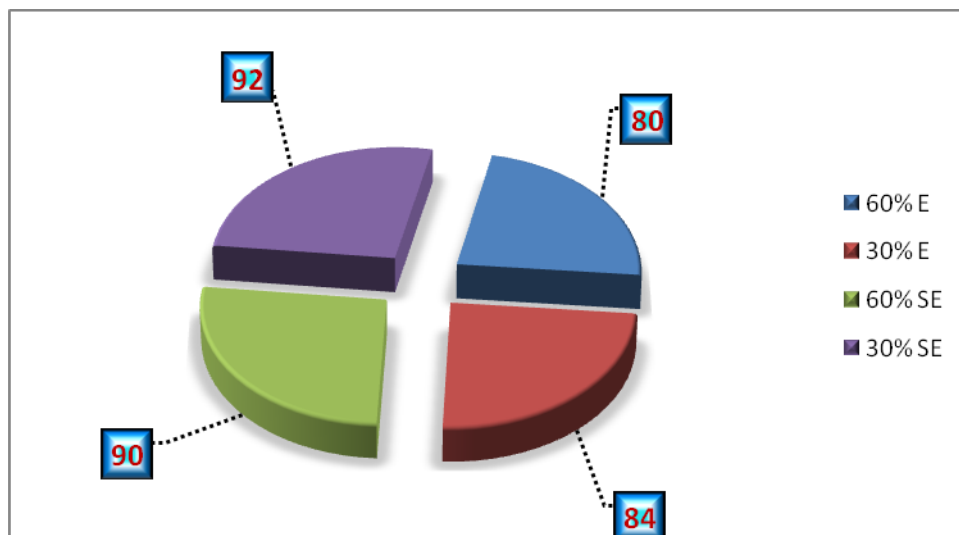


Figura 26: Valores de supervivencia a los 60 días.

Los porcentajes de supervivencia hasta los 120 días en plantación (Figura 27) no variaron para los tratamientos mencionados (6CSE) y (3CSE), y si lo hicieron para los tratamientos elaborados con compost extraído tal como se muestra en la Figura 27. Este resultado está asociado íntimamente con la calidad de la plántula en la etapa de vivero.

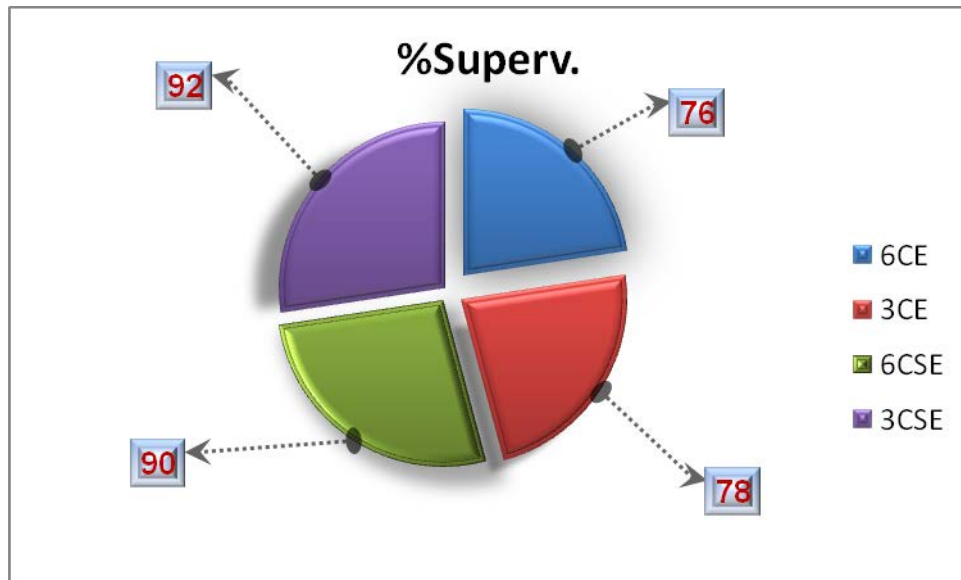


Figura 26: Valores de supervivencia a los 120 días.

Los valores mas satisfactorios de supervivencia se mostraron en aquellas plantas que procedían de los sustratos compuestos por el compost sin extraer al (3CSE) y (6CSE), que demostraron ser los mejores a favor de la calidad de las mismas.

Estos resultados de supervivencia para las dos evaluaciones (60 y 120 días) puede estar influenciado por la misma calidad con la que estas plántulas salieron del vivero y cuestiones climáticas por las bajas precipitaciones registradas en ese primer periodo de plantación. Sin embargo es importante explicar que las estos resultados también pudieran estar influidos por daños mecánicos ya sean en el mismo traslado de las posturas o provocados factores antropicos.

Estos resultados difieren con loa obtenidos por Moroco (2009) quien obtiene valores de supervivencia a los 210 días en plantaciones de *Eucalyptus saligna* Smith. de 93,75 %, 90,91 % y 88,46% en tratamientos de 6CE, 3CE y 6CSE respectivamente. Asi como los obtenidos por Olmedo (2007) para el *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden producidos en diferentes sustratos y riegos de endurecimiento.

CONCLUSIONES

- Las pruebas de calidad realizadas en el laboratorio a las semillas de *Vitex parviflora* Juss. demostraron que las mismas presentan un alto contenido de semillas no viables lo que se corresponde con la germinación en la etapa de vivero.
- Existen durante el crecimiento de plantas de *Vitex parviflora* Juss. en los sustratos estudiados, en su etapa de vivero, una *Fase de establecimiento*, con un tiempo de duración, cerca de los 45 días después de la siembra, una *Fase de crecimiento rápido*, con una duración de 50 días aproximadamente, posterior a la fase de establecimiento, y una *Fase endurecimiento* 95 días aproximadamente después de la siembra.
- Los parámetros morfológicos y fisiológicos de las plantas de *Vitex parviflora* Juss obtenidas no mostraron grandes diferencias significativas entre ellas aunque los mejores resultados fueron para las plantas desarrolladas en los sustratos de compost sin extraer.
- La supervivencia y los parámetros dasométricos evaluados en plantas de *Vitex parviflora* Juss. a los 120 días en plantación fueron favorables y se corresponden con los resultados en vivero.

RECOMENDACIÓN

- Generalizar el estudio del uso de los compost elaborados en la obtención de plantas de otras especies forestales.
- Extender a todas las empresas forestales el aprovechamiento de la corteza de las especies de *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus pellita* F. Muell, para mitigar el impacto negativo de su acumulación como residuo y aumentar los niveles de sostenibilidad.
- Continuar con la evaluación de las plantas de *Vitex parviflora* Juss. en plantación.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ P., VARONA J. (1998). Silvicultura. Editorial pueblo y educación. 354pp.
- ABAD, M. Y PUCHADES, R. (COORD.). (2002). Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de buñol (valencia) con fines hortícolas. Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Buñol, Valencia.
- ABARCA, S. y AGUILAR, R. (2002) Producción de sustratos para vivero. Disponible en: [http://ns1.oirsa.org.sv/-Publicaciones/VIFINEX/Manuales Costa-Rica/Sustratos-para-Viveros-06.htm](http://ns1.oirsa.org.sv/-Publicaciones/VIFINEX/Manuales%20Costa-Rica/Sustratos-para-Viveros-06.htm), (Consultada 8 de julio 2007).
- ABAD, M., NOGUERA, P., AND CARRION, C. (2004) Los sustratos en los cultivos sin suelo. In Tratado de Cultivo Sin Suelo, 3rd Ed.; Urrestarazu, M., ed.; Mundi-Prensa: Madrid, Spain, 113–158.
- ANÓNIMO A, S/F: http://www.procobre.org/newsite/procobre/pdf/cp_05_cobre_bactericida.pdf (consultada; julio 28 2009).
- ALZUGARAY, P.; HAASE D.; ROSE, R. (2004), Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas con el método 1+1. Bosque, Vol. 25 N° 2, pp. 17-33.
- ANSORENA, M. J. (1994) Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. España.172 p.
- ATKINSON, F. 2007. Determinación de la influencia de sulfato de cobre y sulfato de manganeso en la germinación de las semillas de *Pinus tropicalis*. Morelet. 43 p. Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniera Forestal). Universidad de Pinar del Río.
- BARCELÓ, J.; RODRIGO; SABARTER, B. Y SÁNCHEZ, R. 1983. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámides. Madrid. 678 pp.

- BAKER T. T., CONNER W. H., LOCKABY B. G., STANTURF J. A. and BURKE M. K., (2001), Fine root productivity and dynamics on a forested floodplain in south Carolina. Soil Sci. Soc. Am. J. (65): 54-556.
- BECALLI, E.; TORRES, S. 2001. Fisiología Vegetal. Primera parte. Editorial Felix Varelo. La Habana, 2001. 167pp.
- BELLO ED, GO LA. 1978. Silvicultural notes from the Philippines. Forstwissenschaftliche Centralblatt. 97(4): 217-221. CABI. 2000. Global Forestry Compendium. CD-ROM. CABI
- BORGES. E.E.L., BRAGA, R. 1993. Germinação de sementes. Sementes Florestais Tropicais, Associação Brasileira de tecnologia de sementes. Brasília. DF 350p
- BONILLA, M. 2001. Evaluación del comportamiento de *Pinus tropicalis* Morelet en la fase de vivero con tubetes. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. 100 p.
- BONILLA, M. (2006). Principales especies a emplear en la reforestación. 34 Pg. Facultad Forestal y Agronomía
- BURÉS, S., (2002), Papel de la materia orgánica en el suelo. Número 8 de TERRALIA Ediciones Agrotécnicas, S.L. Plaza de España, ISSN: 1138- 6223 páginas
- BURESTI, E.; MORI, P. (2003) Progettazione e realizzazione di impianti di arboricoltura da legno. Firenze, Italia. 78 p.
- BRADBEER, J.W. 1988. Seed, Dormancy and Germination. Blackie Glasgow and London. First Published. 220 pp.
- CAIRO, P. Y FUNDORA, O. (2002) Edafología. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana. 476 p.
- CALDEIRA, M. V., W., SCHUMANCHER, M. V., RODRIGUEZ, L., MUNARI, H., OLIVEIRA, L., (2000). Crecimiento de mudas de *eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. Floresta 28(1/2): 19-30.

- CALDERÓN, F. y CEVALLOS, F., (2003), Los sustratos. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm
- CARNEIRO, L. A.; NASCIMENTO, M. A.; ARAUJO, R. F.; CARDOSO, M. A. Y MAUSUR, E. 1995: "in vitro" shoot multiplication of *Plathymenia foliolosa* (Bent) and endangered Atlantic rain forest tree. In: Estrada, M. P.; Riego, E.; Limonta, J. (eds). Advances in Modern Biotechnology. Vol. 3 La Habana, Buba, II. 29.
- CUNHA-QUEDA, A.C., RIBEIRO H.M., RAMOS A., AND CABRAL F., (2006), Study of biochemical and microbiological parameters during composting of pine and eucalyptus bark. Bioresource Technology.
- CASTILLO, I. (2001) Efecto del sustrato en el cultivo de la especie *Eucalyptus grandis* en vivero utilizando tubetes plásticos en la E.F.I Guanahacabibes. Tesis en opción al grado de Master en Ciencias Forestales. UPR. Pinar del Río 2001.
- CASTILLO, J.E., HERRERA, F., LOPEZ-BELLIDO, R, J., LOPEZ-BELLIDO, F., J., LOPEZ-BELLIDO., L., Y FERNANDEZ, E., J., (2004). Compost de desechos solidos municipales como un constituyente medio. *Compost Science and utilization*. Vol. 12, No. 1, p. 86-82.
- CASTILLO, I. (2006). Efecto de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego en la calidad de las plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contenedores en Pinar del Río, Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor.
- CETINA-ALCALÁ, VÍCTOR M.; VÍCTOR A. GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, MARÍA L. ORTEGA-DELGADO (2002) Supervivencia y crecimiento en campo de ***Pinus greggii*** Engelm previamente sometido a podas o sequía en vivero. *Agrociencia* (36): 233-241.
- COBAS, M. (2001) Caracterización de los atributos de calidad de la planta de *Hibiscus elatus*. Sw. cultivada en tubetes. Pinar del Río. Tesis (en opción al

grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río 100 p.

CHANGO, R., (2008), Establecimiento "In Vitro" de semillas de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* de tres procedencias diferentes. 57 pg. Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal). Universidad de Pinar del Río.

CLARK, S., AND CAVIGELLI, M., (2005), Suitability of Composts as Potting Media for Production of Organic Vegetable Transplants. *Compost Science & Utilization*, , Vol. 13, No. 2, 150-156.

CLIMENT, M.D., ABAD, M. Y ARAGÓN, P. (1996). El Compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Sus Características y Aprovechamiento en Agricultura. Ediciones y Promociones LAV S.L., Valencia.

DÍAZ W. (2004). Manejo sustentable de ecosistemas forestales de la cuenca Los Pericos, Proyecto FAO - TCP/ARG/2902 (A), disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/cartilla_9.pdf

DOMÍNGUEZ, S. (1997) La importancia del envase en la producción de plantas forestales. Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", Ministerio de Medio Ambiente, Apdo. 249, 19080. Guadalajara. España.

DOMÍNGUEZ, S.; VILLAR, P.; GARRACHÓN, S.; PEÑUELAS, J.; SERRADA, R.; OCAÑA BUENO, L., (2001), Efecto de diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico en el contenido de nutrientes y la resistencia a la desecación de plántulas de *Pinus halepensis* Mill. Actas del III Congreso Forestal Español. 2001. Granada. Mesa 3: 797-803, Disponible en: http://www.mma.es/conserv_nat/acciones/mejora_genet/_pdfs/serranillo/de-form_ppinaster.pdf

ESCARRÉ, A. (2003) Medida del potencial hídrico. Método de la bomba de Scholander. (Metodología). Curso de postgrado impartido en la Universidad de Pinar del Río Cuba 160 p.

- FAJARDO M. (2005), Efecto del sustrato en la calidad de la planta de *Swietenia macrophylla* King producida en vivero sobre tubetes. Trabajo de diploma. Facultad de Forestal y Agronomía, Departamento Forestal, Universidad de Pinar del Río.
- FAO, 1993. Montes: estadísticas ahora para mañana. Roma. Italia, 52 p.
- FIGLIOLA, M.B. 1993. Secagem, extração e beneficiamento de sementes. Sementes Florestais Tropicais. Associação Brasileira de tecnologia de sementes. Brasília. DF 45p
- FUENTES, M. Y OROPEZA, J. (1996) Evaluación preliminar del comportamiento de algunos materiales orgánicos como sustratos para la siembra de ***Eucalyptus urophylla***. Segundo Taller Internacional Biomasa Vegetal. Bioforest, Pinar del Río. Cuba. 23 p.
- FUEGO, M. (2008) Influencia de diferentes sustratos obtenidos del compostaje de corteza de *Eucalyptus* sp en la calidad de plántulas de *Eucalyptus saligna* Smith y su desarrollo en plantación. Tesis (presentada en opción al grado científico de Máster en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río 86p.
- FREITAS T., BARROSO, D., CAMEIRO, J.; PENCHEL, R.; LAMONICA, K., y FERREIRA, D., (2005); Desempeño radicular de plántulas de eucaliptos producidos en diferentes sustratos. Rev. Árvore vol.29, no.6, Viçosa, Nov./Dec. 2006. ISSN 0100-6762.
- GARCIA M. A, (2007). Importancia del plantin forestal. XXII JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS. Concordia
- GOMEZ, J., M.; L. COUTO, L.; H GARCIA, L.; XAVIER, A. Y LAGES S. RIBEIRO. (2002). Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *eucalyptus grandis*. Rev. Árvore, vol.26, no.6, Viçosa ,Nov./Dec. ISSN 0100-6762.
- GÓNGORA, F. Y GARCIA, E. 2004. Determinación de las mejores concentraciones de sales de Sulfato de Cobre y Manganeseo en el aderezo de semillas de dos especies forestales. Memorias del III Simposio Internacional,

sobre Manejo Sustentable de los Recursos Forestales (CIMFOR). Cuba. ISBN 959-16-0262-X.

GONZALEZ, M.; BARBAN, M. 1994. Factores que influyen en la geminación del *Pinus tropicalis* Morelet. Trabajo de Diploma. Facultad de Agronomía y Forestal, Universidad de P.Río. 18 pp.

GUPTA, P. K... [et al.] 2001: Advance in conifers technique improvement through somatic embryogenesis. p. 33-39.

HERNÁNDEZ J. et al. (2005). Programa de reforestación universitaria en el área natural protegida. IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 492pp.

HERRERO, J.; LINARES, E.; PALENZUELA, L. Y DIAGO, I. (2004) Tendencias y perspectivas del sector forestal hasta el año 2020. Revista Forestal Baracoa. (Número Especial) 3-14 p.

HERRERO, (2006) Conferencia magistral IX Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los recursos forestales. Universidad "Hermanos Saíz Montes de Oca" Pinar del Río, 19 al 22 de abril de 2006, ISBN 959-16-0408-4.

ISTA, 1985. Norma Internacional para ensayos de semillas. Ministerio de la Agricultura. Madrid, 134 p.

JIMÉNEZ, L.C., (2004), Compostaje preliminar de la mezcla de cortezas de las especies *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith extraídas con diferentes medios de extracción durante 30 días. Trabajo de diploma.

MALAVASI, U., C. Y MALAVASI, M., (2006) Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *cordiatrichotoma* (vell.) arrab. exsteude *jacaranda micranta* cham. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 11-16
11 ISSN 0103-995

MARCELLI, A. R. Y PIOTTO, B. (1993) Recientes estudios sobre la cría de eucaliptos en Italia.- Congreso Forestal Español. Tomo II.

MESKIMEN, G. Y FRANCIS, J. (1990) *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Eucalipto rosado Myrtaceae Familia de los mirtos: Disponible

en:www.fs.fed.us/global/iitf/Eucalyptusgrandis.pdf (Consultada 12 de julio 2006).

MOLDES, A.; CEDÓN Y.; LOPEZ, E.; AND BARRAL, M.T. (2006), Biological Quality of Potting Media Based on MSW Composts: A Comparative Study .Compost Science & Utilization, Voi. 14, No. 4,296-302.

MORENO, M. T.; BENÍTO, L. F.; HERRERA, N.; DOMINGUES, S. Y PEÑUELOS, J. L., 2001. Estudio de nuevos métodos de determinación de la viabilidad de las semillas forestales: test de electroconductividad e índigo carmín. Comparación con el test del tetrazolio y su aplicación a *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis*. Actas del III Congreso Forestal Español. Granada., Mesa 3: 653-658

MOROCO, N., (2009). Evaluacion del comportamiento en plantacion de *Eucalyptus saligna* Smith. obtenidas a partir de tecnologias ecologica. 46 Pg. Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniera Forestal). Universidad de Pinar del Río.

MUPONDI, L.T. MNKENI, P. N. S., Y BRUTSCH, M.O. (2006),Evaluation of pine bark or pine bark with goat manure or sewage sludge cocomposts as growing media for vegetable seedlings. Compost Science & Utilization, Vol. 14, No. 4, 238-243

NAVALL M. (2004). Guía para el diseño y producción de un **vivero forestal** de pequeña escala de plantas en envase. Proyecto **Forestal** Regional, Módulo Santiago del Estero, disponible en:http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/extension_forestal/vivero_forestal.pdf

NORMA CUBANA 71-04, (1987) Silvicultura, Semillas Forestales, Métodos de ensayos.1-14pp.

LANDIS, T.D; TINUS, R. W.; MCDONALD, S.E.; BARNETT, J.P. 1999. The Container Tree Nursery Manual. Volume Six. Seedling Propagation USDA Forest Service.Handbook 674 Washington DC, 167 pp.

- LANDIS, T. D; TINUS, S. E; BARNETT, J. P.; NESLEY, R. G; RODRÍGUEZ, T. D. A; SÁNCHEZ; V. J. R. Y ALDANA, B. R. (2000) Manual de vivero para la producción de Especies Forestales en contenedores. Volumen 2 Contenedores y Medios de Crecimiento. Handbook 674, 126 p.
- LEADEM, C.L. 1996b. Germination Ecology of British Columbia Conifers. Effects of temperature, seed source, dormancy and temperature cycle. XX Forest Congress. Poster abstract.
- OLMEDO A., (2007), Comportamiento de una plantación de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden producido con diferentes sustratos y riegos de endurecimiento. Trabajo de diploma. Facultad de Forestal y Agronomía, Departamento Forestal, Universidad de Pinar del Río.
- OLIVO, V., B., Y BUDUBA, C., G., (2006) Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. Bosque (Valdivia), vol.27, no.3, p.267-271. ISSN 0717-9200.
- OLIET, J. A. (2000) Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo. Universidad de Córdoba. España. 15 p.
- ORWA C, A MUTUA, KINDT R , JAMNADASS R, S ANTHONY., (2009). Agroforestree Database: a tree reference and selection guide version 4.0 [www.worldagroforestry.org/af/treedb/.../Vitex parviflora.pdf](http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/.../Vitex_parviflora.pdf) (consultado en marzo 2009)
- OTERO, L.R. (1992). Residuos sólidos urbanos. Unidades Temáticas Ambientales. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid.si
- PARRA, Q, R.; BECERRIL, R, E. Y LÓPEZ, C. C., (2002), Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en manzano 'golden delicious' injertado sobre portainjertos clonales. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido-/20/2/art113-121.pdf> (Consultado el 3 de marzo 2005)

- PASTOR, J. N., (2004), Utilización de sustratos en vivero. Disponible en: <http://www.chapingo-mx/terra-/contenido/17/3/art> (Consultado 20 julio del 2004),
- PAUL, K. I. AND POLGLASE, P. J., (2004), Prediction of decomposition of litter under eucalypts and pines using the FullCAM model. Forest Ecology and Management .Volume 191, Issues 1-3 , 5 April Pages 73-92.
- PEÑUELAS, J. L., (1999), El manejo del agua y de los factores ambientales en los cultivos. Centro de Mejora Forestal "El Serranillo". Ministerio de Medio Ambiente. 13 p.
- PÉREZ, N. (2007) Compostaje de corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, y *Eucalyptus pellita* F. Muell en la obtención de compost como fuente de sustrato para viveros forestales. Pinar del Río, Cuba. Tesis (presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río 198 p.
- PINEDA-OJEDA, V.; CETINA-ALCALÁ, M.; VERA-CASTILLO; J. CUAUHTÉMOC, T.; CERVANTES-MARTÍNEZ, Y. Y KHALIL-GARDEZI, A. (2004) The transplanting container-container (1+1) and container-bareroot (P+1) IN *Pinus greggii* Engelm. seedling production AGROCIENCIA Vol. 38, No. 6.
- QUIRÓZ, I. FLORES, L.; PINCHEIRA, M.; VILLARROEL, A., (2001), Manual de viverización y plantación de especies nativas. Zona centro y sur de Chile. Instituto Forestal. Valdivia, Chile.159 p.
- REYES J., ALDRETE A. 2005. Diagnóstico de la situación actual de los viveros forestales del estado de Hidalgo, México. . IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 525pp.
- RÖBEN, E., (2002), Manual de Compostaje Para Municipios. Loja, Ecuador.
- SANCHEZ-MONEDERO, M., ROIG, A., CEGARRA, J., BERNAL, M. P., NOGUERA, P., ABAD M., AND ANTON A. (2004), Composts as Media Constituents for Vegetable Transplant Production. Compost Science & Utilization, Vol. 12, No. 2,161-168.

- SEMARNAT / CONAFOR. 2001. Programa Nacional Forestal 2001_2006. 118 pp.
- SILVA, J. C., (2001), Eucalipto- A Madeira do Futuro. Revista da Madeira. 114p. il Curitiba.
- SOLIVA, M., (2001), Composstatge gesto deresidus organiscs. Estudis i Monografies 21. Diputació de Barcelona, área de Medi Ambient, Barcelona.
- RÖBEN, E., (2002), Manual de Compostaje Para Municipios. Loja, Ecuador.
- TRIGUEIRO, R. Y GUERRINI, I., (2003). Uso de un biosólido como sustrato para producir plántulas de Eucaliptos. Scientia Forestales, n.64, p150-162, dicpp. 853-861.
- VILLAR, P.; OCAÑA, B. L; PEÑUELAS, R. J. CARRASCO, M. I; DOMÍNGUEZ, L. S., (1997b), Efectos de diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico en el contenido de nutrientes y la resistencia a la desecación de plántulas de *Pinus halepensis* Mill. Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”, Ministerio de Medio Ambiente. Guadalajara. España. Actas del II Congreso Forestal Español.
- VILLAR, S. P; SALVADOR, P.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS, J. Y CARRASCO I., (2000), Influencia del endurecimiento por estrés hídrico y la fertilización en algunos parámetros funcionales relacionados con la calidad de la planta de *Pinus pinea*. Disponible en: http://www.mma.es/conserv_nat/acciones/mejoragenet/pdfs/serranillo/endurecimiento_ppinea.pdf.
- WANG, B. S. P., 1988. Review of new developments in tree seed. Seed Science and Technology, 16: 215–225.
- YADAV, K. R., SHARMA, R. K. AND KOTHARI, R. M. (2002), Bioconversion of Eucalyptus bark waste into soil conditioner. Bioresource Technology. Volume 81, Issue 2, Pages 163-165