



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill)

Patrocinante: Sr. Jaime Büchner O.

Co-patrocinante: Sra. Angélica Aguilar V.

Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de **Ingeniero Forestal**.

ZITA DEL PILAR MUÑOZ JEREZ

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Jaime Büchner Oyarzo	<u>6,8</u>
Co-patrocinante:	Sra. Angélica Aguilar Vivar	<u>6,4</u>
Informante:	Sra. Alicia Ortega Zúñiga	<u>6,0</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Jaime Büchner O.

Dedicatoria

Para mi madre amada, por hacer de mi lo que soy, por tu constante esfuerzo y perseverancia. Hoy, subimos juntas otro pedacito... Te amo mucho mamá.

A ti negri, el hombre más importante de mi vida, por tu compañía y apoyo incondicional durante estos años y... por construir cada día nuestro maravilloso amor.

A mi verdadero padre, por haberme acogido con ese corazón gigante que tiene... Yayo, gracias por haber llegado a mi vida, por quererme y por apropiarte de cada uno de mis logros.

A mi hermana del alma, por escuchar mis discursos interminables... Ahora te toca a ti y estoy segura que lo lograrás!!!

A mi hermanito Cristian, a quien amo con todo mi corazón!

Para la Mama y el Tata, por acompañarme y cuidarme en los primeros años de mi vida... Gracias!!!

A mi tía Yoyi, por ser tan especial, gracias por estar siempre conmigo...

A mi tía Ivonne, por estar cerca desde siempre y simplemente por existir!!!

A mis primos queridos Camila, Javiera y Paolo

A la Lela y al Tata Sergio, por ser personas tan llenas de amor, gracias por su constante preocupación y cariño.

De manera muy especial, a mi profesora Angélica Aguilar, por estar conmigo durante todos estos años, en momentos buenos y malos de mi vida y por permitir que esto suceda.

A mi amiga Alejandra Portales, gracias por tu apoyo, preocupación y por tus palabras de ánimo en los momentos difíciles...

Por último, a mi amiga Ale Ritter, por estar conmigo y ser mi compañera incondicional bajo el bosque.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Producción de plantas en sustratos artificiales	3
2.2 Características físicas y químicas de los sustratos en general	3
2.2.1 Densidad aparente	3
2.2.2 Porosidad	4
2.2.3 Aireación	4
2.2.4 Retención de agua	4
2.2.5 Granulometría	4
2.2.6 Estabilidad de la materia orgánica	5
2.2.7 Relación Carbono Nitrógeno	5
2.2.8 pH	5
2.2.9 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	5
2.3 Características de el sustrato propuesto v/s sustratos utilizados comúnmente en la producción	6
2.3.1 Fibra de coco	6
2.3.2 Corteza de pino compostada	8
2.3.3 Vermiculita	10
2.3.4 Perlita	10
2.4 Caracterización general de la especie	11
3. MATERIAL Y MÉTODO	14
3.1 Ubicación y duración del ensayo	14
3.2 Caracterización del Material	14
3.3 Metodología	15
3.3.1 Diseño Experimental	15
3.3.2 Esquema del Ensayo	16
3.3.3 Siembra, análisis de germinación y raleo	17
3.3.4 Evaluación de las plantas	17
3.3.5 Caracterización físico – química de los sustratos utilizados	19
3.3.6 Análisis estadístico	19

	Página
3.3.7 Relación costo/beneficio obtenida	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Capacidad y Energía Germinativa	21
4.2 Evaluación de la altura, biomasa y cepellón en función de los sustratos utilizados	23
4.2.1 Crecimiento en altura de las plantas	23
4.2.2 Biomasa de las plantas	24
4.2.3 Retención de cepellón	28
4.3 Relación costo/beneficio obtenida con los diferentes sustratos	30
5. CONCLUSIONES	34
6. BIBLIOGRAFÍA	35

ANEXOS

1	Abstract
2	Estadística descriptiva y análisis de varianza
3	Frecuencias y porcentajes de retención de cepellón en los distintos tratamientos

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Capacidad de intercambio catiónico, granulometría y pH para cada tratamiento	14
Cuadro 2. Tratamientos empleados en el ensayo	15
Cuadro 3. Esquema de distribución de bandejas sobre el mesón, tratamientos y repeticiones	16
Cuadro 4. Estadística descriptiva para la variable biomasa (g) por componente y total	24
Cuadro 5. Evaluación económica de la producción de <i>E. globulus</i> , que considera los ingresos totales, costos fijos y variables (\$)	30
Cuadro 6. Evaluación económica para cada sustrato que considera los ingresos totales, costos fijos, variables, costo por planta (\$) y margen de venta (%)	31
Cuadro 7. Costo unitario (\$) de los sustratos y de los tratamientos propuestos	32
Cuadro 8. Costo unitario de los tratamientos v/s beneficios obtenidos	32

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Imagen microscópica sustrato de coco	6
Figura 2. Imagen macroscópica sustrato de coco	6
Figura 3. Registro de temperatura mínima, máxima (° C) y humedad relativa (%) en el invernadero durante el periodo de estudio	16
Figura 4. Bandeja de 286 cavidades, con 10 plántulas centrales utilizadas en medición de altura (cm.)	17
Figura 5. Evaluación del cepellón retenido en las plantas al momento de la cosecha en términos porcentuales	18
Figura 6. Variables de producción del vivero y del mercado actual de plantas consideradas para análisis de relación costo/beneficio	20
Figura 7. Nivel de germinación de las plantas de <i>E. globulus</i> durante 19 días desde la fecha de siembra en los distintos sustratos	21
Figura 8. Altura media de <i>E. globulus</i> (cm.) a través del tiempo en los distintos sustratos	23

Figura 9.	Distribución de biomasa aérea y radicular de <i>E. globulus</i> en distintos sustratos	24
Figura 10.	Altura total (cm.) y biomasa total (g) obtenida en los distintos tratamientos	27
Figura 11.	Retención del cepellón en plantas de <i>E. globulus</i> al momento de la cosecha en los distintos sustratos	28

RESUMEN EJECUTIVO

Ante la preocupación de los viveristas por la dificultad en la adquisición del sustrato de corteza de pino compostada, usada actualmente como único medio de crecimiento para la producción de plantas a raíz cubierta, es que se realizó un análisis de otras alternativas de sustrato, donde la fibra de coco surge como una alternativa desconocida. Además se incluyen en este estudio, otros medios de crecimiento los que corresponden a vermiculita y perlita, ambos mezclados con corteza de pino compostada con proporciones 1:1. De acuerdo a lo anteriormente señalado, el objetivo principal de este Trabajo de Titulación fue evaluar los sustratos de fibra de coco, vermiculita/corteza de pino compostada y perlita/corteza de pino compostada, en relación al sustrato tradicional de corteza de pino compostada en forma pura a través de la producción de plántulas para repique de *E. globulus* a raíz cubierta.

El diseño del estudio fue completamente al azar y consideró cuatro tratamientos con seis repeticiones cada uno. Los tratamientos utilizados corresponden a Tcoco (100% fibra de coco), Tcomp (100% corteza de pino compostada), Tver (50% de vermiculita y 50% de corteza de pino compostada) y Tper (50% de perlita y 50% de corteza de pino compostada).

La evaluación se inició con el análisis de germinación en cada tratamiento, lo que permitió realizar el cálculo de la capacidad y energía germinativa de la semilla. Además se evaluó el crecimiento en altura de las plantas por un periodo de dos meses, el porcentaje de retención de cepellón al momento de la cosecha y el desarrollo de biomasa aérea y radicular.

Las variables altura y biomasa, fueron analizadas estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANOVA) y además se realizó el test de comparaciones múltiples de Tuckey.

Adicionalmente cada tratamiento fue analizado en el Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, donde se evaluó la granulometría, capacidad de intercambio catiónico y pH de cada uno.

Se realizó un análisis de costos que incluyó ingresos totales, costos fijos y costos variables del vivero, además variables de mercado como especies, precio de las plantas y magnitud del vivero. Se efectuó la revisión de los precios de mercado de cada sustrato utilizado en este estudio, siendo posteriormente realizada una relación costo/beneficio en base a los resultados obtenidos en cada tratamiento.

Del análisis de datos se obtiene que los tratamientos Tcoco y Tver, presentaron diferencias altamente significativas, siendo Tcoco el tratamiento que produjo plantas con menor desarrollo en altura y biomasa. Los tratamientos Tcomp y Tver no tuvieron diferencias significativas, presentando desarrollos bastante similares en ambas variables, con 9,2 y 9,4 cm de altura y 0,131 y 0,150 g. de biomasa total. Las plantas

producidas en Tver presentaron un desarrollo considerablemente mayor en ambas variables. El costo de las plantas es de \$ 40 y \$ 39 para los tratamientos Tcoco y Tver, mientras que Tcomp y Tper presentaron un costo de \$ 38 por planta.

Las plantas producidas en los tratamientos Tcoco y Tcomp tuvieron una mayor retención de cepellón al momento de ser cosechadas, mientras que en Tver se presentó una menor retención, al igual que en Tper donde incluso se presentaron plantas con la raíz totalmente descubierta.

Se concluye que las plantas producidas en los distintos tratamientos del ensayo pueden ser destinadas a actividades de repique y homogenización de bandejas ya que todas cumplen con una altura adecuada entre 5 a 9 cm., sin embargo, es posible que el tratamiento Tcoco produzca plantas de baja calidad, no siendo éste adecuado para la producción de *E. globulus*.

Se recomienda realizar estudios que consideren tratamientos de fibra de coco mezclada con sustratos inorgánicos como perlita o vermiculita y un mayor tiempo estudio que permita una óptima evaluación de las plantas.

Respecto a la relación costo/beneficio obtenida, se concluye que el tratamiento Tcomp resulta ser la alternativa más adecuada para la producción de *E. globulus*, ya que permite producir plantas de buena calidad con un bajo costo comercial.

Existen posibilidades de producir con sustratos distintos a corteza de pino compostada, ya que no se producen diferencias significativas en los costos de producción a pesar de las diferencias de precio entre los sustratos.

Palabras Claves: Fibra de coco, corteza de pino compostada, vermiculita, perlita, *Eucalyptus globulus*.

1. INTRODUCCIÓN

Ante la preocupación de los viveristas por la dificultad en la adquisición del sustrato de corteza de pino compostada, usada actualmente como único medio de crecimiento para la producción de plantas a raíz cubierta, es que se realizó una investigación y análisis de otras alternativas de sustrato posibles de ser utilizadas para la producción de *Eucalyptus globulus*.

Actualmente, la mayoría de los viveros utilizan corteza de pino compostada como sustrato para la producción de diversas especies, entre las que destacan exóticas como *E. globulus*, teniendo gran importancia por sus altas tasas de crecimiento y adaptabilidad a diversas condiciones de sitio. Por este motivo es que existe una creciente preocupación de los viveristas por la disponibilidad de este sustrato en un futuro cercano, debido a la existencia de barreras sanitarias, impuestas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2003), que pretenden evitar la propagación de enfermedades en el traslado de ésta a diferentes zonas del país, como ocurre actualmente con *Fusarium circinatum*, enfermedad que representa un peligro potencial para el recurso forestal chileno. Sin embargo y en contraste con lo anteriormente mencionado, autores como Kokalis y Rodríguez (1994) y Hoitink *et al.* (1997), señalan que la corteza de pino compostada inhibe el desarrollo de hongos y organismos patógenos en las plantas debido principalmente a su alta acidez, sin embargo, en el control de enfermedades como la mencionada anteriormente resulta de gran importancia la absoluta prohibición de movilizar partidas de sustrato que resulten positivas a la presencia del hongo, debiéndose realizar la destrucción o esterilización de este mediante incineración o tratamiento térmico en la misma zona (SAG, 2006). De acuerdo a lo anteriormente señalado, es necesaria la revisión continua de otras alternativas de sustratos para la producción de plantas en vivero, donde la presencia de enfermedades no parece ser un problema.

La baja cantidad de productores de corteza de pino compostada y las limitantes anteriormente mencionadas que existen para su comercialización y traslado, impulsan la investigación de otras alternativas, dentro de las que se encuentran sustratos inorgánicos como perlita y vermiculita o alternativas poco conocidas como fibra de coco, comercialmente conocida como “coco soil”, sustrato ampliamente utilizado por la agricultura brasileña, con características exclusivas que consisten en su estructura uniforme y alta capacidad de aireación, producto de la gran cantidad de fibras extraídas durante el procesamiento industrial del coco; a esto se agrega que se trata de un producto natural completamente renovable, con bajo costo y escasa dificultad de transporte por ser comercializado en fardos prensados. En base a lo expuesto, es difícil definir un sustrato ideal para la producción, sin embargo, se debe tener en cuenta que este debe otorgar un buen desarrollo sanitario a las plantas, minimizando los organismos patógenos que puedan producir debilitamiento y estrés de éstas, además debe permitir un desarrollo óptimo de raíces, las cuales son un factor fundamental en el éxito de una plantación. “Es muy importante, que las plantas tengan raíces en todos sus planos de crecimiento y que se encuentren

fisiológicamente activas, un buen cimientto asegura en gran parte el éxito de una construcción” (Büchner, 2006).

Por otra parte, la existencia de plantas para repique juega un papel fundamental dentro la producción de un vivero, ya que permite maximizar el aprovechamiento de recursos y obtener mayor utilidad a largo plazo, pero principalmente una alta producción al menor costo posible. Una adecuada evaluación económica de costos fijos y variables, además de las ganancias asociadas a cada uno de los sustratos utilizados, permiten al viverista determinar la alternativa más rentable para su futura producción. Adicionalmente es importante considerar la magnitud del vivero, su capacidad productiva y la situación actual del mercado forestal nacional, ya que estos serán determinantes en la toma de decisiones de tipo económica y productiva.

El objetivo general de este Trabajo de Titulación es evaluar los sustratos de fibra de coco, vermiculita/corteza de pino compostada y perlita/corteza de pino compostada, en relación al sustrato tradicional de corteza de pino compostada en forma pura a través de la producción de plántulas para repique de *E. globulus* a raíz cubierta.

Los objetivos específicos son:

- Determinar la calidad de las plantas producidas en los diferentes sustratos
- Analizar la relación costo/beneficio obtenida con los sustratos utilizados

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de plantas en sustratos artificiales

El término “sustrato”, que se aplica en la producción en vivero, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular. El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada, esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita) o químicamente activos (corteza de pino). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrientes (Pastor, 2000).

Durante los últimos años, la actividad forestal se ha caracterizado por un marcado dinamismo científico y tecnológico, impulsado por la necesidad de mejorar los rendimientos y utilizar eficientemente los recursos disponibles. Unido a estos cambios tecnológicos, se ha producido en los viveros una importante sustitución del cultivo tradicional en el suelo, por el cultivo en sustratos. Las principales razones de esta sustitución han sido:

- La necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro.
- La presencia cada vez mayor de factores limitantes para los cultivos en suelo natural, particularmente salinidad, enfermedades y agotamiento del recurso (Abad,1993a).
- Requiere menor superficie de vivero.

Adicionalmente, el desarrollo de la industria y el auge de los cultivos sin suelo han generado una creciente necesidad de investigación en sustratos, que buscan satisfacer la demanda por plantas más precoces y productivas (Calderón, 2004).

El mercado actual ofrece una diversidad de estos materiales, los cuales presentan propiedades físicas, químicas y biológicas propias para un buen desarrollo de las plantas; sin embargo, aspectos como el precio, el manejo, la finalidad, la productividad y la disponibilidad de estos sustratos son factores decisivos en el éxito o fracaso en la utilización de los mismos (Calderón, 2004).

2.2 Características físicas y químicas de los sustratos en general

2.2.1 Densidad aparente

Corresponde al peso seco del sustrato por unidad de volumen, incluyendo todos los espacios ocupados por aire y materiales orgánicos (Abad, 1993b). Esta característica se utiliza para estimar la capacidad total de almacenaje del sustrato y su grado de compactación. Un sustrato con baja densidad aparente es económicamente

beneficioso, debido a que maximiza la capacidad operacional del medio de cultivo, minimizando los costos de transporte y manipulación de materiales (Ansorena, 1994; Calderón, 2005).

2.2.2 Porosidad

La porosidad de un sustrato consiste en el volumen total que no está siendo ocupado por partículas sólidas, minerales u orgánicas (Burés, 1997).

Los regímenes de agua y aire dentro de un sustrato dependen del espacio poroso del medio, sin embargo, no es suficiente que el sustrato posea una elevada porosidad total, sino que ésta se encuentre compartida entre macroporos, que se hallan ocupados por aire y microporos que alojan agua en su interior (Ansorena, 1994).

2.2.3 Aireación

Según Calderón (2005), el tipo de material utilizado como sustrato, el tamaño y continuidad de sus poros, la temperatura, profundidad, humedad y actividad microbiológica, son aspectos que deben ser considerados para comprender la dinámica de los gases dentro de un medio de cultivo, donde idealmente el intercambio gaseoso debe ser rápido. Además la utilización de contenedores de volumen reducido, produce cambios en la aireación y retención de agua, afectando el desarrollo de las plantas.

2.2.4 Retención de agua

La cantidad total de agua retenida por un sustrato en un contenedor depende de la proporción de microporos y del volumen del contenedor, sin embargo, aunque la retención de agua sea elevada, puede ser adsorbida por las partículas del sustrato, por lo que no se encontrará disponible, esto dependerá del tamaño de los poros más pequeños y de la concentración de sales en la solución acuosa. Un sustrato adecuado corresponde a aquel que tiene un 20 ó 30 % de agua fácilmente disponible (Ansorena, 1994).

Una baja retención de agua en un sustrato puede producirse por una baja porosidad total, alta proporción de macroporos o microporos, elevada concentración de sales en solución acuosa o una combinación de las situaciones anteriores (Abad, 1993b; Ansorena, 1994).

2.2.5 Granulometría

La granulometría del sustrato debe ser mediana a gruesa, con tamaños de 0,25 a 2,6 mm, que produzcan poros de 30 a 300 μm , permitiendo una buena aireación y retención de agua. También es importante que el tamaño de las partículas sea estable en el tiempo. (Aguilar, 2002).

2.2.6 Estabilidad de la materia orgánica

La descomposición de la materia orgánica en el sustrato debe ser mínima, ya que puede producir una textura más fina y una baja aireación. Dentro del contenedor, el volumen del sustrato es pequeño para el crecimiento de las raíces y cualquier reducción significativa es perjudicial para el normal desarrollo de las plantas (Pastor, 2000).

2.2.7 Relación Carbono Nitrógeno

Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno. Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un sustrato es biodegradable y por tanto disponible. Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se encuentra en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad.

El rango óptimo en los sustratos orgánicos es de 30 kg de N por 1 kg de C. Los excesos de cualquiera de los dos componentes conllevan a una situación de carencia. Si el sustrato es rico en carbono y pobre en nitrógeno, la fermentación será lenta, las temperaturas no serán altas y el carbono se perderá en forma de dióxido de carbono. Para el caso contrario, en altas concentraciones relativas de nitrógeno, éste se transformará en amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica (Ambientum, 2006).

2.2.8 pH

Corresponde a la medida de concentración de la acidez en la solución del sustrato y tiene la capacidad de controlar la disponibilidad de todos los nutrientes (Pastor, 2000).

El pH del sustrato depende de la especie que se este cultivando, la mayoría de las especies crecen bien en pH ligeramente ácido entre 6,2 a 6,8. Con valores inferiores a 5 pueden aparecer deficiencias de N, K, Ca, Mg y B. Con valores superiores a 6, se producen problemas en la disponibilidad de Fe, P, Zn, Mn y Cu (Abad, 1993b).

2.2.9 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la capacidad que tiene el sustrato de retener e intercambiar cationes a un determinado pH. La fuerza de la carga positiva varia dependiendo del catión, permitiendo que uno reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente (Agropecstar, 2006).

Sustratos con alta capacidad de intercambio podrán almacenar mayores cantidades de N, P, K, elementos necesarios para el óptimo desarrollo de las plántulas. También existe menor riesgo de exceso de estos elementos, ya que el complejo de cambio puede absorber la abundancia de estos. Con sustratos de baja capacidad de

intercambio, las fertilizaciones deben ser tempranas y frecuentes (Aguilar, 2002; Pastor, 2000).

2.3 Características de el sustrato propuesto v/s sustratos utilizados comúnmente en la producción de plantas a raíz cubierta

2.3.1 Fibra de coco

Este sustrato es procedente de Brasil y se origina a través del procesamiento industrial de 250.000 cocos al día, obtenidos desde huertos especialmente dedicados a la producción de frutos, para fines gastronómicos. La elaboración de sustrato se generó a partir de investigaciones e inversiones para el desarrollo de una política de producción agrícola e industrial, cuyo objetivo era impulsar el máximo aprovechamiento del fruto (Taveira, 2005).

El sustrato de fibra de coco se origina del desfibramiento industrial del mesocarpo de las cáscaras de coco, obteniéndose un sustrato de estructura granular homogénea, con alta porosidad total como se observa en la figura 1.

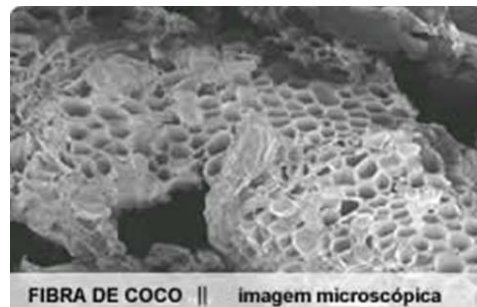


Figura 1. Imagen microscópica del sustrato de coco (Amafibra, 2007).

Además según Jasmin *et al.* (2003) y Di Benedetto *et al.* (2000), posee elevada capacidad de aireación y retención de agua, baja densidad aparente, pH entre 5 y 6 y estructura física altamente estable. Su apariencia es similar a la turba, siendo posible distinguir gran cantidad de fibras de coco en el sustrato, como se observa en la figura 2.

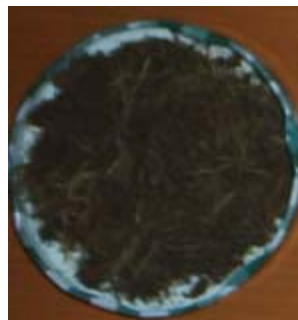


Figura2. Imagen macroscópica del sustrato de coco.

Debido a sus características, este sustrato permite una alta germinación, enraizamiento y un óptimo desarrollo de las plántulas. Por otro lado, la fibra de coco permite disminuir los costos de transporte y almacenamiento, ya que su comercialización se realiza en fardos prensados, los que al ser mezclados con agua aumentan considerablemente su volumen total (Taveira, 2005).

Según Roselló *et al.* (1999), el sustrato de coco requiere de una elevada cantidad de nitrógeno, que debe ser compensada con fertilización. Con respecto al pH, el mismo autor señala que el cultivo realizado en el sustrato presenta problemas debido a su alta acidez, pero puede ser un sustituto aceptable de la turba ya que presenta menor compactación y pérdida de volumen.

Se debe mencionar que el sustrato de fibra de coco, tiene como ventaja que no se encuentra sujeto a los riesgos derivados del proceso de compostage. Además se encuentra exento de semillas de malezas, plagas y enfermedades, ya que es sometido a altas temperaturas durante su procesamiento industrial.

Según Taveira (2005) el sustrato de fibra de coco posee características hidrófilas o de alta "remoabilidad", lo que permite una significativa reducción de la cantidad de agua requerida en el riego, obteniéndose una importante disminución en los costos de producción del vivero.

Hasta hace poco tiempo, formulaciones de sustratos basados en mezclas con corteza de pino compostada eran la única alternativa para el viverista brasileño ya que cumplía las necesidades básicas de los productores de plantas, no obstante, esta presentaba algunas dificultades por sus características hidrofóbicas y problemas fitosanitarios. Por esta razón, la fibra de coco se presenta como una promisoría alternativa de sustrato en el mercado brasileño, además de tratarse de un material ecológico y renovable, a diferencia de la mayoría de otras fuentes de sustrato (Taveira, 2005).

De las experiencias realizadas para estudiar la factibilidad de utilizar fibra de coco como sustrato o como mejorador de suelos, puro o mezclado con perlita, vermiculita u otros sustratos inorgánicos, se puede concluir que presenta buenas características físicas, químicas y además demuestra ser eficiente para la producción de plantas forestales y hortalizas (García *et al.* 2001; Rangel *et al.* 2002; Di Benedetto *et al.* 2002).

Actualmente es utilizado en forma pura por empresarios brasileños, mayoritariamente del área agrícola y en plantas ornamentales, no obstante, se ha iniciado su utilización en la viverización de plantas forestales impulsada principalmente por sus adecuadas características como sustrato y sobretodo por su bajo costo comercial (Taveira, 2005). Su comercialización se realiza en diferentes formas, diferenciados principalmente por su textura, las que corresponden a granulada, fibrosa, mixta y en chips.

El sustrato granulado es un sustrato de textura fina, utilizado principalmente para la formación de plántulas en bandejas y tubetes. Se encuentra compuesta principalmente por partículas de 0,5 a 2 mm. Está indicado para especies de hortalizas, tales como: Tomate, Pimentón, Berenjena, entre otras. También puede ser usado en la producción de plantas de cítricos, plántulas de café, especies forestales y tabaco, entre otras.

El sustrato fibroso es un sustrato de textura gruesa, elaborado a partir del mesocarpo de coco, incorporando toda la porción fibrosa del mismo. Se destina a cultivos de plantas en recipientes de mayor tamaño (vasos, bolsas, jardineras), donde puede ser utilizado puro o en mezclas con otros sustratos. Se encuentra compuesto principalmente por partículas mayores a 2 cm. Es recomendado para plantas ornamentales epífitas, tales como Bromelias, Orquídeas y Anturios.

El sustrato mixto, es de textura intermedia, combinando una porción granular y una fibrosa (50% de cada porción). Este sustrato está recomendado para el cultivo de plantas ornamentales en general, tales como Gerberas, Anturios, Begonias y Geranios.

El sustrato de chips, es de textura extremadamente gruesa. Se encuentra sólo indicado para la fase final del cultivo de plantas ornamentales epífitas, tales como Bromelias, Orquídeas y Anturios. Este sustrato produce un máximo de enraizamiento con un mínimo de retención de agua.

Respecto de experiencias exitosas realizadas en Brasil, éstas son descritas por los autores Jasmin *et al.* (2003) y Shinonara *et al.* (1999) los que indican que este sustrato posee características físicas y químicas que favorecen al cultivo, especialmente por su porosidad, alta capacidad de retención de agua y conductividad eléctrica, sin embargo, los estudios realizados por estos mismos autores sólo hacen referencia a plantas ornamentales y tomates, no siendo descrita su utilización en especies forestales. Respecto a lo anterior, la utilización de fibra de coco en especies forestales está siendo recientemente estudiada y según esto Olivo y Buduba (2006), describen un buen resultado en la producción de plantas de *Pinus ponderosa*, especialmente cuando la fibra de coco es mezclada con sustratos inorgánicos, situación en que las plantas se desarrollan en forma rápida y presentan buenas características morfológicas de diámetro a altura de cuello, altura total y biomasa. También la fibra de coco está siendo utilizada en la producción de *Pinus ayacahuite* en México, según lo indicado por INIFAP (2002), donde ha sustituido a otros sustratos, ya que indican que este permite un ahorro en los costos y mantiene la producción de plantas de calidad.

2.3.2 Corteza de pino compostada

La corteza de pino compostada, es el único sustrato utilizado actualmente en los viveros para la producción de *E. globulus* a raíz cubierta, siendo utilizada la cantidad de 3.310 m³ a nivel nacional. También en algunos casos es utilizada turba, pero en una mínima proporción.

Esta es un desecho de la industria maderera y puede ser obtenida a un bajo costo. La utilización de corteza como sustrato, ha sido extensamente estudiada, determinándose que en general da buenos resultados (Ortiz, 1997).

Toval (1983), trabajando con corteza de *Pinus radiata*, en la producción de plántulas de *Eucalyptus globulus*, determinó que ésta era incluso superior a la turba. Además, señala que sus características de porosidad favorecen el desarrollo de un sistema radicular ramificado y fibroso, el que repercute favorablemente en el desarrollo de la parte aérea de la planta.

Desde el punto de vista físico, Grez y Gerding (1995), determinaron que la corteza compostada, presenta una baja densidad aparente, alta capacidad de retención de agua y buenas propiedades en cuanto al régimen de agua y de aire. Con respecto al pH determinado en KCl, este correspondió a 6,2, concluyendo que dependiendo del tipo de sustrato y del cultivo, es necesario aplicar medidas correctivas de fertilización, en forma previa o durante su uso. En cuanto a los elementos K, Ca, Mg, Fe y Mn, se determinó que se encontraban en cantidades adecuadas. Por otro lado, Zn presenta una disponibilidad elevada, Cu y B se encuentran en niveles insuficientes. Aluminio, sin ser un elemento nutritivo, es importante debido a que en altas concentraciones es altamente reactivo a la fijación de fósforo; debido a que en la corteza se encuentra en niveles bajos, no representa un problema para la fertilización fosfatada. Esta investigación concluyó, que los niveles insuficientes de N, la relación desfavorable C/N y los bajos contenidos de P, Cu y B obligan a fertilizar la corteza en forma previa a su uso.

Los problemas que puede presentar la corteza, tienen relación con su elevada acidez, bajo contenido de nutrientes especialmente N y P, algunas propiedades fitotóxicas y posibles complicaciones por la degradación biológica (Ortiz, 1997).

Los problemas derivados de la degradación biológica, tienen relación con el bloqueo microbiológico del nitrógeno y por otra parte, con el aumento de la temperatura, debido a la acción de microorganismos estimulada por la adición de fertilizantes. Grez y Gerding (1992), concluyeron que es necesario aplicar dosis de N, para compensar su carencia y estabilizar o anular el bloqueo microbiológico.

Respecto a los aspectos sanitarios, algunos autores indican que la corteza de pino compostada reduce o inhibe el desarrollo de organismos patógenos, debido principalmente a su alta CIC y pH ácido (Hoitink *et al.*, 1997; Termorshuizen *et al.*, 2006; O' Neill y Finlay, 2006). Sin embargo, existen enfermedades que atacan en forma importante las plantas en vivero, especialmente las producidas a raíz desnuda; pero también existen problemas sanitarios en plantas cultivadas a raíz cubierta en sustrato de corteza de pino compostada, como las descritas por Escobar (1990) y Ávila (2004), entre las que se encuentra el Dumping off producido por los hongos *Phytium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Fusarium spp.* y *Rizoctonia spp.*

2.3.3 Vermiculita

La vermiculita es un mineral, silicato de aluminio-hierro-magnesio, el cual consiste en una serie de placas delgadas y paralelas, la que son sometidas a altas temperaturas lo que provoca la expansión de las partículas unas 15 o 20 veces (Bunt, 1988).

Ésta tiene numerosas propiedades como ser ligera en peso y poseer una estructura en placas, lo que genera una elevada proporción superficie/volumen y por lo tanto una alta capacidad de retención de humedad. Las placas contienen numerosos sitios para retener cationes, tanto externa como internamente, lo que produce una elevada capacidad de intercambio catiónico; tal propiedad es única para los componentes de medios de crecimiento inorgánicos, que son típicamente inertes. Bunt (1988) reporta que, aunque la vermiculita aparentemente no tiene capacidad de intercambio aniónico, ésta puede adsorber fosfato en formas disponibles. La vermiculita contiene algo de potasio y de magnesio, los cuales son lentamente liberados para ser aprovechados por la planta. El pH es variable, normalmente dentro de un intervalo neutral (Landis, 2000).

Las partículas de vermiculita son inestables estructuralmente en un medio húmedo y pueden comprimirse a través del tiempo, por esta razón debe ser mezclada con perlita, turba o corteza, que dan resistencia contra la compactación (Bunt, 1988).

Actualmente, la vermiculita es usada en los viveros mezclada con otros sustratos, generalmente orgánicos, para complementar las propiedades adecuadas requeridas en el crecimiento vegetal, que no poseen los sustratos en forma independiente. Las plantas desarrolladas en estudios recientes sobre vermiculita mezcladas con sustratos orgánicos presentan buenos resultados, siendo la combinación con turba la que alcanza el mayor tamaño en todas las variables estudiadas: diámetro de cuello, altura de tallo, peso húmedo y seco de toda la planta, peso seco de la parte aérea y radical, peso seco de la raíz principal y peso seco de las raíces secundarias. Además, se han evaluado índices para determinar la calidad de la planta, los que mostraron para los sustratos con vermiculita el mejor comportamiento (Di Benedetto *et al.*, 2002; Olivo y Buduba, 2006).

2.3.4 Perlita

La perlita es un mineral, silicato de aluminio de origen volcánico, el cual es producido con altas temperaturas, originando partículas blancas y ligeras en peso (Landis, 2000).

Ésta posee numerosas características útiles que la hacen deseable como medio de crecimiento. Una de tales propiedades es su estructura de celdas bien cerradas; el agua se adhiere sólo en la superficie de las partículas y por lo tanto el sustrato que contenga perlita tendrá buen drenaje, además de ser ligero en peso, es rígida y no se comprime con facilidad, lo cual promueve una buena porosidad. La perlita esencialmente es infértil, casi no contiene nutrientes para las plantas y tiene una CIC mínima, el pH está en un intervalo alrededor de la neutralidad. Usualmente es

agregada a componentes orgánicos, como la turba de musgo o corteza de pino, con el fin de incrementar la porosidad de aireación, lo cual es de especial importancia en contenedores de pequeño volumen utilizados en los viveros (Nelson, 1978).

Por otra parte, tiene desventajas operativas, ya que puede contener partículas muy finas, lo cual causa irritación ocular e irritaciones pulmonares a los manipuladores durante el mezclado, a menos que haya sido humedecida previamente. Debido a su estructura con celdas cerradas, la perlita tiene la tendencia de flotar en la parte superior del medio de crecimiento durante el riego; esto normalmente no representa un problema por las pequeñas porciones empleadas en los sustratos de plantas, que son producidas en contenedor. Gates (1986) reporta que las partículas de perlita tienden a aglutinarse sobre las paredes de los contenedores, lo cual puede causar daño a los cepellones cuando las plantas son extraídas.

Según Kehdi (2007), la perlita se descompone muy despacio y puede ser utilizada en grandes cantidades en cultivos tradicionales e hidropónicos con riego gota a gota. Actualmente se utiliza mezclada con turba o corteza de pino compostada, con el fin de mejorar las características del sustrato.

2.4 Caracterización general de la especie

Eucalyptus spp. es un género de árboles de la familia de las mirtáceas, en el cual existen alrededor de 700 especies, la mayoría oriundas de Australia. Entre las especies que se han introducido en Chile el *E. globulus* y *E. nitens*, utilizados principalmente en la industria de la celulosa, son las especies de mayor importancia (Rosas *et al.*, 2005).

En Chile, *E. globulus* es una de las especies forestales de mayor relevancia económica, situación que obedece principalmente a su rápido crecimiento y a su adaptabilidad. En la actualidad representa la segunda especie más plantada en el país, totalizando en conjunto con otros eucaliptos, la cantidad de 536.997 hectáreas (Instituto Forestal, 2007). Proyecciones, indican una abundante disponibilidad de la especie, con valores de producción de 2,3 millones de m³/año y 4 millones m³/año para los años 2006 y 2007 (INFOR, 2006). En todos los escenarios analizados actualmente por INFOR (2007), se muestra que las plantaciones podrán satisfacer la creciente demanda de fibra para la industria y las exportaciones, la que va en constante aumento desde el año 2006 al 2011, de 7,3 millones de m³ a 12 millones, donde *E. globulus* pasa de 4,9 a 6,7 millones de m³ y *E. nitens* de 2,4 a 5,3 millones de m³.

Eucalyptus globulus ha sido por décadas la especie con mayor valor comercial existente en Chile con una gran variedad de usos, específicamente en pisos, molduras, chapas decorativas y parquet. El destino original es madera pulpable, ya que todas las operaciones de preparación y tratamiento genético de las semillas, como el manejo forestal para aumentar la productividad de los suelos, se orientan hacia la pulpa, mercado en el que se ha posicionado como especie “prime” por las

características de su fibra (INFOR, 2007). Sin perjuicio de lo anterior, los excedentes de madera disponible y la necesidad de diversificar su uso y campo de aplicación como madera sólida ha generado desafíos importantes en el campo del aserrío, preparación, elaboración y desarrollo de productos a partir de estas especies (Rosas *et al.*, 2005).

Actualmente las proyecciones para esta especie realizadas por INFOR (2007) dan cuenta de un constante aumento en la disponibilidad de *E. globulus* hasta el año 2025 en el país, año en que existirán 9.347.231 m³ de madera disponible, a diferencia de la especie *E. nitens* la que tendrá una disponibilidad de 5.482.629 m³ desde el año 2007 hasta el 2025, en forma constante.

Eucalyptus globulus, es una especie ampliamente producida en los diversos viveros, desde la V hasta la X Región, donde la cantidad total de plantas producidas en el país es de 47.285.000, encontrándose éstas en distintas zonas de crecimiento (uno a la nueve), las que corresponden a zonas geográficas donde existen condiciones homogéneas de agua, tipo de suelo y radiación. En las zonas de la precordillera de Chillán y por la costa del río Imperial, además por el interior desde la cordillera de Mahuidanche hasta Llanquihue, son frecuentes las heladas, razón por la cual la especie *E. nitens* concentra el 85% de su superficie; en tanto *E. globulus* se distribuye de manera más uniforme a través de todas las zonas de crecimiento (INFOR, 2007).

La producción en vivero, se realiza en contenedores o speedling, con capacidad para 18 a 160 cm³ de sustrato de corteza de pino compostada, situación que favorece la poda natural de raíces. Se desarrolla sobre un amplio rango de sustratos, con buen drenaje y adecuado contenido de humedad, el cual debe ser esterilizado antes de la siembra con el fin de eliminar insectos, hongos y semillas de malezas (INFOR, 1991). El 95% de la producción total actual de *E. globulus* se realiza en sustrato de corteza de pino compostada (Centro Tecnológico de la Planta Forestal, 2007).

Se debe considerar la obtención de semillas con mejoramiento genético, originadas en huertos semilleros de alta calidad. La siembra en la zona de Valdivia, se realiza a mediados de octubre y en general se obtiene una buena germinación, sin embargo, se debe acelerar y asegurar ésta con un remojo en agua por 24 ó 48 horas.

Según Huss (1998), la temperatura adecuada para la germinación es de aproximadamente 20° C y el periodo de germinación completa puede variar entre 10 a 21 días. Es necesario proporcionar sombra parcial, especialmente durante la germinación y primeros días de vida de las plántulas.

Con respecto a la fertilización, se recomiendan fertilizantes de entrega lenta aplicados al sustrato, que incluyan los elementos N, P, K, los que pueden ser entregados como salitre potásico, superfosfato triple y sulfato de magnesio respectivamente. En la etapa de endurecimiento de las plantas, se debe disminuir la entrega de nitrógeno, para evitar la succulencia de los tejidos (Echeverría, 2004).

El riego debe efectuarse en forma constante desde la siembra hasta el periodo de cosecha, manteniendo la humedad del suelo cercana al punto de marchites permanente, sin embargo, en el periodo de endurecimiento estos son disminuidos para favorecer la lignificación de las plantas (Pinto, 1999).

Se deben considerar actividades de repique, con el fin de maximizar el crecimiento de las plantas, evitar la competencia y aprovechar el espacio disponible. Según Lebed (2002), repicar es sacar la planta del contenedor inicial y transplantarla a un nuevo contenedor, de mayor volumen, aumentando la distancia entre plantas y disminuyendo la competencia. Se lleva a cabo cuando las plántulas miden entre 5 a 7 cm. de altura.

Este método tiene numerosas ventajas entre las que se encuentran el total aprovechamiento de la capacidad potencial de germinación de la semilla, la selección de plántulas de mayor vigor e inducir a una mejor formación radicular, sin embargo, se produce una susceptibilidad al dumping-off y un mayor costo operacional (Muñoz, 1986).

La selección final de las plantas comienza a fines de mayo y debe considerar aquellas que estén libres de enfermedades y daños, tengan una sola flecha, buena lignificación, tamaño y relación tallo-raíz adecuados (Ortiz, 1997).

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Ubicación y duración del ensayo

El vivero donde se llevó a cabo el ensayo corresponde a La Quila, actualmente propiedad de Forestal Tornagaleones S.A. Éste se encuentra ubicado 22 Km. al norte de la ciudad de Valdivia, XIV Región de los Ríos, específicamente en los 39° 44' 15.69" S y 73° 09' 07.23" O.

La duración del ensayo fue de aproximadamente tres meses, siendo iniciado con la siembra el 24 de enero de 2006 y finalizado el 4 de mayo de 2006, con la extracción de las plantas desde el invernadero.

3.2 Caracterización del Material

El ensayo se realizó bajo invernadero, utilizando 24 bandejas de 286 cavidades con una capacidad total de 6.864 plantas a evaluar, todas destinadas para labores de repique. El riego se efectuó por aspersión y durante el periodo de germinación se instaló una malla "rashell" sobre el mesón para evitar el daño ocasionado por roedores, pájaros, alta intensidad lumínica y bajas temperaturas.

Los sustratos empleados en este trabajo corresponden a corteza de pino compostada y fibra de coco, ambas utilizadas en forma pura, además de perlita y vermiculita, cada uno mezclado con corteza de pino en proporción 1:1. El análisis físico – químico de estos se encuentra en el cuadro 1.

Los tratamientos que corresponden a sustratos inorgánicos o inactivos presentaron la capacidad de intercambio catiónico más baja, que corresponde a 52,5 cmol(+)/kg en el tratamiento con perlita y la CIC más alta en el tratamiento con vermiculita, siendo de 110,3 cmol(+)/kg. Con respecto a la fibra de coco y la corteza de pino compostada, estas presentan una CIC bastante similar del orden de 80 cmol(+)/kg (cuadro 1).

Cuadro 1. Capacidad de intercambio catiónico, granulometría y pH para cada tratamiento

Tratamiento	CIC (cmol(+)/kg)	granulometría (%)					pH (%)
		> 5mm	5-2 mm	2-1 mm	1-0,63 mm	<0,63 mm	
Tcoco	81,8	9,9	13,5	24,9	17,3	34,4	6,0
Tcomp	82,1	8,2	39,8	24,2	10,5	17,4	6,4
Tver	110,3	6,8	50,0	19,9	8,5	14,8	5,0
Tper	52,5	4,6	22,6	44,7	13,6	14,5	5,2

La granulometría de los tratamientos varía bastante entre ellos, siendo la fibra de coco el tratamiento con un mayor porcentaje de partículas inferiores a 0,63 mm., siendo estas a su vez las que se presentan en mayor proporción dentro del sustrato. En la corteza de pino, existen partículas en todos los rangos con porcentajes relativamente uniformes, sin embargo, el mayor porcentaje de partículas se encuentran entre 5-2 mm. Lo mismo sucede en vermiculita, donde un importante porcentaje de partículas de este rango se encuentran en un 50% del sustrato. En tanto la perlita, presenta un porcentaje importante de partículas entre 1-2 mm. y una muy baja proporción en el rango superior a 5 mm. (cuadro 1).

El pH de los sustratos fibra de coco y corteza de pino compostada es ligeramente ácido, siendo de 6,0 y 6,4 respectivamente. En tanto vermiculita y perlita, tienen pH más bien neutros de 5,0 y 5,2.

Se utilizaron semillas de *E. globulus* procedentes de Forestal Los Lagos, las cuales tuvieron tratamiento de remojo en agua fría por 48 horas.

Para la fertilización, se utilizó Lithofértil (M.R. Bayer) en el periodo de presiembr, mientras que durante el desarrollo de las plantas se aplicó Osmocote 19-6-10 (M.R. Bayer) aplicado al voleo, ambos en una dosis de 4 kg de fertilizante m³ de sustrato.

Se aplicó fungicida Captan (M.R. Anasac) y Benlate (M.R. Anasac) durante el periodo de crecimiento. La dosis empleada fue de 4 g/ 1 l. de agua. Las aplicaciones se realizaron con una bomba manual de aspersion, una vez por semana por un periodo de cuatro meses.

3.3 Metodología

3.3.1 Diseño Experimental

En el mes de enero se prepararon los sustratos y los cuatro tratamientos utilizados, cada uno con seis repeticiones. Los diferentes tratamientos se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos empleados en el ensayo.

TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN
T _{coco}	100% fibra de coco
T _{comp}	100% corteza de pino
T _{ver}	50% vermiculita – 50% corteza de pino
T _{per}	50% perlita – 50% corteza de pino

3.3.2 Esquema del ensayo

Se realizó la siembra en las 24 bandejas, distribuidas en un diseño completamente al azar en el invernadero como se muestra en cuadro 3. Cada bandeja tenía 286 cavidades (13 x 22) y un volumen de 18 cm³ por cavidad.

Cuadro 3. Esquema de distribución de bandejas sobre el mesón (24), tratamientos (4) y repeticiones (6) correspondientes.

T _{per} R ₁	T _{coco} R ₂	T _{coco} R ₁	T _{ver} R ₆	T _{ver} R ₃	T _{comp} R ₂	T _{coco} R ₃	T _{per} R ₂
T _{comp} R ₆	T _{ver} R ₄	T _{per} R ₅	T _{comp} R ₁	T _{per} R ₄	T _{per} R ₆	T _{coco} R ₆	T _{comp} R ₃
T _{comp} R ₄	T _{coco} R ₅	T _{per} R ₃	T _{ver} R ₁	T _{ver} R ₅	T _{ver} R ₂	T _{coco} R ₄	T _{comp} R ₅

T: tratamiento R: repetición

Las condiciones de temperatura mínima, máxima y humedad relativa que presentaba el invernadero fueron registradas en forma diaria, siendo éstas expresadas con un promedio semanal en la figura 3.

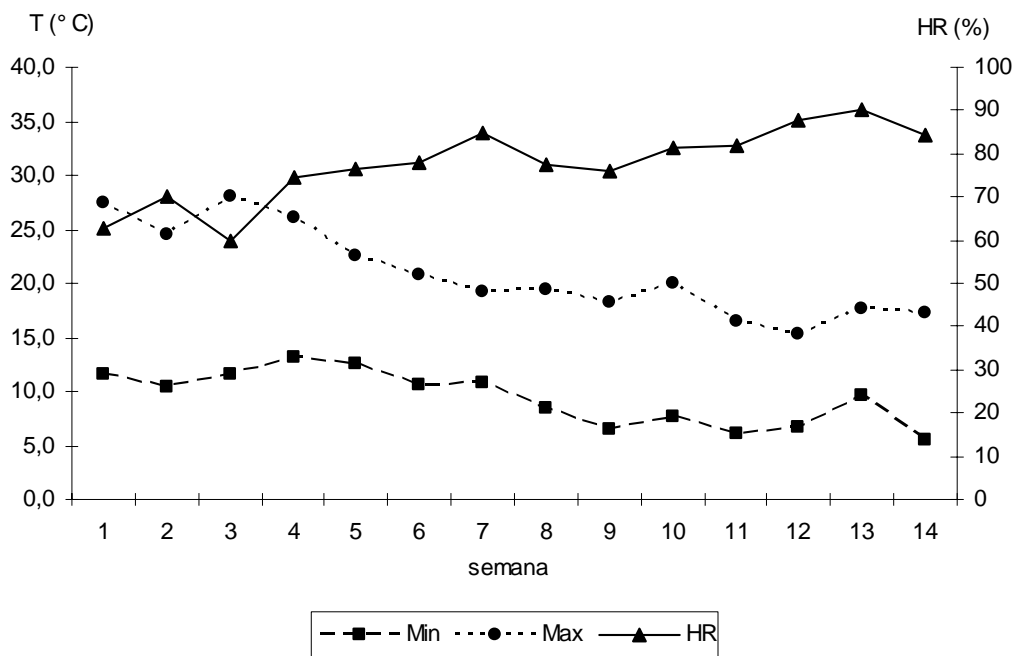


Figura 3. Registro de temperatura mínima, máxima (° C) y humedad relativa (%) en el invernadero durante el periodo de estudio.

3.3.3 Siembra, análisis de germinación y raleo

La siembra se realizó el día 24 de enero de 2006. En cada sustrato se depositaron dos a tres semillas por cavidad, para asegurar la germinación de al menos una. Dos semanas después se comenzó la cuantificación de germinación durante 15 días, en cada una de las bandejas, con el fin de realizar un análisis posterior de capacidad y energía germinativa de la semilla.

La capacidad germinativa fue determinada a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad germinativa} = G / N * 100 \quad (1)$$

donde:

G: Número de semillas germinadas durante el tiempo del ensayo

N: Número total de cavidades sembradas

La energía germinativa de la semilla se determinó con el máximo porcentaje de semillas germinadas por día durante el periodo de evaluación.

El raleo de todas las plántulas adicionales que se encontraban en el ensayo se efectuó el día 2 de marzo de 2006, donde el criterio utilizado consistió en la selección de una planta por cavidad, la cual correspondía a la de mayor calidad, siendo seleccionada la de mayor altura, con buen estado de los cotiledones y ubicada al centro de ésta.

3.3.4 Evaluación de las plantas

- Medición de altura total

El día 9 de marzo de 2006, se dio comienzo a las mediciones de altura total de las plántulas (cm.), las que se realizaron cada dos semanas hasta el día 4 de mayo de 2006, con un total de cinco mediciones. Para cada medición se utilizaron 10 plántulas por bandeja, ubicadas en forma sistemática al centro de cada una de ellas, como muestra la figura 4, siendo medidas con una regla desde la base del cuello hasta la punta del ápice. En cada oportunidad se midieron 60 plantas por tratamiento, sumando un total de 240 plantas.

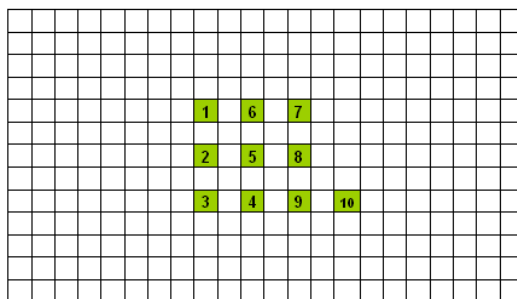


Figura 4. Bandeja de 286 cavidades, con 10 plántulas centrales utilizadas en medición de altura (cm.).

La variable diámetro a la altura del cuello (DAC) no fue considerada en este estudio, ya que las plantas se destinaron a actividades de repique, teniendo un DAC muy pequeño no factible ser medido, siendo la variable altura total de gran importancia, ya que de acuerdo a ésta la planta logrará incorporarse al cultivo masivo, una vez que sea repicada a un nuevo contenedor. La duración del ensayo no fue más extensa, debido a que al ser plantas para repique fueron producidas en un contenedor de poca capacidad (18 cm^3), siendo importante su extracción de este para continuar su desarrollo, ya que de lo contrario se produce un estancamiento en el crecimiento.

- Extracción de las plantas

Posterior a la última medición de altura, el día 10 de mayo de 2006 se realizó la extracción de las mismas plantas utilizadas anteriormente (240), previa identificación de cada una. Estas fueron retiradas cuidadosamente de sus contenedores para continuar el análisis.

- Evaluación del cepellón

Al momento de la extracción de las plantas se evaluó la retención de cepellón (sustrato) en cada una de ellas, esto en términos porcentuales, como se encuentra indicado en la figura 5.

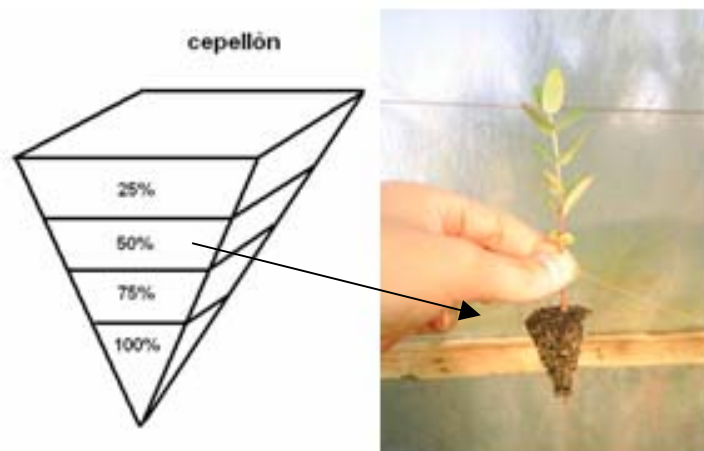


Figura 5. Evaluación del cepellón retenido en las plantas al momento de la cosecha en términos porcentuales.

- Medición de biomasa

La medición de peso seco fue realizada en las mismas 240 plantas con las cuales se realizaron las mediciones de altura y retención de cepellón. Esto se efectuó después del lavado de las plántulas en laboratorio y posteriormente se procedió al secado de éstas en estufa a una temperatura constante de 70° C por 48 horas, hasta obtener un peso constante. El peso seco de las plantas se obtuvo del tallo (incluido los cotiledones) y la raíz en forma separada, cortando esta última a la altura del cuello,

para posteriormente pesar ambas partes de la planta en forma independiente en una balanza electrónica ajustada a la milésima. El peso total de la planta se obtuvo con la suma de los valores antes mencionados (peso tallo y peso raíz).

3.3.5 Caracterización físico – química de los sustratos utilizados

Para corroborar los antecedentes físico – químicos de los sustratos obtenidos desde la revisión bibliográfica efectuada, se realizó un análisis de estos en el Instituto de Nutrición y Suelos Forestales de la Universidad Austral de Chile, con el fin determinar la granulometría, capacidad de intercambio catiónico y pH de cada tratamiento. La granulometría se determinó a través del paso de cada sustrato por tamices de distintos grosores, en el caso de la CIC ésta fue determinada por filtración a través de la saturación de los sustratos con NaAc pH 8,2 y el pH fue determinado en KCl.

3.3.6 Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos cuantitativos se procedió a realizar un análisis de estadísticos descriptivos y de normalidad de los datos para conocer la distribución de las variables altura total y peso seco de las plantas al momento de la cosecha. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completamente al azar, con un nivel de confianza de 95 %, con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos para estas variables. Debido a que el análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas entre los tratamientos empleados, se realizó un análisis de comparación múltiple (Test de Tuckey). El paquete estadístico utilizado para el análisis correspondió al programa SPSS versión 11.0.

3.3.7 Relación costo/beneficio obtenida

Para el análisis costo/beneficio obtenido con la utilización de los diferentes sustratos en la producción de plantas para repique de *E. globulus*, se realizó un análisis de costos, que incluyó variables de producción del vivero y variables del mercado actual de plantas a nivel nacional, como se encuentra indicado en la figura 6.

Para esto se consideró la producción 1 millón de plantas de *E. globulus* y los valores empleados para el cálculo de costos fijos y variables corresponden a los precios actuales de mercado expresados en pesos (\$). Todos los valores entregados corresponden a precios sin IVA.

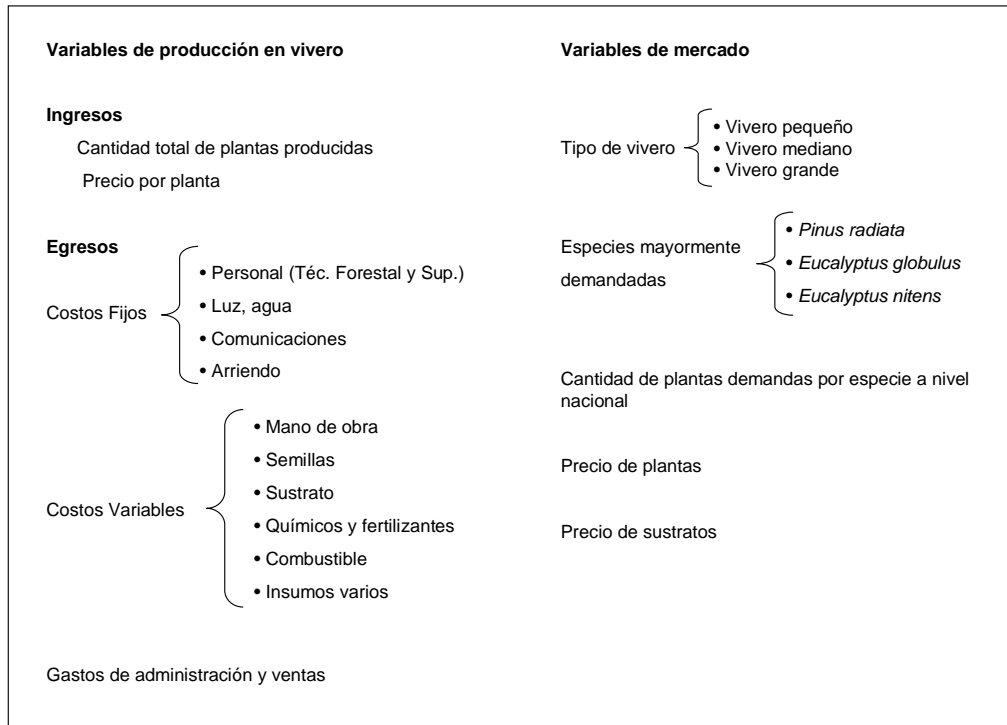


Figura 6. Variables de producción del vivero y del mercado actual de plantas consideradas para análisis de relación costo/beneficio.

Adicionalmente y considerando que el valor comercial de cada sustrato por m³ produjo un cambio en los costos variables del vivero, se presentan los valores de cada sustrato y de los tratamientos propuestos. Además se realizó un análisis costo/beneficio que incluyó el precio de tratamientos v/s la calidad de plantas obtenidas en cada uno, siendo consideradas para esto las variables altura total y biomasa de las plantas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Capacidad y energía germinativa

La germinación de las primeras semillas fue después de siete días desde la siembra, en los tratamientos Tcoco, Tcomp y Tver (figura 7a, 7b, 7c). Esta se produjo más rápido en Tper, después de seis días desde la siembra (figura 7d).

La capacidad germinativa de la semilla correspondió a 83,1, 84,8, 93,5 y 82,3% y la energía germinativa fue de 16,4, 27,2, 30,3 y 25,5% para los tratamientos Tcoco, Tcomp, Tver y Tper respectivamente.

En general, la máxima cantidad de semillas germinadas se produjo el día 11 en la mayoría de los tratamientos, exceptuando el tratamiento Tcoco, donde el máximo de semillas germinadas se produjo el día 8 (figura 7a). Con respecto a la totalidad de semillas germinadas durante el periodo de evaluación, la mayor cantidad total se obtuvo en Tver con 267 semillas. Los tratamientos Tcoco, Tcomp y Tper, obtuvieron un total de 238, 243 y 235 semillas respectivamente.

La germinación concluyó el día 18 en la mayoría de los tratamientos, excepto en Tcomp, donde la última semilla germinada se observó el día 17 (figura 7c).

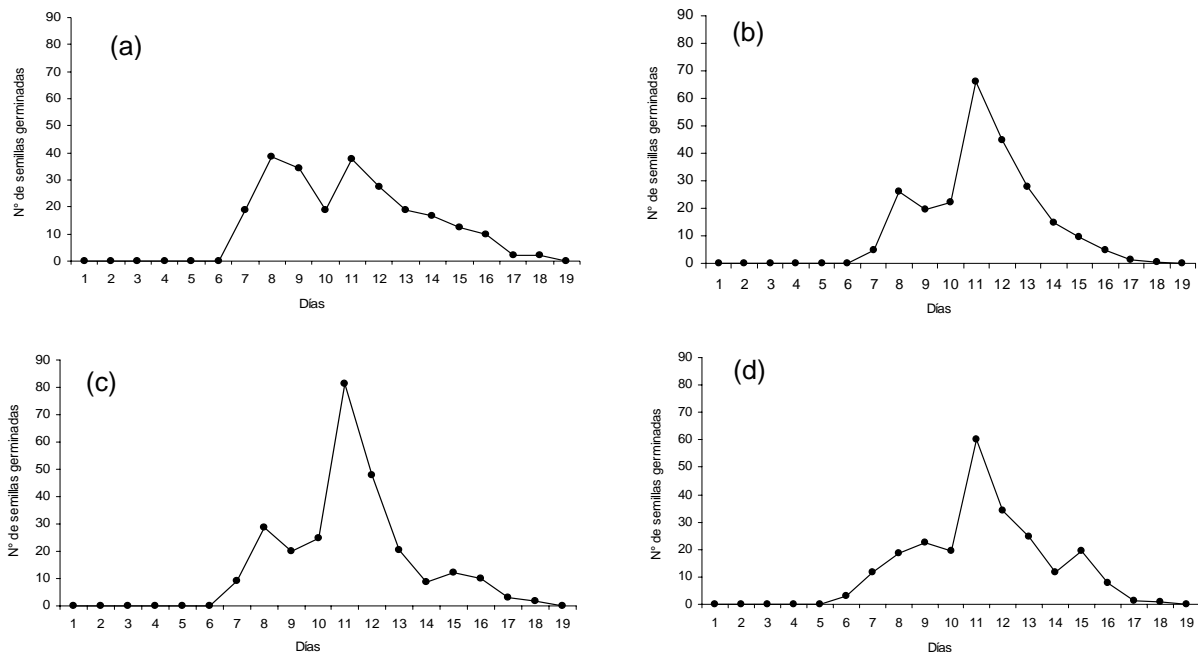


Figura 7. Nivel de germinación de las plantas de *E. globulus*, durante 19 días desde la fecha de siembra en los distintos sustratos, donde a) Tcoco, b) Tcomp, c) Tver y d) Tper.

Dado que las condiciones básicas para la germinación según Cárcamo (1998) son principalmente agua, luz y disponibilidad de oxígeno, es que probablemente Tper tuvo una germinación más rápida, debido a que este tratamiento cuenta con una gran cantidad de macroporos superiores a 1 mm., razón por la cual es posible que exista una gran cantidad de aire y oxígeno disponible, lo que permitió una reacción más rápida de la semilla y por ende, una germinación anticipada con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo lo anterior, este tratamiento obtuvo la menor cantidad de semillas germinadas, posiblemente debido la poca capacidad de retención de agua en el sustrato, producto de la poca disponibilidad de poros medios que cumplan con esta función.

La mayor cantidad de semillas germinadas se obtuvo en Tver, como señala Olivo y Buduba (2006), siendo también este tratamiento el que tuvo la mayor capacidad y energía germinativa, esto debido posiblemente a la mayor aireación y oxigenación de la semilla, producto de una mayor cantidad de macroporos de entre 5 a 2 mm. y de la óptima retención de humedad.

La germinación en los distintos tratamientos tuvo un comportamiento similar, produciéndose el pick de emergencia el día 11 en la mayoría de ellos, excepto en Tcoco, donde el máximo de semillas germinadas se obtuvo el día ocho, probablemente debido a la mayor humedad en el sustrato producto de sus características de alta retención de agua entre su estructura fibrosa, según lo indicado por Taveira (2005). Cabe mencionar además, que durante los primeros cuatro días del periodo evaluado, Tcoco presentó una germinación inicial bastante superior a los demás tratamientos, probablemente por la misma razón antes mencionada, sin embargo, la germinación total obtenida al final del periodo evaluado fue inferior que en Tver y Tcomp, debido posiblemente a una inadecuada disponibilidad de aire y por ende baja oxigenación de la semilla, producto de la gran cantidad de microporos presentes en el sustrato, según lo entregado en el análisis de físico – químico de sustratos efectuado en laboratorio.

4.2 Evaluación de la altura, biomasa y cepellón en función de los sustratos utilizados

4.2.1 Crecimiento en altura de las plantas

La altura total de las plantas (figura 8) de los tratamientos Tcoco y Tver presentaron diferencias altamente significativas durante todo el periodo de evaluación ($P= 0,000$), mientras que los tratamientos Tcomp y Tper no tuvieron diferencias significativas ($P= 0,947$) (ver anexo 2).

El tratamiento que presentó un mayor desarrollo en altura de las plantas corresponde a Tver, siendo éste superior en todas las mediciones desde la fecha de siembra (figura 8). En la última medición realizada (4 de mayo), la altura media de las plantas fue de 10,8 cm.

Los tratamientos Tcomp y Tper tuvieron un desarrollo similar en altura durante todo el periodo de medición, siendo éste último levemente superior, concluyendo con 9,2 y 9,4 cm. respectivamente.

En el caso de Tcoco, se presentó un menor desarrollo en altura de las plantas en forma constante durante todo el periodo de evaluación, siendo significativamente inferior. En la última medición realizada, las plantas presentaron una altura media de 6,4 cm.

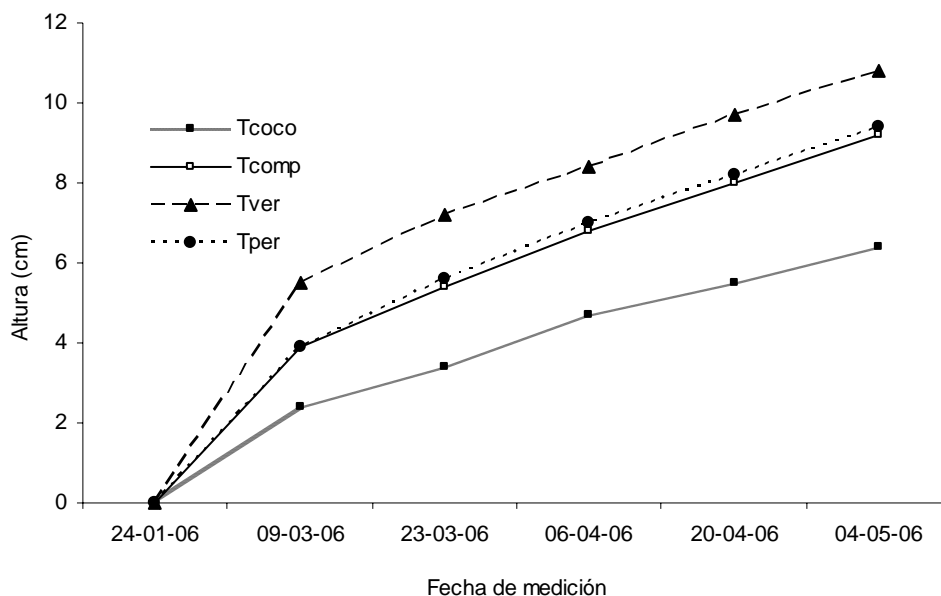


Figura 8. Altura media de *E. globulus* (cm.) a través del tiempo en los distintos sustratos, n= 60 plantas por tratamiento.

4.2.2 Biomasa de las plantas

La distribución de peso aéreo y radicular fue diferente en todos los tratamientos (figura 9), existiendo diferencias altamente significativas para la biomasa aérea, radicular y total, según el análisis de varianza realizado ($P=0,000$). El tratamiento Tver presentó la mayor cantidad de biomasa aérea, radicular y total, mientras que Tcoco corresponde al tratamiento con menor biomasa en sus componentes y por lo tanto, con menor biomasa total (cuadro 4).

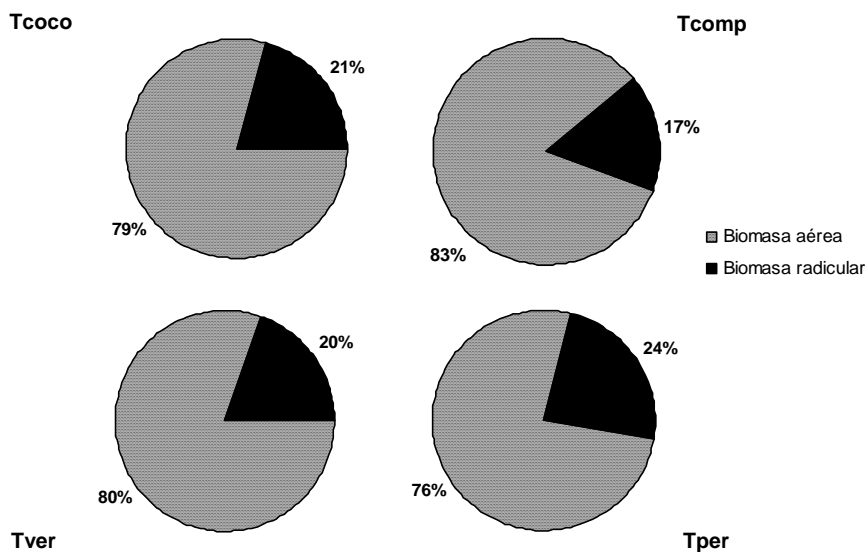


Figura 9. Distribución de biomasa aérea y radicular de *E. globulus* en los distintos sustratos.

Cuadro 4. Estadística descriptiva para la variable biomasa (g) por componente y total.

Peso seco (g)	Tratamiento	Mínimo	Media	Máximo	Coefficiente de variación (%)
Aéreo	Tcoco	0,016	0,04	0,097	39,9
	Tcomp	0,038	0,11	0,221	36,6
	Tver	0,019	0,21	0,609	64,7
	Tper	0,019	0,11	0,217	49,7
Radicular	Tcoco	0,004	0,01	0,021	40,9
	Tcomp	0,006	0,02	0,063	45,6
	Tver	0,002	0,05	0,146	70,3
	Tper	0,003	0,04	0,113	66,9
Total	Tcoco	0,021	0,05	0,113	147,7
	Tcomp	0,049	0,16	1,141	106,5
	Tver	0,021	0,26	0,706	61,9
	Tper	0,022	0,15	0,314	48

Según el test de comparaciones múltiples (test de Tuckey), los tratamientos Tcoco y Tver tuvieron diferencias altamente significativas para las variables altura total, biomasa aérea y biomasa total, sin embargo, la biomasa radicular no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, excepto al comparar Tcoco y Tver ($P= 0,009$). Los tratamientos Tcomp y Tper, no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables antes mencionadas (ver anexo 2).

El tratamiento Tver tuvo un mayor desarrollo en altura total, biomasa aérea, biomasa radicular y biomasa total (cuadro 4), tal como lo indican los autores Olivo y Buduba (2006), los que afirman que los sustratos orgánicos mezclados con vermiculita desarrollan mejores plantas, tanto en altura como en biomasa; esto debido a las óptimas condiciones otorgadas por el sustrato para el rápido desarrollo de éstas, entre las que se encuentra su adecuada distribución de poros lo que se traduce en una alta capacidad de retención de humedad, buena aireación y oxigenación de las raíces, necesarios para el buen desarrollo de las plantas. Además, su alta CIC (110,3 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$) permite una buena condición nutritiva del cultivo y la posibilidad que de que este sustrato posea los elementos potasio y magnesio, los que pueden ser lentamente liberados y aprovechados por la planta, según lo indicado por Landis (2000).

En el caso del tratamiento Tper, éste produjo un buen desarrollo en altura y biomasa de las plantas, siendo inferior que en Tver. Éste tratamiento presenta buenas condiciones físicas para el normal desarrollo de las plantas, presentando un buen drenaje y equilibrio de poros al ser mezclado con sustratos orgánicos, según lo indicado por Nelson (1978), situación que permite deducir un adecuado régimen de aireación y humedad, sin embargo, el menor desarrollo alcanzado por las plantas probablemente se deba a su baja CIC (52,5 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$), situación que se traduce en una menor cantidad de nutrientes disponibles, no siendo suficiente la fertilización utilizada en este ensayo.

A pesar de ser Tcomp, el tratamiento más utilizado actualmente por la totalidad de los viveros para la producción de plantas, este tuvo resultados menos favorables en contraste con lo indicado por Toval (1983), el que aduce que la corteza de pino compostada resulta ser superior a numerosos sustratos por sus características de porosidad, no siendo esto reflejado en éste ensayo, ya que las plantas producidas tuvieron una menor altura, biomasa aérea, biomasa radicular y biomasa total (cuadro 4), en comparación con Tver. De acuerdo a esto y considerando que la corteza de pino compostada resulta según lo mencionado por los autores Grez y Gerding (1995), un buen sustrato para el desarrollo de plantas producto de su adecuado régimen de agua y aire, ésta a su vez presenta ciertos inconvenientes, también descritos por estos autores, los que se refieren principalmente a sus bajos niveles de los elementos N, P, Cu y B y a su elevada acidez ($\text{pH } 6,4$), sin embargo, la fertilización aplicada cumple la función de corregir estas deficiencias, permitiendo un buen desarrollo de las plantas.

Respecto del tratamiento propuesto en este ensayo, correspondiente a Tcoco, se puede mencionar que este produjo un crecimiento en altura y biomasa inferior que

los demás tratamientos utilizados, lo que no coincide con lo mencionado por Olivo y Buduba (2006), los que describen un buen desarrollo de las plantas en este sustrato, sin embargo, estos mismos autores señalan que esto se obtiene cuando la fibra de coco es mezclada con otros sustratos inorgánicos, situación que no se realizó en éste ensayo y que puede explicar las diferencias, además, la especie cultivada no fue *E. Globulus* si no que *Pinus patula*, siendo especies que no tienen los mismos requerimientos fisiológicos. Los resultados poco favorables pueden explicarse analizando la inadecuada porosidad total, entregada por el análisis físico – químico, el que muestra una excesiva cantidad de poros finos, situación que afecta directamente al régimen de agua y aire del sustrato, condición que no resulta coincidente con lo mencionado por Jasmin *et al.* (2006) quién destaca un adecuado equilibrio de poros. A esto se agrega que este tratamiento cuenta con una CIC de 82,1 cmol(+)/kg. y un pH 6,0, lo que puede afectar directamente el régimen nutritivo del cultivo. Según lo anterior, es posible que este tratamiento no se adecue a las necesidades requeridas por las plantas de *E. globulus*, siendo ineficiente para la producción de esta especie, situación que podría revertirse según lo indicado por Roselló (1999), con la aplicación de fertilización correctiva en grandes cantidades, no siendo el caso de este ensayo donde la fertilización aplicada corresponde a la usada normalmente en el cultivo de *E. globulus*, o por la incorporación de algún sustrato inorgánico que mejore las características del sustrato.

Es relevante indicar que la variable diámetro a la altura del cuello (DAC) no fue medida en este ensayo, ya que las plantas producidas eran para repique y homogenización de bandejas y no tenían un DAC factible de ser medido, ni siquiera al momento de ser cosechadas, además, esta variable no es de importancia para estos efectos, donde la altura total tiene mayor relevancia en el establecimiento de la planta en su nuevo contenedor al momento de ser repicada.

Respecto al análisis de estadísticos descriptivos de las variables altura total y biomasa total, el tratamiento Tver presentó el mayor coeficiente de variación (figura 10), el que corresponde a un 18,4% y a un 61,9% respectivamente. Posteriormente se encuentra Tper, con un coeficiente de variación de 14,1% y 48%, para las variables antes mencionadas (ver anexo 2 y cuadro 4).

La diferencia del crecimiento en altura que existe entre las plantas con mayor y menor desarrollo es de 4,4 cm. y estas corresponden a los tratamientos Tcoco y Tver, donde se presentan valores mínimos y máximos extremos, como se observa en la figura 10. Es posible observar en esta misma figura que las plantas producidas en Tver superan ampliamente a las producidas en los demás tratamientos, situación que concuerda con lo indicado por Di Benedetto *et al.* (2002) y Olivo y Buduba (2006), sin embargo, en los ensayos realizados por estos autores se utilizan otras especies, no existiendo experiencias con *E. globulus*.

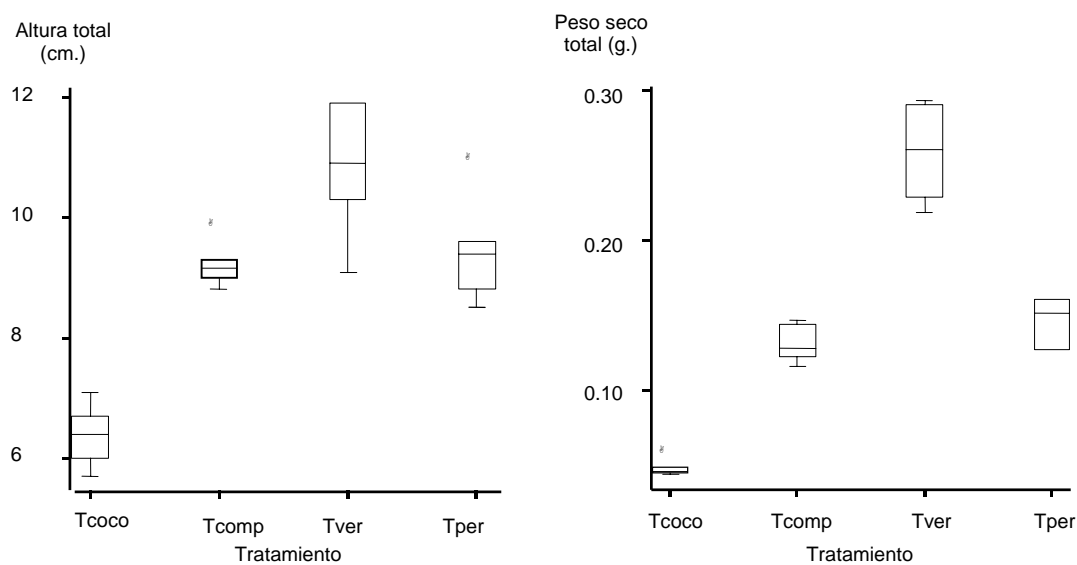


Figura 10. Altura total (cm.) y biomasa total (g) obtenida en los distintos tratamientos.

Cabe mencionar que los requerimientos del viverista están enfocados a una mayor homogeneidad entre las plantas producidas y según esto, la selección del sustrato a utilizar puede no orientarse a la producción de plantas con mayor crecimiento sino que en la producción de plantas levemente inferiores, pero con una mayor homogeneidad entre ellas. Según esto los tratamientos Tcomp y Tper se encuentran dentro de los parámetros requeridos, ya que a pesar de haber producido plantas con un desarrollo inferior que Tver, estas tienen una mayor homogeneidad entre ellas. Respecto a lo anterior, se debe agregar que el desarrollo inicial de las plantas es generalmente es muy heterogéneo, situación que se normaliza a medida que transcurre el tiempo de crecimiento en vivero, sin embargo esto, se debe explicar que este ensayo no fue realizado por un periodo de tiempo mayor, ya que como se indicó anteriormente las plantas producidas eran para repique y por lo tanto fueron originadas en contenedores de poca capacidad, no siendo factible conservarlas por un periodo mayor en estos, ya que debido al poco espacio disponible sufrirían un estancamiento en su desarrollo normal.

Es posible que las condiciones climáticas del periodo otoñal, especialmente las bajas temperaturas (figura 3), hayan disminuido el crecimiento de las plantas, siendo necesario quizás haber continuado la evaluación de éstas una vez repicadas, con el fin de observar su desarrollo en el periodo de mayor crecimiento vegetativo.

4.2.3 Retención de cepellón

Los sustratos de origen orgánico o también llamados sustratos activos, que corresponden a los tratamientos Tcoco y Tcomp, tienen una mayor retención de cepellón al momento de ser retirados del contenedor.

Tcomp presenta la mayor cantidad de plantas con 100% de retención de cepellón, con 32 plantas que representan un 53,33% del total de plantas cosechadas. Para el 75, 50, 25 y 0% de retención, se presentaron 16, 8, 4 y 0 plantas respectivamente (anexo 3).

En el caso del tratamiento Tcoco, se observa una alta retención de 100% del cepellón con 28 plantas en esta categoría las que representan un 46,67% del total de las plantas cosechadas (figura 11). Para el 75, 50, 25 y 0% de retención de cepellón al momento de la cosecha, se presentaron 20, 7, 5 y 0 plantas respectivamente (anexo 3).

Los tratamientos Tver y Tper presentaron en general, una menor retención del cepellón al momento de la cosecha. En el caso de Tver, éste presentó sólo un 33,3% de plantas con 100% de retención de cepellón, siendo Tper aún inferior solo con un 25% (figura 11). En ambos tratamientos, las plantas se distribuyeron en todos los porcentajes de retención de cepellón, incluso existiendo plantas sin retención (0%) al momento de ser retiradas del contenedor, esto en ambos tratamientos donde se presenta un 5% y un 11,6% de plantas sin cepellón al momento de ser cosechadas (figura 11).

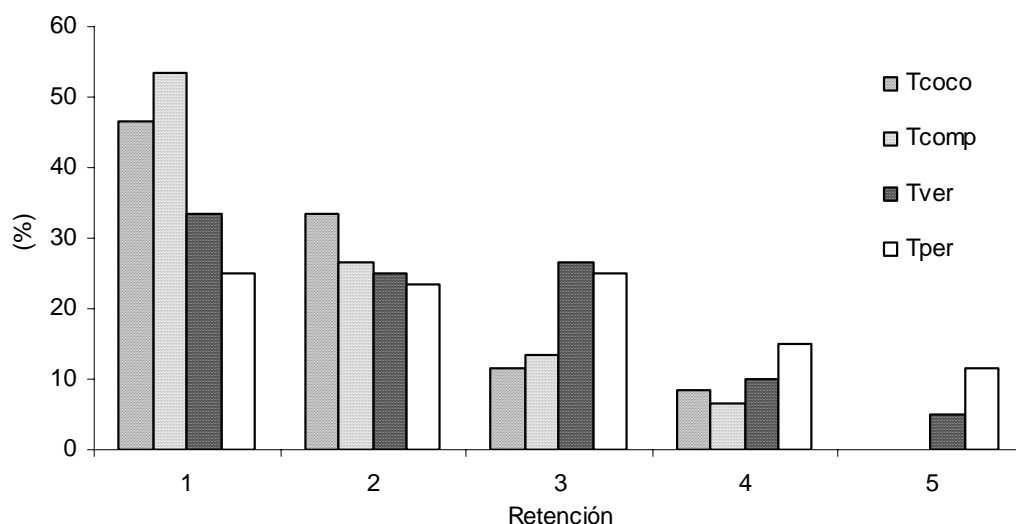


Figura 11. Retención del cepellón en plantas de *E. globulus* al momento de la cosecha en los distintos sustratos, donde 1) 100% de retención, 2) 75%, 3) 50%, 4) 25% y 5) 0.

Se sabe, que la retención del cepellón al momento de la cosecha de las plantas en vivero es de gran importancia, ya que disminuye en forma importante el estrés post-plantación al momento de ser establecida en terreno y permite o asegura además una mayor sobrevivencia en terreno durante el primer y segundo año. Lo mismo ocurre al ser realizada la actividad de repique o trasplante de la planta a un contenedor de mayor tamaño, por lo tanto, mientras más cepellón retenga la planta al ser retirada de su contenedor inicial, se asegura entonces un mayor éxito debido a la disminución del estrés de trasplante, producto de la conservación del medio original en que la planta se ha desarrollado. Ésta retención también depende del porcentaje de humedad que tenga el sustrato al momento en que la planta es retirada del contenedor, ya que las partículas del sustrato se encontrarán mayor o menor cohesionadas entre ellas. Respecto a esto, se puede decir que el sustrato de todas las plantas de este ensayo se encontraba con una gran cantidad de humedad al ser retiradas de su contenedor, producto del riego efectuado a primera hora de la mañana y de acuerdo también al registro de humedad relativa del invernadero, el que correspondió a un 84,5%.

Según lo anteriormente dicho, se puede mencionar que las plantas producidas en los distintos tratamientos de este ensayo, tuvieron un comportamiento que difería bastante entre ellos, con respecto a la variable antes mencionada. En el caso del tratamiento Tver, se produjo una baja retención del cepellón en la planta al momento de ser retirada del contenedor inicial, siendo totalmente retenido solo un 33% de las plantas y existiendo incluso un 5% de plantas sin retención de éste, no asegurando y disminuyendo en forma significativa la probabilidad de que las plantas producidas en este tratamiento se adapten y establezcan en forma adecuada en su nuevo contenedor. Lo mismo ocurre en Tper, en forma más severa, ya que solo un 25% de las plantas lograron conservar la totalidad del cepellón y un 11% de ellas se cosechan a raíz desnuda, situación que puede afectar seriamente el normal establecimiento de la planta, pudiendo incluso morir después de ser repicada.

Respecto a los tratamientos Tcoco y Tcomp, ambos retienen la totalidad o parte importante del cepellón, no presentándose plantas a raíz desnuda al momento de ser cosechadas, situación que asegura en cierta medida la reducción del estrés de trasplante y por ende el establecimiento en el nuevo contenedor. Lo anteriormente señalado, es de gran importancia al momento de operacionalizar las actividades en vivero, ya que asegura el éxito de la cosecha final, la maximización de insumos y la reducción del riesgo por pérdida de plantas.

En general, las plantas producidas en este ensayo presentaron condiciones de buena calidad, considerando que éstas se destinaron a actividades de repique y homogenización de bandejas en los distintos sembraderos, por lo tanto y debido a que para estos efectos solo se requiere una planta con altura apropiada al momento de ser repicada y así ésta logre establecerse en su nuevo contenedor, es que puede decirse que la totalidad de las plantas producidas en este ensayo cuentan con las condiciones como para ser utilizadas por el vivero, siendo la única ventaja que con tratamientos como Tver, Tper y Tcomp se obtienen plantas en un tiempo inferior a

diferencia de Tcoco, donde se requiere de un mayor tiempo de producción o de la aplicación de gran cantidad de fertilizantes.

4.3 Relación costo/beneficio obtenida con los diferentes sustratos

Los ingresos totales y los costos fijos calculados para cada sustrato, no tuvieron variaciones y éstos corresponden a \$44.650.000 y \$8.250.000 respectivamente (cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de costos en la producción de *E. globulus*, que considera los ingresos totales, costos fijos y variables (\$).

Determinación de los ingresos totales

Total Producción de Plantas (unid)	1.000.000
Factor rendimiento de plantas finales	0,95
Total Producción (unid,)	950.000
Precio base venta producto (\$/planta)	47
Venta anual	44.650.000

Determinación costo fijo de producción

Personal	
- Técnico Forestal	3.600.000
- Supervisor de Producción	2.500.000
Otros	
Luz-Agua-gas	400.000
Comunicaciones	500.000
Materiales de oficina	250.000
Arriendo oficinas	1.000.000
Total	8.250.000

Determinación del costo variable de producción

Mano de obra	17.600.000
Sustrato (70 m3)	(2.807.000*)
Semillas	1.093.750
Químicos y Fertilizantes	3.500.000
Combustibles	3.000.000
Ropa de trabajo	450.000
Insumos varios	1.000.000
Total	29.450.750

* calculado con valor de la fibra de coco

Los costos variables fueron distintos, dependiendo del sustrato que fue utilizado para la producción, lo que se encuentra representado en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de costos para cada sustrato que considera los ingresos totales, costos fijos, variables, costo por planta (\$) y margen de venta (%).

Tratamiento	Tcoco	Tcomp	Tver	Tper
Ingreso total (\$)	44.650.000	44.650.000	44.650.000	44.650.000
Costo fijo (\$)	8.250.000	8.250.000	8.250.000	8.250.000
Costo variable (\$)	29.450.750	27.728.750	29.104.810	28.053.830
Costo total (fijo + variable)	37.700.750	35.978.750	37.354.810	36.303.830
Ganancia (\$)	6.949.250	8.671.250	7.295.190	8.346.170
Costo por planta (\$)	40	38	39	38
Margen (%)	15	19	17	19

Los costos de los sustratos corresponden al precio actual en el mercado, incluyendo el costo de transporte. Los valores de los tratamientos fueron calculados en base a la participación de cada sustrato en el tratamiento correspondiente.

Respecto a la evaluación de costos representados en los cuadros 5 y 6 se desprenden varios puntos de importancia necesarios de discutir. En primer lugar se debe considerar que dependiendo de la magnitud del vivero dependerá el costo de producción de una planta, producto de lo que se conoce como economía de escala, concepto que explica que al incrementar la producción, se reducen los costos del proceso en general. En este caso, mientras mayor sea el tamaño del vivero, se incrementará la cantidad de plantas producidas en él y menor será entonces el costo total de éstas. Lo señalado se produce por la mayor capacidad que tiene un vivero de gran magnitud de influir en los precios de mercado de los insumos que utiliza, ya que puede realizar una mayor negociación de precios con sus proveedores, por las grandes cantidades de insumos que son adquiridos.

De los valores obtenidos en la producción con la utilización de los distintos sustratos (cuadro 6), es importante destacar que el costo total por planta en los distintos tratamientos fluctúan entre \$40 para las plantas de Tcoco, \$39 para las plantas producidas en Tver y \$38 por planta en los tratamientos Tcomp y Tper, no existiendo grandes diferencias en los distintos sustratos empleados en este ensayo.

Producto de lo anterior, el margen de venta obtenido es mayor en los tratamientos Tcomp y Tper, donde corresponde a un 19% para ambos. Los tratamientos Tcoco y Tver tuvieron márgenes menores de un 15 y un 17% respectivamente. Respecto a esto se debe señalar, que todos los sustratos del ensayo presentan márgenes de venta aceptables, todos mayores a un 15%, los que probablemente aumentarían si el vivero incrementara la cantidad de plantas a producir.

A pesar que los sustratos utilizados tienen grandes diferencias de precios entre ellos especialmente la fibra de coco v/s la corteza de pino compostada (cuadro 7), esto no se representa en forma importante dentro del costo unitario de las plantas, donde la diferencia es de sólo \$ 2.

Cuadro 7. Costo unitario (\$) de los sustratos y de los tratamientos propuestos.

Sustrato (m3)	Costo Unitario (\$)	Tratamiento	Costo Unitario (\$)
Fibra de Coco	64.167*	Tcoco	40.104**
Corteza de Pino	15.500	Tcomp	15.500
Vermiculita	54.815	Tver	35.158
Perlita	24.788	Tper	20.144

* Costo calculado en base a fardo prensado de 150 kg.

** Costo calculado en base a fardo expandido a 240 kg.

Finalmente cabe destacar que la fibra de coco no tiene una disponibilidad inmediata en el mercado nacional y en caso de que el viverista decida implementar su uso en la producción de plantas, debe considerar la importación de este sustrato desde Brasil. El precio entregado en el cuadro 7, considera una adquisición mínima de cinco fardos de sustrato y corresponde al precio puesto en Valdivia, valor que disminuye en caso de requerir una cantidad mayor de fardos de “coco soil”, sin embargo y a pesar de esto, este sustrato no logrará igualar su precio al de corteza de pino compostada.

Cuadro 8. Costo unitario de los tratamientos v/s beneficios obtenidos, donde ****: Muy Bueno, ***: Bueno, **: Suficiente y *: Malo

Tratamiento	Costo (\$)	Beneficios Obtenidos					
		Altura	Biomasa	Retención Cepellón	Reg. Agua	Reg. Aire	Reg. Elem. Nutritivos
Tcoco	40.104	*	*	***	**	**	**
Tcomp	15.500	***	**	****	***	***	**
Tver	35.158	****	***	**	****	***	***
Tper	20.144	***	**	*	***	***	**

De acuerdo al costo de cada uno de los tratamientos y a los beneficios obtenidos en función de la morfología de las plantas, condiciones del medio de crecimiento, tiempo de producción de éstas y los insumos invertidos, es posible evaluar la conveniencia de producción en cada uno de los sustratos. Respecto a lo anteriormente mencionado y de acuerdo al cuadro 8, es posible concluir fácilmente que el tratamiento Tcoco resulta poco conveniente para la producción, ya que tiene un

elevado costo comercial y escasos beneficios en el desarrollo de las plantas, especialmente en altura y biomasa, características bastante importantes en éstas al momento de la cosecha. Analizando los tratamientos Tcomp y Tver, se puede inferir que a pesar de que Tcomp presenta beneficios inferiores que Tver, desde el punto de vista de la morfología de las plantas, éste resulta ser económicamente más conveniente para la producción, ya que su valor comercial corresponde aproximadamente a un 50 % menos que el valor de Tver, no siendo determinantes las diferencias en beneficios obtenidos por las plantas. En base a la utilización de Tcomp para la producción, es posible evaluar la aplicación de una cantidad mayor de fertilizante que la utilizada en este ensayo, la que puede ser compensada o cubierta por la diferencia de precios entre Tcomp y Tver, sin aumentar significativamente los costos de producción y obteniendo plantas de mayor altura y biomasa. El tratamiento Tper, tiene un precio de mercado bastante accesible siendo mayor que el de Tcomp; respecto a los beneficios obtenidos estos resultan no ser determinantes para su elección.

5. CONCLUSIONES

- Las plantas producidas en los tratamientos Tver y Tcoco presentaron diferencias altamente significativas, a diferencia de Tcomp y Tper, sin embargo, todas poseían buenas características morfológicas para ser utilizadas en faenas de homogenización de bandejas en vivero, sin embargo, pensando en la producción de plantas de término en estos tratamientos, es posible que en Tcoco se produzcan plantas de baja calidad, las que no posean las características y condiciones básicas para sobrevivir al momento de ser establecidas en terreno.
- Los tratamientos Tver y Tper cumplen con los requerimientos básicos de las plantas, siendo similares al sustrato tradicional de corteza de pino compostada, en tanto Tcoco, desarrolla plantas con características morfológicas bastante inferiores, no siendo éste adecuado para la producción de plantas de *E. globulus*. Se recomienda realizar estudios que consideren tratamientos de fibra de coco mezclada con sustratos inorgánicos como perlita o vermiculita y un mayor tiempo estudio que permita una óptima evaluación de las plantas.
- En la relación costo/beneficio obtenida con los diferentes tratamientos, resulta ser Tcomp el sustrato más adecuado para la producción de *E. globulus*, ya que permite producir plantas de buena calidad a un bajo costo comercial, permitiendo así una maximización de recursos y optimización de ganancias en el vivero.
- Existen posibilidades de producir con sustratos distintos a corteza de pino compostada, ya que no se producen diferencias significativas en los costos de producción a pesar de las diferencias de precio entre los sustratos, sin embargo, el viverista debe analizar en forma detallada ésta posibilidad, realizando constantes ensayos que demuestren y aseguren un buen resultado en la producción de plantas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. 1993a. Sustratos: Características y Propiedades. Instituto de Estudios Almerienses. Fiapa. pp. 47-59.
- Abad, M. 1993b. Sustratos: Inventario y Características. Instituto de Estudios Almerienses. Fiapa. pp. 65-80.
- Amafibra, 2007. Golden Mix o Substrato Parceiro da Naturaza. INTERNET: <http://www.amafibra.com.br> (Septiembre 21, 2006)
- Agropecstar. 2001. Conceptos. INTERNET: <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/Conceptos%20de%20produccion.htm> (Agosto 23, 2006)
- Aguilar, R. 2002. Producción de Sustratos para Viveros. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional. Costa Rica. 46 p.
- Ambientum. 2006. Enciclopedia. INTERNET: <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.66.26.21r.html> (Agosto 29, 2006)
- Ansorena, J. 1994. Propiedades físicas de los sustratos. Chile Agrícola, 20(208): 217-218.
- Ávila, A. 2004. Plagas, enfermedades y micorrizas en viveros forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 45p.
- Büchner, J. 2006. Plantas: Un factor relevante en el crecimiento de los bosques. Tocomadera 3 (1): 17.
- Bunt, A. 1988. Media and mixes for container grown plants. Boston: Unwin Hyman. 309 p.
- Bures, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid. 220 p.
- Calderón, A. 2004. Propiedades Físicas de los Sustratos. Proyecto Fondef. Universidad de Chile, Fac. Cs. Agronómicas. 3 p.
- Calderón, A. 2005. Sustratos Agrícolas. Proyecto Fondef. Universidad de Chile, Fac. Cs. Agronómicas. 4 p.
- Cárcamo, M. 1998. Efecto del tamaño de partículas de humus de corteza en siembra y repique de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill). Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 61 p.

- Centro Tecnológico de la Planta Forestal. 2007. Producción de Plantas 2007 Viveros Forestales por Región. INTERNET: <http://www.ctpf.cl/index.html> (Julio 27, 2007)
- Di Benedetto, A; Molinari, J; Boschi, C. 2000. Adaptación de cuatro especies florales anuales a diferentes sustratos de crecimiento. *Agro sur* 28 (2): 69-76.
- Di Benedetto, A; Klasman, R, Boschi, C. 2002. Evaluación de la formulación de tres sustratos en base al uso de turba fueguina para *Impatiens walleriana*. *Agro sur* 30 (2): 35-42.
- Echeverría, J. 2004. Comportamiento de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill producidas bajo dos esquemas de manejo en vivero. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales. 34 p.
- Escobar, R. 1990. Análisis de algunos elementos básicos involucrados en la producción artificial de plantas de especies nativas. *Bosque* 11 (1): 3-9.
- García, O; Alcanzar, G; Cabrera, R; Gavi, F; Volke, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de plantas en vivero. *Terra* 19: 249- 258.
- Gates, W. 1986. Características de los sustratos inorgánicos utilizados en la agricultura. Universidad de Columbia, Dpto. de Agricultura. 38 p.
- Grez, R; Gerding, V. 1992. Producción de humus y de sustrato para el cultivo de vegetales en base al aprovechamiento de corteza de especies nativas chilenas en su condición de residuo de la industria de astillas. Proyecto Fondecyt 0013-92. Universidad Austral de Chile.
- Grez, R; Gerding, V. 1995. Corteza, desecho reciclable de la industria forestal como formador de sustratos para la producción vegetal. *Bosque* 16 (1): 105-114.
- Hoitink, H; Zhang, W; Han, D; Dick, W. 1997. Making compost to suppress plant disease. *Isi web of science*. 5 p.
- Huss, E. 1998. Producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill) en sustratos de corteza compostada y aserrín. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 56 p.
- Instituto Forestal (INFOR), 1991. *Eucalyptus*, Principios de silvicultura y manejo. Santiago, Chile. 199 p.
- Instituto Forestal (INFOR), 2006. Recurso Forestal. INTERNET: <http://www.infor.cl/> (Septiembre 25, 2006)
- Instituto Forestal (INFOR), 2007. Informe Técnico 173. Disponibilidad de madera de *Eucalyptus* en Chile 2006 – 2025. Valdivia, Chile. 57p.

- INIFAP. 2002. Sustratos alternativos para la producción de *Pinus ayacahuite* en vivero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 10p.
- Jasmin,J; Souza, N; Mendes, N; Dias,G. 2003. Production of ornamental-plant-supporting sticks from coconut fiber. Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sustentable 1 (2): 173 - 178.
- Jasmin, J; Toledo, R; Carneiro, L; Mansur, E. 2006. Coconut fiber and foliar fertilization on the growth and nutrition of *Cryptanthus sinuosus*. Horticultura Brasileira 24 (3): 309 - 314.
- Kehdi, N. 2007. La búsqueda de un sustrato adecuado. Spanabis 8: 13- 17.
- Kokalis, N; Rodríguez, R. 1994. Effects of pine bark extracts and pine bark powder on fungal pathogens, soil enzyme activity, and microbial populations. Biological Control 2 (4): 321 - 328.
- Landis, T. 2000. Manual de Viveros para la producción de Especies Forestales en Contenedor. Contenedores y Medios de Crecimiento. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Oregon, E.U.A. 52 p.
- Lebed, O. 2002. Producción de plantas nativas. Núcleo de Extensión Forestal Patagonia. Proyecto Forestal de Desarrollo. 4 p.
- Muñoz, A. 1986. Investigación y Desarrollo de Áreas Silvestres Zonas Áridas y Semi-áridas de Chile. Manual para la producción de plantas de Eucalipto en macetas. Documento de trabajo N° 2. Santiago, CONAF. 36 p.
- Nelson, P. 1978. Greenhouse operation and management. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 598 p.
- Ortiz, O. 1997. Producción de brotes en plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill) en sustratos de corteza de pino. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 51 p.
- Olivo, V. y Buduba, C. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. Bosque 27 (3): 267-271.
- O' Neill, M; Finlay, R. 2006. Suppressive effect of some growing medium amendments on cyclamen *Fusarium* wilt. Australasian Plant Pathology 35 (6): 691 - 706.
- Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en vivero. Universidad de Lleida, Dpto. de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. Madrid, España. pp. 231-235.

- Pinto, J. 1999. Comparación de tres esquemas de riego en viverización de plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales. 36 p.
- Rangel, J; Leal,H; Palacios-Mayorga, S; Sánchez, S; Ramírez, R; Méndez, T. 2002. Coconut fiber as casing material for mushroom production. Terra 24 (2): 207 - 213.
- Rosas, C; Sánchez, R; Pinedo, P. 2005. Secado en *Eucalyptus nitens* y *globulus* y su aprovechamiento en bloca, pisos y muebles. Maderas. Ciencia y tecnología 7(2):109-120.
- Roselló, A; Domínguez, A; Girona, R; Ruiz, M. 1999. Comparación de diversos sustratos para su utilización en viveros ecológicos. Lagasalia 25: 176 - 177.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2003. Resolución 1742: Declara control obligatorio de *Fusarium circinatum*. Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de Protección Agrícola. Sub – departamento Defensa Agrícola. 3 p.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2006. Resolución 2256: Complementa medidas de control obligatorio de *Fusarium circinatum*. Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de Protección Agrícola. Sub – departamento vigilancia y control de plagas forestales. 2 p.
- Shinohara, Y; Hata, T; Maruo, T; Hohjo, M; Ito, T. 1999. Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. Acta Horticultrae 481: 145 - 149.
- Taveira, A. 2005. Fibra de coco: Una nueva alternativa para la formación de plantas. Revista Brasileira de Reproducción de Plantas 28 (5): 275 - 277.
- Termorshuizen, J; Rijn, E; Gaag, D; Alabouvette, C; Chen, Y; Lagerlof, J; Malandrakis, A; Paplomatas, J; Ramert, B; Ryckeboer, J; Steinberg, C; Zamora, N. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. Soil Biology and Biochemistry 38 (8): 2461 - 2477.
- Toval, G. 1983. Utilización de la corteza de Pinos como Sustratos, en Viveros. 6 p.

ANEXOS

ANEXO 1

Abstract

EXECUTIVE SUMMARY

In front of the worry of nursery managers for the difficulty in the acquisition of the composted pine bark substrate, used at the moment like only growth medium for container plants production, an analysis of other alternatives of substrates was made, where coconut fiber appears like an unknown alternative. In addition, there are included in this study, other growth mediums like vermiculite and perlite, both mixed with composted pine bark at a 1:1 proportion each. According to the previously marked, the principal objective of this Titulation Work was to evaluate the substrates of coconut fiber, vermiculite/composted pine bark y perlite/composted pine bark, in relation to the traditional substrate of composted pine bark in pure form through the production of plants for transplant of *Eucalyptus globulus* to covered root.

The study's design was completely random and it considered four treatments with six repetitions each. The utilized treatments correspond to Tcoco (100% coconut fiber), Tcomp (100% composted pine bark), Tver (50% vermiculite and 50% composted pine bark) and Tper (50% perlite and 50% composted pine bark).

The evaluation started off with the germination analysis in each treatment, which allowed accomplishing the calculation of germinative energy and capability of the seed. Besides the height growth of the plants for a two-month period, the rootball retention percentage at the moment of harvest and the development of aerial and root biomass were evaluated.

Height and biomass variables were statistically analyzed through an analysis of variance (ANOVA) and Tukey multiple comparison test.

Additionally each treatment was analyzed at the Nutrition and Forestry Soils Laboratory, where the granulometry, cation exchange capacity and pH of each one were evaluated.

An cost analysis was made, the one that include total cost, fixed costs and variable costs of the nursery, also market variables as species, price of the plants and magnitude of the. The market prices revision was made for each substrate utilized in this study, and at a later time, a cost vs. benefit relation on the basis of the results obtained in each treatment.

Of the analysis of data it is obtained that the treatments Tcoco and Tver, presented highly significant differences, being Tcoco the treatment that produced plants with smaller development in height and biomass. The treatments Tcomp and Tver didn't have significant differences, presenting quite similar developments in both variables, with 9,2 and 9,4 cm of height and 0,131 and 0,150 g. of total biomass. The plants taken place in Tver presented a considerably bigger development in both variables. The cost of the plants is of \$40 and \$39 for the treatments Tcoco and Tver, while Tcomp and Tper presented a cost of \$38 for plant.

The plants produced in Tcoco and Tcomp treatments had a higher rootball retention at the moment of the harvest, while Tver had a lower retention, as equal as in Tper where plants even showed their root totally discovered.

It is concluded that plants produced in the distinct treatments of the experiment can be destined to bumping-up activities and seedlings homogenization since all of them fulfils with a suitable height between 5 to 9 cm, however, it's possible that Tcoco treatment produces low-quality plants, not being adequate for the production of *E. globulus*.

It is recommended to carry out studies that consider treatments of blended coconut fiber with inorganic substrates as perlite or vermiculite and a bigger time study that allows a good evaluation of the plants.

Regarding to the cost vs. benefit relation obtained, it is concluded that Tcomp treatment results to be the best-suited alternative for the production of *E. globulus*, since it allows producing good-quality plants with a low commercial cost.

Possibilities exist of taking place with different substrates to composted pine bark, since significant differences don't take place in the production costs in spite of the price differences among the substrates.

Key words: Coconut fiber, composted pine bark, vermiculite, perlite, *Eucalyptus globulus*.

Anexo 2

Estadística descriptiva y análisis de varianza

Cuadro 1. Estadística descriptiva para la variable altura (cm) por tratamiento y fecha de medición.

Fecha de medición	Tratamiento*	Mínimo	Media	Máximo	Coefficiente de variación (%)
09-03-2007	Tcoco	1,5	2,4	3,5	20,5
	Tcomp	2,5	3,9	5	19,2
	Tver	3	5,5	8	23,6
	Tper	2,5	3,9	4,5	13,3
23-03-2007	Tcoco	2,5	3,4	4,5	16,9
	Tcomp	3,5	5,4	7,5	18,8
	Tver	3,5	7,2	10,5	22,9
	Tper	3,5	5,6	6,5	13,3
06-04-2007	Tcoco	3,5	4,7	6	12,7
	Tcomp	5	6,8	9	12,1
	Tver	5	8,4	12	19
	Tper	3	7	10	16,9
20-04-2007	Tcoco	4	5,5	7	12,5
	Tcomp	6,5	8	11	9,9
	Tver	6,5	9,7	13,5	18,7
	Tper	4,5	8,2	11,5	15,7
04-05-2007	Tcoco	5	6,4	8	10,8
	Tcomp	7,5	9,2	12,5	10,1
	Tver	7	10,8	15	18,4
	Tper	6,5	9,4	13	14,1

* n constante = 6

Cuadro 3. Prueba de normalidad para la variable altura total de la última fecha de medición.

Variable	Altura total
Chi - cuadrado	2,667
Grados de libertad	19
P - valor	1,000 ns

ns, no significativo p – valor > 0,05 de significancia.

Cuadro 3. Prueba de homogeneidad de varianza para la variable altura por fecha de medición.

Variable	Altura total
Estadístico de Levene	1,778
g/1	3
g/2	20
P - valor	0,184 ns

ns, no significativo p – valor > 0,05 de significancia.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable altura por fecha de medición.

Fecha de medición	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	P - valor
09-03-2007	Tratamiento	27,923	3	9,308	44,429	0,000***
	Error	4,190	20	0,209		
	Total	32,113	23			
23-03-2007	Tratamiento	41,521	3	13,840	48,662	0,000***
	Error	5,688	20	0,284		
	Total	47,210	23			
06-04-2007	Tratamiento	41,885	3	13,962	41,677	0,000***
	Error	6,700	20	0,335		
	Total	48,585	23			
20-04-2007	Tratamiento	54,605	3	18,202	36,771	0,000***
	Error	9,900	20	0,495		
	Total	64,505	23			
04-05-2007	Tratamiento	62,581	3	20,860	37,876	0,000***
	Error	11,015	20	0,551		
	Total	73,596	23			

*** Altamente significativo con 95% de confianza.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable biomasa por componente y total.

Peso seco (g)	Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados libertad	Media cuadrática	F	P - valor
Aéreo	Tratamiento	8,770	3	2,923	72,56	0,000***
	Error	8,058	20	4,029		
	Total	9,576	23			
Radicular	Tratamiento	3,857	3	1,286	4,504	0,014***
	Error	5,709	20	2,854		
	Total	9,566	23			
Total	Tratamiento	0,136	3	4,526	123,255	0,000***
	Error	7,344	20	3,672		
	Total	0,143	23			

*** Altamente significativo con 95% de confianza.

Cuadro 6. Prueba de comparación múltiple para la variable altura por fecha de medición.

Fecha de medición	Tratamiento (I)	Tratamiento (J)	Diferencia de medias (I - J)	Error	P - valor	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
09-03-2006	Tcoco	Tcomp	-1,467	0,264	0,000	-2,206	-0,727
		Tver	-3,050	0,264	0,000	-3,790	-2,310
		Tper	-1,483	0,264	0,000	-2,223	-0,744
	Tcomp	Tver	-1,583	0,264	0,000	-2,323	-0,844
		Tper	-1,67E+01	0,264	1,000	-0,756	0,723
		Tper	1,567	0,264	0,000	0,827	2,306
23-03-2006	Tcoco	Tcomp	-2,000	0,308	0,000	-2,862	-1,138
		Tver	-3,700	0,308	0,000	-4,562	-2,838
		Tper	-2,183	0,308	0,000	-3,045	-1,322
	Tcomp	Tver	-1,700	0,308	0,000	-2,562	-0,838
		Tper	-0,183	0,308	0,932	-1,045	0,678
		Tper	1,517	0,308	0,000	0,655	2,378
06-04-2006	Tcoco	Tcomp	-2,033	0,334	0,000	-2,969	-1,098
		Tver	-3,700	0,334	0,000	-4,635	-2,765
		Tper	-2,300	0,334	0,000	-3,235	-1,365
	Tcomp	Tver	-1,667	0,334	0,000	-2,602	-0,731
		Tper	-0,267	0,334	0,854	-1,202	0,669
		Tper	1,400	0,334	0,002	0,465	2,335
20-04-2006	Tcoco	Tcomp	-2,533	0,406	0,000	-3,670	-1,396
		Tver	-4,200	0,406	0,000	-5,337	-3,063
		Tper	-2,700	0,406	0,000	-3,837	-1,563
	Tcomp	Tver	-1,667	0,406	0,003	-2,804	-0,530
		Tper	-0,167	0,406	0,976	-1,304	0,970
		Tper	1,500	0,406	0,007	0,363	2,637
04-05-2006	Tcoco	Tcomp	-2,817	0,428	0,000	-4,016	-1,617
		Tver	-4,450	0,428	0,000	-5,649	-3,251
		Tper	-3,050	0,428	0,000	-4,249	-1,851
	Tcomp	Tver	-1,633	0,428	0,006	-2,833	-0,434
		Tper	-0,233	0,428	0,947	-1,433	0,966
		Tper	1,400	0,428	0,019	0,201	2,599

P – valor < 0,05 altamente significativo con un 95% de confianza

Cuadro 7. Prueba de comparación múltiple para la variable biomasa por componente y total.

Peso Seco (g)	Tratamiento (I)	Tratamiento (J)	Diferencia de medias (I - J)	Error	P - valor	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Aéreo	Tcoco	Tcomp	-7,116	1,1589	0,000	-0,103	-3,87307
		Tver	-0,170	1,158	0,000	-0,202	-.13756
		Tper	-7,316	1,158	0,000	-0,105	-4,073
	Tcomp	Tver	-9,883	1,158	0,000	-0,131	-6,639
		Tper	-2,000	1,158	0,998	-3,443	3,043
		Tver	9,683	1,158	0,000	6,439	0,129
Radicular	Tcoco	Tcomp	-1,216	9,754	0,605	-3,946	1,513
		Tver	-3,516	9,754	0,009	-6,246	-7,864
		Tper	-1,833	9,754	0,268	-4,563	8,969
	Tcomp	Tver	-2,300	9,754	0,118	-5,030	4,302
		Tper	-6,166	9,754	0,920	-3,346	2,113
		Tver	1,683	9,754	0,337	-1,046	4,413
Total	Tcoco	Tcomp	-8,316	1,106	0,000	-0,114	-5,219
		Tver	-0,211	1,106	0,000	-0,242	-0,180
		Tper	-9,883	1,106	0,000	-0,129	-6,786
	Tcomp	Tver	-0,128	1,106	0,000	-0,158	-9,703
		Tper	-1,566	1,106	0,504	-4,663	1,530
		Tver	0,112	1,106	0,000	8,136	0,143

P – valor < 0,05 altamente significativo con un 95% de confianza

Anexo 3

Frecuencias y porcentajes de retención de cepellón
en los distintos tratamientos

Cuadro 8. Frecuencia y porcentaje de retención de cepellón en las plantas de los distintos tratamientos al momento de la cosecha

Tcoco			Tcomp		
RETENCION CEPELLON	FRECUENCIA	%	RETENCION CEPELLON	FRECUENCIA	%
100	28	46,67	100	32	53,33
75	20	33,33	75	16	26,67
50	7	11,67	50	8	13,33
25	5	8,33	25	4	6,67
0	0	0	0	0	0
TOTAL	60	100,00	TOTAL	60	100,00

Tver			Tper		
RETENCION CEPELLON	FRECUENCIA	%	RETENCION CEPELLON	FRECUENCIA	%
100	20	33,33	100	15	25,00
75	15	25,00	75	14	23,33
50	16	26,67	50	15	25,00
25	6	10,00	25	9	15,00
0	3	5	0	7	11,67
TOTAL	60	100,00	TOTAL	60	100,00