

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento Silvicultura

**EFFECTO DE LA ALTURA DEL CONTENEDOR Y POROSIDAD
DE SUSTRATO EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE
PLANTAS DE *Pinus radiata* D.DON.**



ROBERTO ANDRES VIEL LANDEROS

**MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO FORESTAL.**

CONCEPCION - CHILE
1997

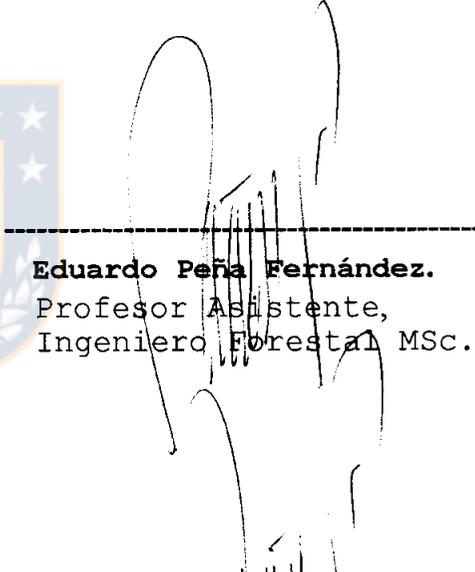
EFFECTO DE LA ALTURA DEL CONTENEDOR Y POROSIDAD
DE SUSTRATO EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE
PLANTAS DE *Pinus radiata* D.DON.

Profesor Guía



René Escobar Rodríguez.
Profesor Asociado,
Técnico Forestal.

Profesor Asesor

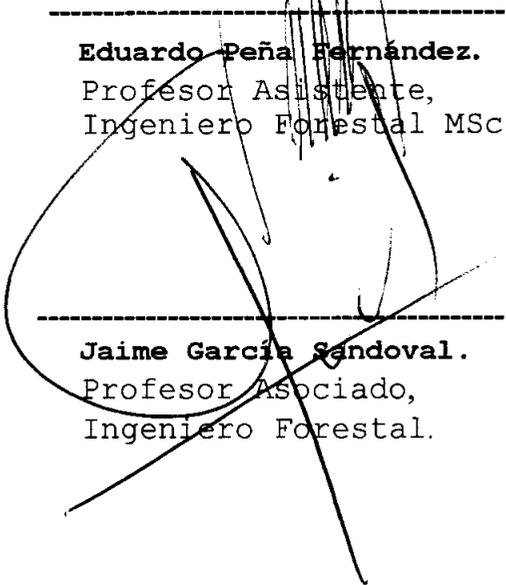


Eduardo Peña Fernández.
Profesor Asistente,
Ingeniero Forestal MSc.

Director Departamento
Silvicultura

Eduardo Peña Fernández.
Profesor Asistente,
Ingeniero Forestal MSc.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Jaime García Sandoval.
Profesor Asociado,
Ingeniero Forestal.



A DIOS
A MIS PADRES

Quiero agradecer a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización del presente trabajo, especialmente:

- A don René Escobar R., Docente de la Facultad de Ciencias Forestales, por sus consejos, apoyo y orientación en la revisión del texto.

- A don Jorge Cancino C., Docente de la Facultad de Ciencias Forestales, por su invaluable ayuda en el análisis estadístico de los resultados del estudio.

- A don Leopoldo Quezada J., por su constante apoyo y consejos.

- A Fernando Contreras, por su ayuda en el proceso de evaluación del estudio.

- A mi colega y amigo Javier Campano A., por sus consejos, apoyo y ayuda en la instalación del estudio.

- A mis hermanos Guillermo y Daniel, por su ayuda en la instalación y posterior evaluación del estudio.

- A mis padres, por su constante apoyo e interés en mi trabajo.

- A mis amigos Gonzalo Carrasco, Mauricio Chauriye, Ernesto Olmedo, Gonzalo Puentes, Andrés Salas y Guillermo Toledo, por su permanente apoyo durante el transcurso de éste trabajo.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I	INTRODUCCION.....1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA.....4
2.1	Aspectos generales.....4
2.2	Método de producción de plantas a raíz cubierta.....5
2.3	Contenedores.....6
2.3.1	Tipo de contenedores.....8
2.3.2	Efecto de los contenedores en las plantas.....11
2.4	Sustrato.....15
2.4.1	Porosidad de sustrato.....19
2.4.2	Sustrato de corteza de pino.....27
2.4.3	Efecto del sustrato en la planta.....31
III	MATERIALES Y METODOS.....37
3.1	Lugar del estudio.....37
3.2	Descripción del estudio.....37
3.3	Tipos de contenedores.....38
3.4	Tipos de mezclas.....39
3.5	Tratamientos.....43
3.6	Diseño experimental.....44
3.7	Variables evaluadas.....44
3.8	Análisis estadístico.....47
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....48

4.1	Resultados del ensayo de plantas provenientes de semilla.....	48
4.2	Resultados del ensayo de plantas provenientes de estacas.....	52
4.2.1	Porcentaje de enraizamiento.....	53
4.2.2	Altura.....	56
4.2.3	Diámetro de tallo.....	58
4.2.4	Número de raíces.....	59
4.2.5	Volumen y peso seco de raíces.....	61
V	CONCLUSIONES.....	62
VI	RESUMEN.....	64
VII	SUMMARY.....	65
VIII	BIBLIOGRAFIA.....	66
IX	ANEXO.....	72

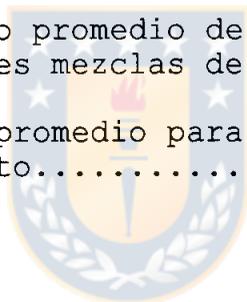


INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
1 Mezclas de sustratos utilizadas para ensayo de plantas provenientes de semillas.....	40
2 Porosidades de las distintas mezclas del ensayo de plantas provenientes de semillas para los dos tipos de contenedor.....	41
3 Mezclas de sustratos utilizadas para ensayo de plantas provenientes de estacas.....	42
4 Porosidades de las distintas mezclas del ensayo de plantas provenientes de estacas para los dos tipos de contenedor.....	42
5 Nomenclatura para los distintos niveles en cada factor estudiado.....	43
6 Valores promedio para los distintos factores en estudio para cada variable evaluada del ensayo de plantas provenientes de semillas y su grado de significancia.....	48
7 Valores promedio para los distintos factores en estudio para cada variable evaluada del ensayo de plantas provenientes de estacas y su grado de significancia.....	52
8 Interacción de los factores tipo de contenedor y mezcla de sustrato en el porcentaje de enraizamiento.....	54
9 Cantidad de estacas enraizadas(%) para los distintos tratamientos en el tiempo.....	56

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
1	Número de raíces secundarias para los distintos tratamientos.....	51
2	Porcentaje de enraizamiento de estacas para los distintos tratamientos.....	55
3	Altura de las estacas para los distintos tratamientos.....	57
4	Diámetros de tallo promedio de las estacas para las diferentes mezclas de sustrato.....	59
5	Número de raíces promedio para las distintas mezclas de sustrato.....	61



I INTRODUCCION

La cantidad de plantas producidas en contenedores para los programas de plantación , está incrementándose año a año en el país.

Debido a la mayor demanda de exigencias de calidad y a problemas de manejo ocasionados por el uso de suelo común como sustrato o medio de crecimiento, es que surge la necesidad de utilizar "suelo artificial". Este tipo de material presenta condiciones diferentes con respecto al anterior, como restricción de volumen, ausencia de microorganismos y pérdida de la estructura del suelo (Landis et al., 1990).

Una de las propiedades físicas del sustrato que es de vital importancia es la porosidad, que está estrechamente relacionada con el tamaño de las partículas que conforman dicho sustrato y con la altura del contenedor (Landis et al., 1990).

El rango de tamaño de partículas del sustrato determina los espacios porosos en donde estarán retenidos tanto el aire como el agua. Esto es muy importante, ya que es fundamental que exista un adecuado balance o equilibrio entre las partículas sólidas y los espacios porosos en el sustrato, para un buen desarrollo radicular de la planta (Landis et al., 1990).

El tamaño del contenedor es una de las más obvias e importantes características del contenedor, debido a que en general, la altura de éste influye en el tamaño de las plantas que serán producidas (Kinghorn, 1974, citado por Landis et al., 1990). Estudios llevados a cabo por Edean y Carlson (1975) citados por Landis et al. (1990), demuestran que el volumen del contenedor tiene un efecto significativo en el tamaño y crecimiento de las plantas.

El presente estudio evalúa el efecto de la altura del contenedor y la granulometría (tamaño de las partículas del sustrato) en las principales características morfológicas de plantas de *Pinus radiata* D. Don. Se determina el efecto de la altura del contenedor, la porosidad de sustrato y la

interacción de ambos factores en los atributos morfológicos de las plantas.



II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Aspectos generales

El proceso de viverización de plantas es una actividad que tiene directa incidencia en las características del material utilizado en el establecimiento de plantaciones forestales. Dichas características determinan el crecimiento y desarrollo futuro del bosque y están reguladas por factores morfológicos y fisiológicos de las plantas, los cuales pueden ser manejados por el viverista (Escobar y Sánchez, 1992).

La silvicultura intensiva se caracteriza por el empleo de especies de rápido crecimiento y que se manejan en rotaciones cortas. Para ello, se exige la utilización de plantas de la más alta calidad para un sitio determinado (Escobar y Sánchez, 1992).

2.2 Método de producción de plantas a raíz cubierta

Es un método que se presta para el cultivo de especies forestales difíciles de plantar y de muy larga rotación en vivero. Es la forma ideal para abastecer con material de plantación a zonas de alta tasa de evapotranspiración o con situaciones climáticas extremas (Escobar y Sánchez, 1992).

Las plantas producidas a raíz cubierta son cada día más, una mejor alternativa a las producidas a raíz desnuda, especialmente cuando se requiere un corto tiempo de producción (Brissette et al., 1991).

Es un método con gran eficiencia en el aprovechamiento del espacio físico, razón por la cual, altas tasas de producción se pueden confinar bajo cubiertas y allí, manejar artificialmente el ambiente. Con ello, el proceso de producción se independiza de los factores climáticos, lo que lo transforma en el método ideal para abastecer con plantas, áreas con climas extremos (Escobar y Sánchez, 1992).

Según Brissette et al.(1991), las ventajas de la producción de plantas a raíz cubierta son:

- producción rápida de plantas
- tamaño uniforme de plantas
- extensión de la época de plantación
- mejora el funcionamiento de algunas especies
- buen funcionamiento de las plantas en sitios adversos
- permite tasas constantes de producción

Plantas de buena calidad pueden ser producidas bajo distintos grados de control ambiental. Sin embargo, la calidad de las plantas depende de la calidad de las semillas y del uso apropiado de las prácticas culturales, especialmente técnicas de siembra, humedad del sustrato y nutrición de las plantas (Brissette et al., 1991).

2.3 Contenedores

Aunque plantas ornamentales han crecido en contenedores desde hace muchos años atrás, la producción de plantas forestales en contenedores es relativamente de reciente innovación. Uno de los primeros usos a gran escala de contenedores en Estados Unidos fue para el Gran Proyecto de

Planificación Forestal durante los años treinta (Landis et al., 1990).

Una de las innumerables ventajas del uso de contenedores es que las plantas sobreviven mejor, cuando son transplantadas a terreno con las raíces adheridas al sustrato. Además, las raíces no están expuestas al aire y al calor durante el transporte, logrando así, un rápido crecimiento, debido a que el shock de transplante es menor (Liegel y Charles, 1987).

Aunque los contenedores pueden ser comparados de diferentes maneras, la más apropiada son las características funcionales. La función básica de cualquier contenedor es contener un discreto suministro de sustrato, el cual abastecerá a las raíces de las plantas de agua, aire, nutrientes y soporte físico (Landis et al., 1990).

Los contenedores deben poseer otras características que reflejan los requerimientos especiales de conservación de las plantas para la plantación. Algunas de estas características determinan el crecimiento de la planta en

el vivero, tal como el diseño acanalado, que de alguna forma evita el crecimiento de las raíces en espiral (Landis et al., 1990).

Determinar cual es el mejor contenedor para un propósito específico, dependerá de los objetivos de producción del viverista y del sistema de reforestación (Landis et al., 1990).

2.3.1 Tipos de contenedores

Hay varias maneras diferentes de categorizar los contenedores, uno de ellas es la que los divide en dos categorías funcionales : aquellos en que la planta es plantada con el receptáculo y aquellos en que la planta es sacada del receptáculo (Tinus y McDonald, 1979, citados por Landis et al., 1990).

Para el primer tipo de contenedor, existen los que son contruidos con material biodegradable, que tienen la característica de descomponerse después que han sido plantados (Landis et al., 1990). El problema con estos contenedores es que el crecimiento de la raíz es en forma

de espiral y además, dichas raíces penetran las paredes del contenedor (Barnett y McGilvray, 1981, citados por Landis et al., 1990).

Según Tinus y McDonald (1979) citados por Landis et al.(1990), la segunda categoría de contenedores debería tener dos características comunes :

- Las paredes del contenedor deberían ser relativamente parejas, para que las raíces no la penetraran haciendo más dificultosa la remoción.
- La cavidad del contenedor debería ser cónica, para que así la planta pueda ser fácilmente extraída.

La principal ventaja de estos contenedores es que, debido a que pueden ser considerados en forma individual o unidos en una bandeja, el manejo de ellos se facilita (Tinus y McDonald, 1979, citados por Landis et al., 1990).

Brissette et al. (1991) clasifican los diversos tipos de contenedores en tres grupos : Tubetes, Plugs y Bloques. Los Tubetes son contenedores que tienen una pared rígida. Esto

permite facilidad de manejo y suficiente impermeabilidad para prevenir desecamiento de la planta cuando son plantadas en suelos secos (Day y Cary, 1974, citados por Brissette et al., 1991). Este contenedor permite un manejo individual de plantas. Además al igual que los otros sistemas de bandejas, en él se produce una poda automática de raíces con lo que se obtiene un abundante sistema radicular. Por lo general, no se observa un enrollamiento de raíces ni tampoco penetración de éstas en la cavidad (Molina et al., 1992). El Paperpot es probablemente el mejor o más exitoso contenedor en forma de tubete (Barnett, 1982, citado por Brissette et al., 1991).

Los Plugs son bloques compactos que contienen cavidades que son llenadas con sustrato. Las plantas son removidas de los contenedores antes del trasplante y plantadas en terreno con el sustrato. El Rootainers y Styroblock son ejemplos de estos contenedores (Brissette et al., 1991).

Por último, están los Bloques, que incorporan ventajas de los tubetes y los plugs. Este contenedor consiste en un bloque, generalmente rectangular, que contiene un número de

cavidades arregladas en forma regular (Landis et al., 1990). Los bloques son usualmente bastante rígidos para plantaciones mecanizadas, pero a pesar de los problemas que esto puede ocasionar, las plantas logran un rápido crecimiento de raíces después de la plantación (Brissette et al., 1991).

En general todos los receptáculos mencionados, presentan como característica un bajo tiempo de llenado con sustrato, posibilidad de siembra mecanizada a través de sembradoras neumáticas (Escobar y Sánchez, 1992).

2.3.2 Efecto de los contenedores en las plantas

La sobrevivencia y crecimiento de las plantas está directamente relacionada con la capacidad del sistema radicular de regenerar rápidamente nuevas raíces (conocido como potencial de crecimiento radicular) y crecer fuera de su medio de crecimiento (Ritchie, 1984, citado por Landis et al., 1990). Por esta razón, muchos contenedores son diseñados para estimular a la planta a formar un buen sistema radicular en el vivero (Landis et al., 1990).

Macdonald (1986) menciona diversos efectos de los contenedores sobre las plantas, tales como : reducir el daño a las raíces en el momento de plantar y acortar el período de producción de un cultivo.

Da Silva y Lima (1985) citados por Molina et al. (1992), estiman que la altura, el diámetro de cuello y el sistema radicular de la planta son características que reflejan su calidad y que esta puede ser influenciada por el tipo de contenedor.

El volumen de la cavidad es una de las características más obvias e importantes de los contenedores, debido a que en general, el largo del contenedor influye en el largo de la planta que puede ser producida (Kingham, 1974, citado por Landis et al., 1990). Endean y Carlson (1979) citados por Landis et al.(1990) señalan que el volumen del contenedor tiene un efecto significativo en el tamaño y crecimiento del *Pinus contorta*.

La altura del contenedor es un factor importante en su diseño porque permite la permanencia por más o menos tiempo

en un ambiente saturado de humedad, relacionándose con el crecimiento medio de la planta (Bassman et al., 1989, citados por Landis et al., 1990).

Theron (1972) citado por Liegel y Charles (1987) señala que receptáculos grandes permiten un mejor desarrollo del sistema radicular, lo cual es deseable para sitios secos, y receptáculos cortos producen sistemas radiculares pequeños, que es adecuado para sitios húmedos.

La raíz, el tallo y el peso seco total, se incrementan significativamente cuando aumenta el volumen del contenedor (Landis et al., 1990). Sin embargo, hay también estudios que dicen lo contrario, como lo señalan Ghosh (1977) citado por Liegel y Charles (1987), Cunningham y Geary (1989) citados por Molina et al. (1992), en donde demostraron que las grandes diferencias en tamaño no afectan en forma importante la altura ni el diámetro de cuello de la planta, pero si provocan marcadas diferencias en el peso seco del tallo y de raíz.

De Barros et al. (1978) citados por Molina et al. (1992), después de ensayar varios tipos de receptáculos, estiman que las plantas con baja tasa de crecimiento en el vivero presentaron elevadas tasas de crecimiento en terreno hasta llegar a igualar el crecimiento de aquellas plantas producidas en recipientes de mayor volumen. Por otra parte, Aguiar y Mello (1974) citados por Molina et al. (1992) concluyeron que el tipo de recipiente no influye en el porcentaje de plantas aprovechables en el vivero y tampoco influye en la supervivencia de las plantas en terreno.

Sin embargo, Salgado (1996) determina que el tipo de receptáculo afecta significativamente la supervivencia, crecimiento e incremento en altura de plantas de *Eucalyptus globulus*. Por otra parte, para la misma especie, González (1996) menciona que el tipo de contenedor afecta la altura, diámetro de tallo, área foliar, peso seco aéreo y peso seco total de las plantas.

En el diseño de contenedores, también se consideran aspectos como la temperatura y el frío. En el primer caso, altas temperaturas disminuyen el crecimiento, inclusive

produciendo a veces la muerte de la planta (Furuta, 1978, citado por Landis et al., 1990). Con respecto al frío, los contenedores contruidos de material con alto valor aislante entregan una mayor protección que los con paredes más delgadas (Landis et al., 1990).

2.4 Sustrato

La primera investigación para crear un "suelo artificial" comenzó en Inglaterra en 1930, cuando el John Innes Horticultural Institute desarrolló un compost basado en turba, arena y fertilizantes (Bunt, 1988, citado por Landis et al., 1990). A comienzos de los años cincuenta, el primer sustrato realmente artificial fue creado en la Universidad de California; estaba compuesto de varias proporciones de arena fina y turba con fertilizantes suplementarios (Matkin y Chandler, 1957, citados por Landis et al., 1990).

Para que estos sustratos sean desarrollados y posteriormente masificados, tienen que cumplir con ciertos requerimientos funcionales para el normal crecimiento de las plantas. Es decir, deben proporcionar agua, aire y

nutrientes minerales para su desarrollo, al igual que el soporte físico para el anclaje de sus raíces (Mastalerz, 1977, citado por Landis et al., 1990).

Landis et al.(1990) señala que una buena formulación del sustrato para contenedores debe cumplir con propiedades que influyan adecuadamente en el crecimiento de la planta. Estas propiedades o características son : pH ligeramente ácido, alta capacidad de intercambio catiónico, baja fertilidad inherente, adecuada porosidad (balance adecuado del tamaño de partículas) y ausencia de plagas.

• pH ligeramente ácido : El rango de pH de los cuatro principales componentes de sustratos usados en contenedores es el siguiente :

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| - turba : 3.5 - 4.0 | - perlita : 6.0 - 8.0 |
| - vermiculita : 6.0 - 7.6 | - corteza de pino : 3.3 - 6.0 |

El pH final de un sustrato dependerá de la proporción de los ingredientes, su pH original y subsecuente práctica cultural, especialmente fertilización e irrigación. El principal efecto del pH en el suelo es su influencia en la disponibilidad de nutrientes minerales, especialmente

micronutrientes; varios nutrientes pueden llegar a no ser disponibles o ser tóxicos con valores extremos de pH. El control de pH es menos crítico en contenedores, donde todos los minerales esenciales pueden ser administrados con la fertilización.

- Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) : La habilidad de un material para adsorber iones cargados positivamente, es uno de los más importantes factores que afectan la fertilidad del sustrato. Altos valores de CIC son deseables para sustratos debido a que ellos mantienen una fertilidad de reserva que soporta el crecimiento de la planta entre aplicaciones de fertilizantes. La CIC puede también retener cationes en el sustrato en contraste con la lixiviación, la cual puede ser muy importante con la alta irrigación usada en la mayoría de los viveros.

- Baja fertilidad inherente : Aunque pudiera ser incongruente al comienzo, bajos niveles iniciales de fertilidad es un atributo deseable para sustratos usados en contenedores (Mastalerz, 1977, citado por Landis et al., 1990). El beneficio más importante de una baja fertilidad

inicial es que el viverista puede controlar completamente las concentraciones de nutrientes minerales en la solución del sustrato a través de la fertilización. La fertilidad inherente del sustrato o de sustratos corregidos con fertilizantes incorporados hacen imposible controlar completamente la nutrición de las plantas durante la etapa de crecimiento.

- Adecuado balance de tamaño de poros : Esta es otra propiedad física del sustrato que ha sido ampliamente discutida e investigada.

Existe un amplio rango de sustratos que cumplen con las características deseadas, algunos viveristas hacen sus propias alteraciones o adaptaciones para ciertas especies, aunque el medio debería ser estándar, para minimizar los cambios en él para producir varios tipos de plantas (Macdonald, 1986).

Tyler (1993) describe las características que deben ser evaluadas para considerar un compost de calidad. Estas son: análisis de tamaño de partículas, porosidad, patógenos,

rango de percolación, pH, metales pesados, contenido orgánico, contaminantes inertes, madurez, nutrientes principales e índice de sales solubles.

2.4.1 Porosidad de sustrato

Se ha determinado que la porosidad está estrechamente relacionada con la granulometría, al igual que el tamaño de los poros afecta el crecimiento de la planta. Un adecuado balance de la estructura porosa, facilita el intercambio gaseoso que beneficia al sistema radicular y que afecta directamente todas las funciones de las raíces tales como disponibilidad de agua y nutrientes (Landis et al., 1990).

Un sustrato está compuesto de partículas sólidas y los espacios porosos que existen entre ellas; estos poros son tan importantes como las partículas (Landis et al., 1990).

La porosidad puede ser funcionalmente dividida en tres partes: porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención de agua (Handreck y Black, 1984, Bethke, 1986, citados por Landis et al., 1990 ; Van Schoor et al., 1990).

- Porosidad Total : Es el volumen total del sustrato que no es ocupado por las partículas minerales u orgánicas. Estos poros contienen agua o aire.
- Porosidad de Aireación : Es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que ha sido saturado con agua y drenado libremente.
- Porosidad de retención de agua : Es la proporción del volumen del sustrato que contiene agua después que ha sido saturado con agua y drenado libremente.

Las características de porosidad de un sustrato (proporción relativa entre porosidad de aireación y porosidad de retención de agua) dependen del tipo y tamaño de los componentes del sustrato (Bugbee y Frink, 1986).

La porosidad está en función del tamaño, forma y distribución espacial de las partículas (mezcla). La cantidad total y el tipo de poros en el sustrato varía considerablemente. Es así, como Handreck y Black (1984) citados por Landis et al.(1990) determinaron que un buen sustrato debe contener entre 60 a 80 % de porosidad.

La porosidad de un sustrato varía con las características de sus componentes, el grado de compactación del sustrato en el contenedor y la altura del receptáculo. Hay cuatro factores que afectan la porosidad en contenedores : tamaño de las partículas individuales, características de las partículas, tamaño de las partículas en mezcla y los cambios de porosidad en el tiempo (Landis et al., 1990).

La porosidad de aireación y de retención de agua tienen una relación complementaria. Cuando el tamaño de la partícula incrementa, la porosidad de retención de agua (microporos) decrece y la porosidad de aireación (macroporos) incrementa (Van Schoor et al., 1990 ; Landis et al., 1990).

Ensayos realizados por Campano (1996) muestran que tanto la granulometría del sustrato como la altura del contenedor afectan significativamente la porosidad de aireación del sustrato. Señala que la variación de las mezclas de sustrato es directamente proporcional a la porosidad media de aireación, debido al incremento de la participación porcentual de los macroporos en la porosidad total. Por otra parte, menciona que para un mismo sustrato, a mayor

altura del contenedor, mayor es la porosidad de aireación. Esto se debe a que la altura del contenedor es determinante para evitar que se produzca el fenómeno de acumulación de agua suspendida y mejorar el drenaje.

Debido a que el sustrato es usualmente una mezcla de dos o más componentes con varios tamaños de partículas, su distribución afecta la porosidad. Cuando las partículas de diferentes tamaños se mezclan, el volumen resultante es siempre menor que la suma de los volúmenes originales, debido a que las partículas pequeñas llenan los espacios entre las mas grandes (Landis et al., 1990).

La porosidad de aireación es considerada la más importante propiedad física de cualquier sustrato (Beardsell et al., 1979; Johnson, 1968, citado por Landis et al.,1990). Determina la cantidad de agua y minerales disponibles para las raíces de una planta (Swanson, 1989).

Las paredes y el fondo del receptáculo restringen el drenaje del agua y puede ocurrir un anegamiento, especialmente en la parte baja. Por esta razón, el sustrato

debe tener una buena aireación (Spomer, 1974, citado por Beardsell et al., 1979).

Swanson (1989) señala que el tamaño del poro es un factor crítico en la aireación. Los poros más pequeños retienen firmemente el agua antes de que fluya libremente por efecto del drenaje. También menciona que la profundidad del sustrato, determinada por la altura del receptáculo, influye en la aireación. El contenedor más alto tiene un mayor drenaje, porque el agua drena hacia abajo, dejando la parte superior bien drenada o a "capacidad de sustrato", que significa que los poros pequeños retienen agua por cohesión y adherencia, mientras que los poros grandes no lo hacen. Por otra parte, señala que aumentando el tamaño de los poros, disminuye la fuerza para retener el agua, incrementando la cantidad de oxígeno disponible para las raíces. El rango aceptable de porosidad de sustrato es entre 20 a 30 % de espacio de aire, para una apropiada aireación de la raíz.

Joiner y Conover (1967) y De Boodt y De Waele (1968) citados por Brown y Pokorny (1975) mostraron que la

distribución del espacio poroso de un sustrato tiene marcada influencia en la retención de agua, particularmente si un gran porcentaje de poros son pequeños. Las características de la porosidad son también importante porque ellas determinan las características de percolación del sustrato.

La demanda de agua de un determinado volumen de sustrato puede ser alta. Consecuente con ello, el agua que está retenida alrededor y entre las partículas del sustrato debe poseer un bajo nivel de energía para que sea fácilmente removida; de lo contrario, esta agua será absorbida por las partículas (Haynes y Goh, 1978).

Diferentes especies de plantas pueden tener distinta capacidad para obtener el agua desde el sustrato. Por lo tanto, el agua que es fácilmente disponible para algunas, puede no serlo para otras. Además, en un sustrato con un amplio rango de distribución de tamaño de partículas, el volumen de agua retenida con una tensión específica varía de un sustrato a otro (Bilderback et al., 1982).

Cuando la planta es instalada en el medio de cultivo, inmediatamente comienza el transporte de agua desde el medio. El agua en el interior de la planta está en tensión, actuando como energía, que es requerida para extraer agua adicional desde el medio. La textura del sustrato o medio de cultivo influye en el nivel interno de tensión hídrica de la planta de dos maneras. La primera es una influencia estática y la otra, dinámica. Para un contenido de agua dado, las partículas finas presentan un potencial hídrico más bajo que las partículas gruesas, facilitando el transporte del agua hacia el interior de la planta. Las partículas gruesas causan un mayor stress hídrico en las plantas, que las partículas más finas. De igual manera, estas partículas gruesas pierden más fácilmente su habilidad para mover el agua en las zonas cercanas a la raíz. Por otra parte, partículas finas producen un gran número de poros pequeños llenos de agua y capaces de entregarla a la raíz. Así, las plantas presentan un alto nivel de tensión hídrica interna comparándolo con sustratos más gruesos. Sin embargo, tener demasiados poros pequeños puede no ser tan bueno, provocando problemas a las plantas, como baja conductividad hidráulica para cualquier contenido

de agua, baja penetrabilidad radicular y baja aireación (Bernier, 1992).

En contraste con un vivero a raíz desnuda, donde la estructura del suelo es la propiedad más importante que afecta la porosidad, en uno a raíz cubierta lo es el rango de tamaño de las partículas del sustrato (Handreck y Black, 1984, citados por Landis et al., 1990).

El tamaño de partícula que genera una adecuada mezcla, varía con el tipo de material. Por ejemplo, para turba un tamaño entre 0.8 y 6 mm es recomendado. Si las partículas son más pequeñas que 0.8 mm predominan microporos y el sustrato puede fácilmente saturarse de agua. En cambio, si el tamaño es superior a 6 mm, lo que predominan son macroporos y aquí el sustrato no es capaz de retener el agua que es vital para el crecimiento de la planta (Puustjarvi y Robertson, 1975, citados por Landis et al., 1990). El rango ideal de tamaño de partículas de corteza de pino es algo pequeño. Handreck y Black (1984) citados por Landis et al. (1990) reportaron que partículas tan pequeñas como 0.5 mm tienen un efecto significativo en la aireación

y retención de agua. Encontraron además, que la porosidad de aireación decrece con partículas pequeñas como 0.25 mm, mientras que la disponibilidad de agua aumenta con partículas entre 0.1 y 0.25 mm. Investigaciones muestran que corteza de pino con 70 - 80 % de partículas entre 0.59 mm. y 4.76 mm en diámetro y con 20 - 30 % de partículas menores a 0.59 mm, es satisfactorio para un buen sustrato (Pokorny, 1982). El tamaño ideal para arena es 60 % de partículas entre 0.25 y 1 mm (Swanson, 1989).

2.4.2 Sustrato de corteza de pino

Entre los muchos sustratos utilizados el compost de corteza, es probablemente la más promisorio de las alternativas de materiales orgánicos y cuando se prepara adecuadamente, tanto de pino como de latifoliadas, ha tenido gran aceptación como componente de sustratos en viveros (Mastalerz, 1977, Bunt, 1988, citados por Landis et al., 1990).

Steward (1986) citado por Landis et al. (1990) describió la producción de un producto de corteza de pino disponible comercialmente conocido como Cambark. Un producto similar,

Peatgro, es usado para la producción de plantas en contenedores en South Africa (Nelson, 1989, citado por Landis et al., 1990).

La corteza de pino posee innumerables ventajas (Gartner et al., 1972 ; Pokorny, 1982 ; Toval, 1983 ; Gartner y Williams, 1977, citados por Van Schoor et al., 1990). Los beneficios o ventajas que se pueden obtener, utilizando la corteza, se pueden resumir de la siguiente forma :

- Para el medio ambiente : al reciclar un producto de muy lenta descomposición.
- Para el bosque : por la revalorización de sus productos y por reincorporar al suelo los elementos nutritivos extraídos anteriormente.
- Para los viveros : puede sustituir satisfactoriamente a otros sustratos que son de elevado costo o difícil obtención, y por ahorro de tierras fértiles.
- Es un material inerte y exento de semillas de malas hierbas.
- Su peso suele ser tres a cuatro veces inferior al de la tierra, con la ventaja que esto representa para el transporte y posterior manipulación.
- Debido a su porosidad favorece la formación de un sistema radicular ramificado en todas las direcciones y fibroso.
- Una vez conseguida su primera humectación, tiene un comportamiento de material higroscópico absorbiendo mejor la humedad que la tierra.

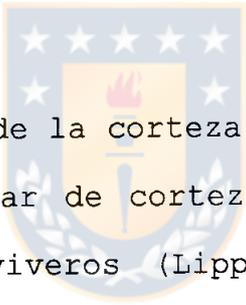
- Su costo es muy bajo, prácticamente el valor del transporte.
- Posee una excelente capacidad de retención de agua.
- Contiene la mayoría de los elementos menores esenciales para el crecimiento de la planta.

La corteza es usualmente agregada al sustrato para incrementar la porosidad de aireación. Cuando la proporción de corteza en sustratos de corteza-vermiculita es incrementada, el porcentaje de espacio poroso aumenta significativamente (Lennox y Lumis, 1987, citados por Landis et al., 1990). Pokorny (1977) citado por Landis et al. (1990) encontró que las partículas de corteza tienen un 43 % de porosidad interna, la cual contribuye a almacenar agua para el crecimiento de la planta.

La corteza compostizada tiene una mayor capacidad de intercambio catiónico que la corteza fresca, y también tiende a suprimir la actividad de patógenos (Hoitink, 1980, citado por Landis et al., 1990).

La corteza es usualmente incorporada en mezcla con otros componentes. Steward (1986) citado por Landis et al. (1990) recomienda añadir 25 a 50 % de corteza de pino a turba de

musgo, para formar un sustrato bien estructurado. El tamaño de las partículas es importante, Whitcomb (1988) citado por Landis et al.(1990) recomienda pasar la corteza a través de un molino batidor con una criba de 2 a 2.5 mm, para producir un rango deseable de tamaño de partículas. Handreck y Black (1984) citados por Landis et al.(1990) recomiendan una mezcla de tamaño de partícula de corteza, incluyendo aproximadamente 1/4 a 1/3 en rango inferior a 0.5 mm.



Una de las desventajas de la corteza de pino es el problema de abastecimiento regular de corteza de calidad constante que reportan algunos viveros (Lippitt, 1989, citado por Landis et al.,1990). Otros dos potenciales problemas con el uso de la corteza son la deficiencia de nitrógeno y la presencia de toxinas orgánicas o inorgánicas (Bunt,1988, citado por Landis et al., 1990).

Algunos de los elementos mayores no están presentes en cantidades suficientes para el crecimiento de las plantas. El Nitrógeno es uno de ellos, debido a que es requerido para la descomposición de la corteza por los

microorganismos (Gartner et al., 1972 ; Van Schoor et al., 1990). Gartner et al. (1971) señalan que las plantas crecen mejor en mezclas de corteza fertilizadas adecuadamente.

Resultados de investigaciones indican que la corteza tiene propiedades físicas que la hacen una alternativa posible (Brown, 1975, citado por Brissette et al., 1991) permitiendo excelente desarrollo de micorrizas. En estudios que comparan la corteza con sustratos comerciales, las pérdidas de plantas son mayores en los sustratos comerciales con pH sobre 6, y las pérdidas se incrementan cuando la capacidad de retención de humedad en el sustrato incrementa (Pawuk, 1981, citado por Brissette et al., 1991). La corteza mantiene el pH y el agua en un rango que limita el desarrollo de enfermedades (Mitchell, 1973, citado por Brissette et al., 1991).

2.4.3 Efecto del sustrato en las plantas

Un adecuado balance de la estructura porosa de un sustrato asegura un buen intercambio gaseoso para el sistema radicular, el cual afectará directamente todas las funciones de la raíz (Landis et al., 1990). Milks et al.

(1989) citado por Landis et al.(1990) señala que el crecimiento de las plantas en contenedores pequeños, con frecuencia tiene problemas, debido a la pobre aireación o baja capacidad de retención de agua del sustrato.

Scagel y Davis (1988) señalan que las condiciones ideales para el crecimiento de la planta lo son también para la descomposición del sustrato. La descomposición reduce la porosidad de aireación del sustrato. Una pobre aireación altera la morfología de la raíz y su fisiología, y es responsable de la disminución del vigor de la planta y su estructura.

Estudios de germinación y crecimiento de plantas muestran que cualquier alteración en la aireación de un sustrato afecta el estado nutricional de dichas plantas. Es por ello, que los cambios de aireación de un sustrato reflejan cambios en las propiedades físicas de él, como también afecta el crecimiento de las plantas. La capacidad de retención de agua es la propiedad física que es más afectada (Bugbee y Frink, 1986).

Van Schoor et al. (1990) señalan que se han llevado a cabo una serie de experimentos con diferentes tipos de corteza para comparar el crecimiento de plantas. Los resultados indican que las diferencias en crecimiento pueden ser atribuibles a la especie, propiedades físicas y químicas o el efecto del compostaje.

Lunt y Clark (1969) citados por Klett et al. (1972) mencionan que la mayoría de los casos de disminución de plantas en sustratos de corteza, es debido a la pérdida de nitrógeno y no a la presencia de materiales tóxicos como se creía en ese entonces.

Van Schoor et al. (1990) señalan que en la actualidad muchos viveristas están incrementando la porosidad de sus sustratos, pero no han reconocido que también es necesario cambiar prácticas culturales, en particular, la estrategia de irrigación. Señala además, que el principal efecto de la reducción del régimen de irrigación es limitar la disponibilidad de nutrientes, debido a la pérdida del agua que es el mejor transporte de dichos nutrientes hacia las raíces de las plantas.

La temperatura es uno de los factores o aspectos del ambiente que afecta el crecimiento de las plantas. El efecto de la temperatura en el crecimiento puede variar entre las diferentes partes de la planta. Debido a que los procesos foliares son todos dependientes del agua y nutrientes minerales transportados desde el sistema radicular, la temperatura del sustrato es tan importante como la temperatura del aire (Landis et al., 1992). La absorción de agua por parte de las raíces de la planta incrementa con la temperatura y también la transpiración es directamente afectada por la temperatura del sustrato (Orlander et al. 1990, citados por Landis et al., 1992). Investigaciones muestran que, cuando la temperatura del sustrato es controlada separadamente de la temperatura del aire, tanto el crecimiento del tallo como de raíces son influenciadas por la temperatura del sustrato (Lavender y Overton, 1972, citados por Landis et al., 1992).

El color y las propiedades aislantes del contenedor afectan la temperatura del sustrato y por ende, el crecimiento radicular. Altas temperaturas del sustrato puede inhibir el

crecimiento de la raíz y puede terminar en la muerte de la planta (Furuta, 1978, citado por Landis et al., 1992).

Debido a la importancia que ha alcanzado la compostización en los últimos años, existe la necesidad de evaluar varios sustratos para algunas especies, de tal forma de determinar los que producen mejores efectos en el crecimiento y desarrollo de la planta.

La calidad de la planta tradicionalmente ha sido evaluada a través de sus características morfológicas (Lackey y Alm, 1982 ; Thompson, 1985 ; Balneaves, 1987 ; Johnson y Cline, 1991). Balneaves (1987) señala que aunque estas características dan una indicación de la calidad de la planta, no son ideales para predecir la sobrevivencia y crecimiento potenciales. Menciona además, que el potencial hídrico y la capacidad de crecimiento radicular han sido usadas como medidas de la calidad de plantas en algunas especies.

Entre los parámetros de crecimiento y desarrollo evaluados en plantas, se tiene :

- altura de tallo, medido desde el cuello de la raíz hasta la punta de la yema terminal.
- diámetro de tallo, medido en el cuello de la raíz.
- peso del tallo y raíz.
- razón tallo/raíz
- forma de la raíz, que se determina al observar al sistema radicular después de extraer la planta del receptáculo.



III MATERIALES Y METODO

3.1 Lugar del estudio

Los ensayos fueron instalados el 23 de Octubre de 1995, en el vivero San Isidro, propiedad de Forestal Millalemu S.A., ubicado a 12 km. al Este de Bulnes, Provincia de Ñuble, VIII región.

3.2 Descripción del estudio

El experimento consistió en evaluar el crecimiento y desarrollo de plantas de *Pinus radiata* D.Don. producidas a raíz cubierta, en contenedores de distinta altura y con diferente porosidad de sustrato.

El estudio contempló dos técnicas de producción : plantas provenientes de semillas y plantas provenientes de estacas. De acuerdo a lo anterior, el experimento se dividió en dos ensayos diferentes, correspondientes a cada una de las técnicas de propagación utilizada.

Luego de llenar los contenedores con sustrato, se procedió a sembrar y a enterrar las estacas. La siembra para los dos contenedores fue diferente, en el de menor longitud se utilizó siembra mecanizada y en el otro, manual.

En cada técnica de propagación a las plantas se les aplicó el mismo esquema de riego y fertilización.

3.3 Tipos de contenedores

El primer contenedor corresponde al utilizado rutinariamente por Forestal Millalemu S.A. Es un tubete de sección cuadrada de 4.4 cm, con una longitud de 10.5 cm y un volumen de 123.5 cm³. Tiene forma de pirámide truncada, fabricado de material plástico, rígido, de color negro. Se colocan en una almaciguera aislapol de 10 cm de longitud, con 84 cavidades. En adelante, este contenedor será denominado contenedor Millalemu.

El segundo, de forma cónica, tiene una longitud de 16 cm y un volumen de 133 cm³, ubicado en una bandeja rectangular de color blanco, hecha con material aislante térmico, con

84 cavidades. En adelante, este contenedor será denominado contenedor Aislapol.

3.4 Tipos de mezclas

Se utilizó mezclas de sustrato diferentes para cada técnica de propagación. Para plantas provenientes de semilla, el sustrato utilizado corresponde a compost de corteza de pino radiata (sustrato operacional del vivero) y turba, mezclados en distintas proporciones (Tabla 1). Para la producción de plantas provenientes de estacas, se utilizó como sustrato una mezcla de compost de corteza (con rangos de tamaño de partículas inferiores a 3 mm, entre 3 y 6 mm, y entre 6 y 10 mm), turba (partículas inferiores a 10 mm) y arena (partículas inferiores a 6 mm), (Tabla 3).

Las mezclas utilizadas en ambas técnicas, son cuatro; en donde una corresponde a la ocupada por el vivero como sustrato operacional (asignada como mezcla A en las Tablas 1 y 3) y las tres restantes son variaciones propuestas por Campano (1996*). Esta variación se realizó en base a la granulometría que presentaba el sustrato, tratando de

* Ingeniero Forestal, comunicación personal

obtener un adecuado balance entre las porosidades de aireación y de retención propuestas por Landis (1994):

- porosidad total 60 - 80 %
- porosidad de aireación 25 - 35 %
- porosidad de retención de agua 25 - 55 %

En la Tabla 1, se presentan las mezclas de sustrato para el ensayo con plantas provenientes de semillas.

TABLA 1 : MEZCLAS DE SUSTRATOS UTILIZADAS PARA ENSAYO DE PLANTAS PROVENIENTES DE SEMILLAS.

Nomenclatura	Contenido Corteza			Contenido Turba
	Tamaño Partícula (%)			
	< 3 mm	3-6 mm	> 6 mm	
A	100 %			0 %
	60	30	10	
B	90 %			10 %
	60	30	10	
C	80 %			20 %
	60	30	10	
D	100 %			0 %
	60	0	40	

En la Tabla 2, se presentan las porosidades de las distintas mezclas de sustrato para los dos tipos de contenedores, para el ensayo de plantas provenientes de semilla. De los valores de la Tabla 2, se desprende que sólo la porosidad de retención y porosidad de aireación de la mezcla A, cumplen con los rangos establecidos por Landis (1994) para las tres porosidades; el resto de los valores está por debajo de dicho rango.

TABLA 2 : POROSIDADES DE LAS DISTINTAS MEZCLAS DEL ENSAYO DE PLANTAS PROVENIENTES DE SEMILLAS PARA LOS DOS TIPOS DE CONTENEDOR.

Mezcla	Porosidad Total (%)		Porosidad de Aireación (%)		Porosidad de Retención (%)	
	C. Millalemu	C. Aislapol	C. Millalemu	C. Aislapol	C. Millalemu	C. Aislapol
A	51.9	54.3	26.7	27.9	25.2	26.4
B	53.6	59.0	22.8	23.0	30.8	36.0
C	54.2	55.5	21.8	19.4	32.4	36.1
D	50.4	51.1	21.8	23.3	28.6	27.8

Las mezclas de sustrato correspondientes al ensayo de plantas provenientes de estacas, se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3 : MEZCLAS DE SUSTRATOS UTILIZADAS PARA ENSAYO DE PLANTAS PROVENIENTES DE ESTACAS.

Nomenclatura	Contenido Corteza (%)	Contenido Turba (%)	Contenido Arena (%)
A	50 (< 3 mm)	30	20
B	60 (< 3 mm)	30	10
C	60 (3-6 mm)	30	10
D	60 (<3mm); 40 (>6 mm)	0	0

Las porosidades de las mezclas utilizadas en el ensayo de plantas provenientes de estacas, se muestran en la Tabla 4. Para este ensayo, los valores que están dentro del rango establecido como óptimo por Landis (1994) son los siguientes : mezcla C en el contenedor Aislapol para porosidad total y porosidad de aireación en ambos contenedores y todos los valores de la porosidad de retención.

TABLA 4 : POROSIDADES DE LAS DISTINTAS MEZCLAS DEL ENSAYO DE PLANTAS PROVENIENTES DE ESTACAS PARA LOS DOS TIPOS DE CONTENEDOR.

Mezclas	Porosidad Total (%)		Porosidad de Aireación (%)		Porosidad de Retención (%)	
	C. Millalemu	C. Aislapol	C. Millalemu	C. Aislapol	C. Millalemu	C. Aislapol
A	56.0	58.1	22.3	19.9	33.7	38.2
B	57.0	56.4	23.4	21.8	33.6	34.6
C	58.8	60.9	26.2	29.9	32.6	31.0
D	50.4	51.1	21.8	23.3	28.6	27.8

3.5 Tratamientos

Los tratamientos se originan de la combinación de los diferentes niveles de los factores estudiados.

La nomenclatura utilizada para designar los distintos factores y sus niveles se describen en la Tabla 5.

TABLA 5: NOMENCLATURA PARA LOS DISTINTOS NIVELES EN CADA FACTOR ESTUDIADO.

Tipo de contenedor	Nomenclatura
contenedor Millalemu	C ₁
contenedor Aislapol	C ₂
Mezcla de sustrato	
mezcla A de ambos ensayos	A
mezcla B de ambos ensayos	B
mezcla C de ambos ensayos	C
mezcla D de ambos ensayos	D

La simbología utilizada es similar para los ensayos de plantas provenientes de semilla y de estacas.

El tratamiento control para ambos ensayos, corresponde a la combinación C₁A, ya que contiene la mezcla de sustrato (A) y tipo de contenedor (C₁), utilizados por la empresa.

3.6 Diseño experimental

Los ensayos se instalaron utilizando un diseño de parcela dividida, con cuatro repeticiones. El primer factor, correspondiente al tipo de contenedor, se asignó a las parcelas principales. El segundo factor, asignado como subparcelas, corresponde a las mezclas de sustrato. Para cada tipo de contenedor la asignación de las subparcelas se realizó al azar (Anexo 1).

En cada subparcela se utilizaron 84 plantas (correspondiente a una bandeja), cada tratamiento constaba con 336 plantas, y el ensayo tenía un total de 2.688 plantas.

Las repeticiones se ubicaron en sentido perpendicular al avance del riego.

3.7 Variables evaluadas

Los ensayos tuvieron una evaluación al comienzo y al término del estudio. La duración del experimento fue de

siete meses. Previo a la evaluación del estudio, se realizó un análisis estadístico para determinar el número de plantas a muestrear por subparcela, para ser evaluadas. En el ensayo de plantas provenientes de semilla, el número fue de 30 plantas por bandeja, mientras que en plantas provenientes de estacas, fue de 35.

La evaluación al término del estudio se realizó en el Laboratorio de Fisiología de Plantas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

Para el ensayo de plantas provenientes de semilla se evaluaron las siguientes variables :

- porcentaje de germinación
- altura
- diámetro de cuello
- número de raíces secundarias
- volumen radicular
- peso seco tallo
- peso seco raíz principal
- peso seco raíces secundarias

Al comienzo del estudio se evaluó el porcentaje de semillas germinadas. Para ello, se determinó cada tres días, el

número de semillas germinadas en el período. Al término del estudio, se determinaron el resto de las variables. La medición del volumen de raíces, se realizó mediante el desplazamiento de agua, para lo cual se utilizó una probeta graduada. Para las mediciones de peso seco, la planta se introdujo al horno a 120°C, en una bolsa de papel, durante 24 horas.

Para el ensayo de plantas provenientes de estacas se evaluaron las siguientes variables :

- porcentaje de enraizamiento
- altura
- diámetro de tallo
- número de raíces
- volumen de raíces
- peso seco de raíces

En la determinación del porcentaje de enraizamiento se tenía una bandeja contenedor adicional para cada tratamiento. Cada cinco días, al comienzo del estudio, se sacaban las estacas de una fila de la bandeja y se determinaba la presencia de raíces. Para la determinación del número de raíces, se contaban las raíces emergidas del

callo radicular. La medición de las otras variables se realizó de la misma manera que el ensayo anterior.

Las mediciones de las distintas variables se realizaron con la siguiente precisión : la altura con 0.5 cm, el diámetro con 0.1 mm y el peso con precisión de 0.01 g.

3.8 Análisis estadístico

Los resultados de los ensayos se analizaron de acuerdo con el diseño estadístico utilizado. Para el análisis de los datos, se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS). Se llevó a cabo un análisis de varianza para determinar los efectos principales de los factores en estudio, además de la interacción entre ambos. Cuando se produjeron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre los valores medios, éstas se identificaron a través del Test de Tukey para comparaciones múltiples (Little y Hills, 1978 ; Steel y Torrie, 1988).

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados del ensayo de plantas provenientes de semilla

En la Tabla 6, se presentan los valores promedio para las diferentes variables evaluadas a las plantas. Además, se muestra el grado de significancia obtenido en el Análisis de Varianza de cada factor.


TABLA 6 : VALORES PROMEDIO PARA LOS DISTINTOS FACTORES EN ESTUDIO PARA CADA VARIABLE EVALUADA DEL ENSAYO DE PLANTAS PROVENIENTES DE SEMILLAS Y SU GRADO DE SIGNIFICANCIA.

Factor	Variables							
	Semillas germinadas %	Altura cm	Diámetro cuello mm	Número raíces sec. n°	Volumen raíces cm ³	Peso seco tallo g	Peso seco raíz princ. g	Peso seco raíz. sec. g
Factor A								
C ₁	98.59	16.2	2.5	12.6	4.1	0.95	0.11	0.55
C ₂	95.68	15.1	2.4	15.2	4.1	0.85	0.12	0.50
Factor B								
Mez. A	97.45	16.0	2.5	13.9	4.1	0.99	0.12	0.56
Mez. B	96.93	15.2	2.5	14.1	4.2	0.88	0.12	0.52
Mez. C	96.85	14.9	2.4	14.1	3.9	0.80	0.11	0.48
Mez. D	97.30	16.5	2.6	13.7	4.2	0.95	0.12	0.54
Varianza								
A	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A*B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

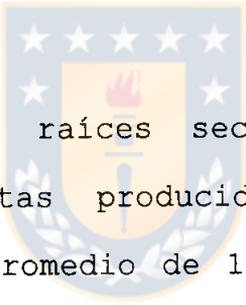
ns = no existe diferencias significativas

* = existe diferencias significativas

Los resultados de la Tabla 6, indican que la altura del contenedor y la porosidad de sustrato no afectan el porcentaje de germinación, altura, diámetro, volumen radicular, peso seco tallo, peso seco raíz principal y peso seco raíces secundarias de las plantas provenientes de semilla. Los resultados muestran además, que no existe interacción entre los factores en las variables señaladas.

Estos resultados concuerdan, para el caso de la altura, con lo señalado por Cunningham y Geary (1989) citados por Molina et al. (1992), quienes demostraron que diferencias en el tamaño del contenedor no afectan en forma importante la altura de la planta. Para el diámetro, los resultados concuerdan con lo planteado por Escobar y Sánchez (1992) y Macdonald (1986), donde señalan que el diámetro de cuello de la planta es afectado principalmente por la densidad de cultivo. Con respecto al volumen, los valores obtenidos concuerdan con lo señalado por Molina et al. (1992) en el sentido de que los receptáculos de mayor volumen no necesariamente producen plantas con mayor volumen radicular. Además, los resultados concuerdan, para el caso del peso seco de tallo, con el experimento llevado a cabo

por Bilderback et al. (1982), en donde diferentes mezclas de sustrato que tenían distinta porosidad produjeron valores promedios de peso seco de tallo similares. Ward et al. (1981) y Lackey y Alm (1982) realizaron ensayos con distintos tamaños de contenedores y diferentes mezclas de sustratos, y los resultados muestran que para contenedores con igual o similar capacidad volumétrica, las distintas mezclas no produjeron diferencias significativas en el peso seco de la raíz.



Respecto al número de raíces secundarias, la Tabla 6 muestra que las plantas producidas en el contenedor Aislapol (C_2), con un promedio de 15.2 raíces por planta, logran un 21% más de raíces secundarias que las producidas en el contenedor Millalemu (C_1), con un promedio de 12.6 raíces por planta (Figura 1). El análisis de varianza señala que las diferencias son significativas para esta variable. Esta diferencia se debe a que el contenedor Aislapol tiene mayor altura que el contenedor Millalemu; entonces, esto permite que el sistema radicular sea más largo, como lo señalan Ward et al. (1981), Liegel y Charles (1987), Landis et al. (1990) y González (1996). Por lo

tanto, al haber una raíz principal más larga, habrá una mayor cantidad de raíces secundarias.

En la Figura 1, se observa que los tratamientos C₂A, C₂B, C₂C y C₂D, correspondientes al contenedor Aislapol, presentan una mayor cantidad de raíces por planta, que las del contenedor Millalemu. El tratamiento C₂B es el que logra mayor número, con un promedio de 15.6 raíces por planta. De la figura se desprende además, que la porosidad de sustrato no influye significativamente en la cantidad de raíces por planta, ya que los tratamientos de un mismo contenedor, no presentan grandes diferencias en la cantidad de raíces. El análisis de varianza indica también, que no existe interacción entre los factores.

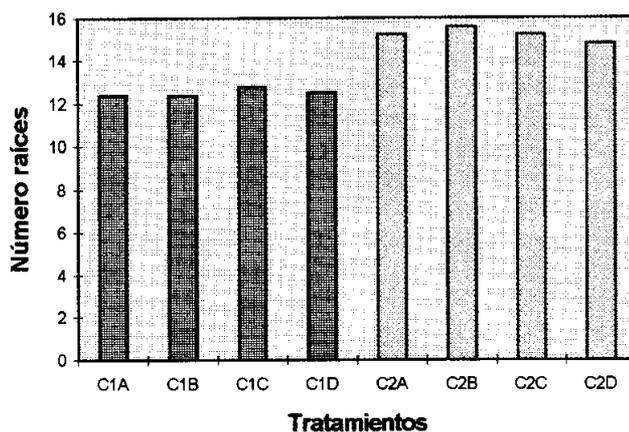


Figura 1 : Número de raíces secundarias para los distintos tratamientos.

4.2 Resultados del ensayo de plantas provenientes de estacas

En la Tabla 7, se presentan los valores promedios y el grado de significancia de acuerdo al Análisis de Varianza, de los distintos factores en estudio de cada una de las variables evaluadas.

TABLA 7: VALORES PROMEDIO PARA LOS DISTINTOS FACTORES EN ESTUDIO PARA CADA VARIABLE EVALUADA DEL ENSAYO DE PLANTAS PROVENIENTES DE ESTACAS Y SU GRADO DE SIGNIFICANCIA.

Factor	Variables					
	Estacas enraizadas %	Altura cm	Diámetro tallo mm	Número raíces n°	Volumen raíces cm ³	Peso seco raíces g
Factor A						
C ₁	78.55 a	11.8 a	2.54 a	2.9 a	1.8 a	0.23 a
C ₂	74.98 a	10.9 b	2.45 b	2.9 a	1.9 a	0.25 a
Factor B						
Mez. A	92.85 a	11.3 a	2.61 a	3.3 a	1.9 a	0.22 a
Mez. B	85.70 b	11.7 a	2.45 b	3.0 ab	1.8 a	0.21 a
Mez. C	71.40 c	10.9 a	2.46 b	2.8 ab	1.9 a	0.26 a
Mez. D	57.10 d	11.7 a	2.46 b	2.6 b	1.9 a	0.26 a
Varianza						
A	ns	*	*	ns	ns	ns
B	*	ns	*	*	ns	ns
A*B	*	*	ns	ns	ns	ns

ns = no existe diferencia significativa

* = existe diferencia significativa

En cada columna valores con letras iguales no presentan diferencias significativas

4.2.1 Porcentaje de Enraizamiento

De los valores de la Tabla 7, se desprende que la altura del contenedor no afecta el porcentaje de enraizamiento de estacas. El contenedor Millalemu (C_1) en promedio, logra un porcentaje mayor de estacas enraizadas, que el contenedor Aislapol (C_2); sin embargo, la diferencia señalada no es significativa. El porcentaje promedio de enraizamiento fue de un 76.76 %, valor considerado como muy bueno para la especie (Menzies et al., 1988).

Con respecto a la porosidad de sustrato, los resultados indican que este factor influye significativamente sobre la variable. Se aprecia que la mezcla A (50% corteza, 30% turba y 20% arena) logra un enraizamiento de estacas superior al resto de las mezclas, con un valor de 92.85 %. La mezcla D (sólo corteza con 60% <3mm y 40% >6mm) es la que presenta el promedio más bajo de enraizamiento, con un 57.1 %.

El análisis de varianza señala además, que existe interacción entre los factores. Esta interacción es explicada principalmente por la diferencias notables que presentan las mezclas de sustrato en el enraizamiento;

situación que se observa para los dos contenedores. Esta diferencia, que se aprecia en la Tabla 8 y Figura 2, puede estar explicada por la disminución de la porosidad de retención de agua en las mezclas (Tabla 4), ya que se aprecia que en la medida que disminuye la porosidad de retención, el porcentaje de enraizamiento es menor, debido a la menor disponibilidad de agua. Swanson (1989), señala que el cambio en el tamaño y acomodación de las partículas dentro del contenedor aumenta los espacios entre ellas, con lo que se incrementa el drenaje y disminuye la porosidad de retención de agua. Además, la altura del contenedor también es relevante, ya que el contenedor de menor altura (C_1) presenta una mayor proporción de sustrato saturado con agua, lo que significa, que la estaca tenga mayor probabilidad de enraizar más rápidamente.

TABLA 8 : INTERACCION DE LOS FACTORES TIPO DE CONTENEDOR Y MEZCLA DE SUSTRATO EN EL PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO.

Contenedor	Mezcla			
	A	B	C	D
Millalemu (C_1)	100	85.7	71.4	57.1
Aislapol (C_2)	85.7	85.7	71.4	57.1

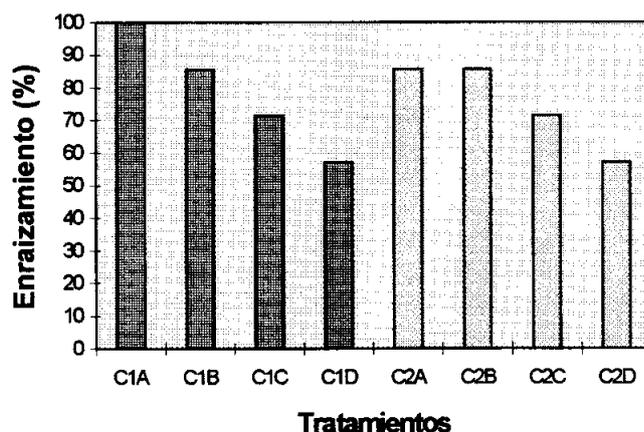


Figura 2 : Porcentaje de enraizamiento de estacas para los distintos tratamientos.

En la Tabla 9, se muestra el enraizamiento para los distintos tratamientos. Se observa que las estacas correspondientes a los tratamientos del contenedor C_1 presentan un enraizamiento más rápido o más temprano que las del contenedor C_2 , debido a que el contenedor C_1 , con un menor volumen, tenía una mayor proporción de sustrato saturado con agua.

TABLA 9 : CANTIDAD DE ESTACAS ENRAIZADAS (%) PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN EL TIEMPO.

Tratamiento	Días							
	1	6	11	16	21	26	31	36
C ₁ A	28.6	28.6	42.9	71.4	85.7	85.7	100	100
C ₁ B	28.6	42.9	42.9	57.1	57.1	57.1	71.4	85.7
C ₁ C	14.3	14.3	14.3	28.6	42.9	57.1	71.4	71.4
C ₁ D	28.6	28.6	28.6	42.9	42.9	42.9	57.1	57.1
C ₂ A	14.3	14.3	28.6	28.6	28.6	71.4	85.7	85.7
C ₂ B	14.3	28.6	28.6	28.6	42.9	57.1	71.4	85.7
C ₂ C	14.3	14.3	14.3	28.6	28.6	42.9	57.1	71.4
C ₂ D	0	14.3	28.6	42.9	57.1	57.1	57.1	57.1

4.2.2 Altura

Los resultados de la Tabla 7, indican que las estacas del contenedor C₁ logran una altura promedio de 11.8 cm; en cambio, las estacas correspondientes al contenedor C₂ alcanzan un valor promedio de 10.9 cm. El análisis de varianza señala que esta diferencia es significativa. Esto estaría explicado por el enraizamiento más rápido o más temprano que presentaron las estacas del contenedor C₁ (Tabla 9), lo que se traduce en un desarrollo más rápido del sistema radicular que se refleja en un mayor crecimiento de la planta.

De la Tabla 7, se desprende además, que la porosidad de sustrato no afecta el crecimiento en altura de las estacas. Se observa también, que la altura del contenedor interactúa con la porosidad de sustrato en la variable analizada. En la Figura 3 se aprecia que para los tratamientos del contenedor C₁, la altura de las estacas disminuye a medida que aumenta la porosidad de aireación en las mezclas o disminuye la porosidad de retención de agua, debido a que aumenta el drenaje y la altura de acumulación de agua suspendida (water perched table) disminuye (Campano, 1996). Esto significa que el sustrato tiene menor humedad y por lo tanto se verá reflejado en una menor velocidad de enraizamiento que implicará un menor desarrollo de la planta. Para los tratamientos del contenedor C₂ no se visualiza ninguna tendencia.

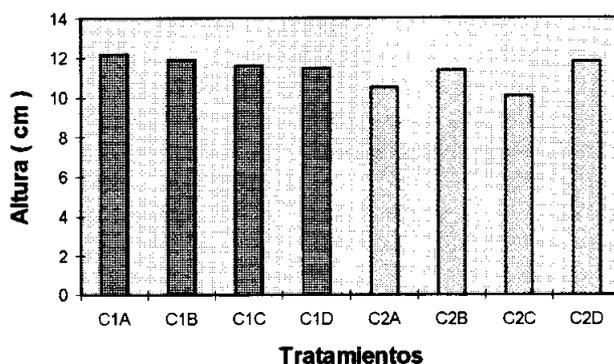


Figura 3 : Altura de las estacas para los distintos tratamientos.

4.2.3 Diámetro de tallo

Con respecto al diámetro de tallo, la Tabla 7 muestra que la altura del contenedor influye sobre el crecimiento en diámetro de las estacas. Se observa que el contenedor C₁ logra un diámetro promedio de tallo de 2.54 mm, mientras que las estacas del contenedor C₂ alcanzan un promedio de 2.45 mm. La diferencia señalada es significativa, según el análisis de varianza. Esto se explica, por la mayor humedad que tenía el sustrato correspondiente a las estacas del contenedor C₁, permitiendo un enraizamiento más rápido y por lo tanto un mejor y más rápido desarrollo reflejado en un diámetro de tallo mayor.

Los resultados de la Tabla 7 indican además, que el diámetro de tallo de las estacas es afectado por la porosidad de sustrato. La Figura 4 muestra los valores promedio de la variable analizada para las diferentes mezclas de sustrato. En ella se observa que la mezcla A es la que logra el mayor diámetro de tallo con un valor promedio de 2.61 mm. El Test de Tukey indica que los diámetros de las plantas producidas en la mezcla A, son significativamente más gruesos que el resto de las plantas

que crecen en otras mezclas, no existiendo diferencia entre ellas. El análisis de varianza señala además, que no existe interacción entre los factores para la variable analizada.

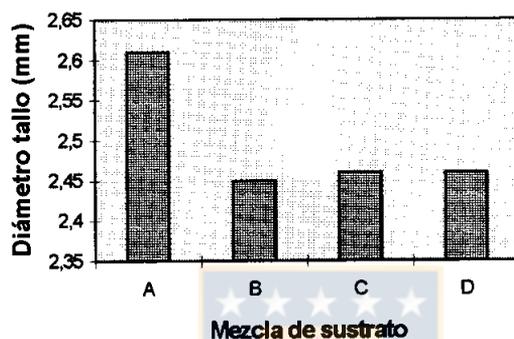


Figura 4 : Diámetros de tallo promedio de las estacas para las diferentes mezclas de sustrato.

4.2.4 Número de raíces

Respecto de esta variable, los resultados de la Tabla 7, muestran que la altura del contenedor no afecta el número de raíces de las estacas, ya que ambos contenedores lograron un promedio de 2.9 raíces por estaca.

Los resultados muestran que la porosidad de sustrato influye significativamente sobre el número de raíces de las estacas. El Test de Tukey establece que las diferencias se

producen cuando se comparan las medias de las plantas que crecen en la mezcla A (3.3 raíces por planta) con las que crecen en la mezcla D (2.6 raíces por planta) (Figura 5). Ello se debe, probablemente, a que las mezclas presentan una menor porosidad de aireación y por lo tanto la granulometría del sustrato es más fina, originando con ello una mayor dificultad por parte de las raíces para penetrar el sustrato en busca de humedad. De esta forma, la raíz se diversifica aumentando el número de ellas, para explorar una mayor superficie y así poder captar el agua. Lo contrario ocurre con una mezcla que tiene una mayor porosidad de aireación, hay mayor presencia de macroporos y por lo tanto la raíz no tiene mayor problema para penetrar el sustrato. La Tabla 7 también muestra que no hay interacción entre el tipo de contenedor y la porosidad de sustrato para la variable señalada.

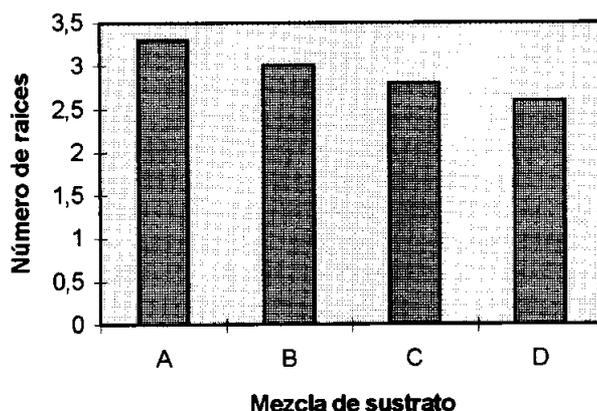


Figura 5 : Número de raíces promedio para las distintas mezclas de sustrato.

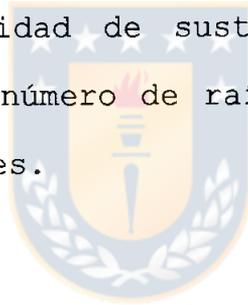
4.2.5 Volumen y peso seco de raíces

Los resultados de la Tabla 7, muestran que el volumen radicular y el peso seco de las raíces no se ven afectados por la altura del contenedor ni por la porosidad de sustrato. Para la variable volumen radicular, se destaca la homogeneidad de los valores obtenidos, alcanzando un promedio de 1.85 cm^3 . Con respecto al peso seco de raíces el promedio alcanzado fue de 0.24 cm^3 . También se observa, que no hay interacción entre los factores para las variables señaladas.

V CONCLUSIONES

1. La altura del contenedor y la porosidad de sustrato no afectan el porcentaje final de germinación de semillas.
2. El tipo de contenedor y la porosidad de sustrato no afectan la altura, diámetro de cuello, volumen de raíces, peso seco tallo, peso seco raíz principal y peso seco raíces secundarias de las plantas provenientes de semillas.
3. La altura del contenedor afecta significativamente el número de raíces secundarias de plantas provenientes de semilla.
4. La altura del contenedor y la porosidad de sustrato interactúan en las variables porcentaje de enraizamiento y altura de las estacas.
5. La altura del contenedor afecta significativamente el diámetro de tallo de las plantas provenientes de estacas.

6. La porosidad de sustrato afecta significativamente el diámetro de tallo y el número de raíces de las plantas provenientes de estacas.
7. La altura del contenedor y la porosidad de sustrato no afectan el volumen radicular y el peso seco de raíces de las plantas provenientes de estacas.
8. No existe interacción de los factores altura del contenedor y porosidad de sustrato en las variables diámetro de tallo, número de raíces, volumen radicular y peso seco de raíces.



VI RESUMEN

Utilizando un diseño de parcela dividida se analizó el efecto de la altura del contenedor y la porosidad de sustrato en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Pinus radiata* D. Don provenientes de semilla y estacas. Se midieron para ambos ensayos los principales atributos morfológicos de las plantas, además de los porcentajes de germinación y de enraizamiento, para los ensayos de plantas provenientes de semilla y estacas respectivamente.

Los resultados muestran que para las plantas provenientes de semilla, la única variable que presentó diferencias significativas fue el número de raíces secundarias, en donde el contenedor de mayor longitud produjo mayor cantidad de raíces. En el ensayo de plantas provenientes de estacas, el contenedor de mayor longitud produjo plantas con mayor altura y diámetro de tallo. Por otra parte, con respecto a la porosidad de sustrato, las mezclas con mayor porosidad de retención de humedad produjeron mayor cantidad de estacas enraizadas y plantas con mayor diámetro de tallo y número de raíces.

VII SUMMARY

Using a split plot design was analyzed the effect of container height and the growing media porosity on growth and development of radiata pine seedlings and cuttings (*Pinus radiata* D. Don). The plants main morphologic attributes were measured for both trials, besides the percentages of germination and rooting, for the trials of seedlings and cuttings respectively.

The results show that for seedlings, the only variable that presented significant differences was the number of secondary roots, where the higher container produced greater amount of roots. In the cutting trials, the higher container produced plants with greater height and stem diameter. On the other hand, with respect to the growing media porosity, the mixtures with greater water-holding porosity produced greater amount of rooted cutting and plants with greater stem diameter and roots number.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. Balneaves, J.M. 1987. Root growth capacity of *Cupressus macrocarpa* and *Pinus radiata* seedlings. New Zealand Forestry. 32 (2) : 24-25.
2. Beardsell, D.V. ; D.G. Nichols and D.L. Jones. 1979. Physical Properties Of Nursery Potting-Mixtures. Scientia Horticulturae, N° 11 : 1-8.
3. Bernier, P.Y. 1992. Soil Texture Influences Seedlings Water Stress in More Ways Than One. Tree Planters Notes, 43 (2) : 39-42.
4. Bilderback, T.E ; W.C. Fonteno and D.R. Johnson. 1982. Physical Properties of Media Composed of Peanut Hulls, Pine Bark, and Peatmoss and their Effects on Azalea Growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 (3) : 522-525.
5. Brissette, J.C. ; J.P. Barnett and T.D. Landis. 1991. Container Seedlings. pp. 117-141. In : M.L. Duryea & P.M. Dougherty (eds.). Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publishers.
6. Brown, E.F. and F.A. Pokorny. 1975. Physical and Chemical Properties of Media Composed of Milled

- Pine Bark and Sand. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100
(2) : 119-121.
7. Bugbee, G.J. and C.R. Frink. 1986. Aeration of Potting Media and Plant Growth. Soil Science, Vol. 41, N°6 :438-441.
 8. Campano, J. 1996. Efecto de la Granulometría y Altura del Contenedor en las Porosidades del Compost de Corteza de *Pinus radiata* D.Don. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
 9. Escobar, R. y M. Sánchez. 1992. Producción de Plantas Forestales : Algunos Aspectos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Boletín de Extensión N° 51. Chillán, Chile.
 10. Gartner, J.B. ; M.M. Meyer and D.C. Saupe. 1971. Hardwood Bark as a Growing Media for Container-Grown Ornamentals. Forest Products Journal. Vol. 21, N°5: 25-29.
 11. Gartner, J.B ; T.D. Hughes and J.E. Klett. 1972. Using Hardwood Bark in Container Growing Mediums. American Nurseryman. N°135 : 10-11, 77-79.
 12. González, M.F. 1996. Efectos del Tipo de Contenedor en Distintos Atributos Morfológicos en Plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis de Grado.

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

13. Haynes, R.J. and K.M. Goh. 1978. Evaluation of Potting Media for Commercial Nursery Production of Container-Growth Plants. N.Z. Journal of Agricultural Research. 21 (1978): 449-456.
14. Johnson, J.D. and M.L. Cline. 1991. Seedlings Quality of Southern Pines. pp. 143-159. In : M.L. Duryea & P.M. Dougherty (eds.). Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publishers.
15. Klett, J.E. ; J.B. Gartner and T.D. Landis. 1972. Utilization of Hardwood Bark in Media for Growing Woody Ornamental Plants in Containers. J. Amer. Hort. Sci. 97 (4) : 448-450.
16. Lackey, M. and A. Alm. 1982. Evaluation of Growing Media for Culturing Containerized Red Pine and White Spruce. Tree Planters Notes, 33 (1) :3-7.
17. Landis, T.D. ; R.W. Tinus ; S.E. McDonald and J.P. Barnett. 1990. Container and Growing Media. Vol. 2 The Container Tree Nursery Manual. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agricultural Handbook 674. Washington D.C.
18. Landis, T.D. ; R.W. Tinus ; S.E. McDonald and J.P. Barnett. 1992. Atmospheric Environment. Vol. 3 .

The Container Tree Nursery Manual. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agricultural Handbook 674. Washington D.C.

19. Landis, T.D. 1994. Apuntes del curso de Viveros y Repoblación. Centro para la Forestación de las Américas. Universidad Estatal de Nuevo México. USA.
20. Liegel, L.H. and R.V. Charles. 1987. Traditional Seedbed Preparation and Sowing. Chapter 9, pp. 37-46. In : A Technical Guide for Forest Nursery Management in the Caribbean and Latin America. An Institute of Tropical Forestry publicator in coooperation with the University of Puerto Rico. Forest Service. General Technical Report. SO-67. New Orleans, Lousiana, USA.
21. Little, T. y F. Hills. 1978. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas. México.
22. Macdonald, B. 1986. Practical Woody Plant Propagation for Nursery Growers. Volume 1. Timber Press, Oregon. 669 p.
23. Menzies, M. ; T. Faldus and M. Dibley. 1988. Vegetative propagation of juvenile radiata pine. Forest Research Institute. Bulletin N°135.

24. Molina, M.P. ; D. Barros y R. Ipinza. 1992. Análisis de Distintos Contenedores para la Producción de Plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. Ciencia e Investigación Forestal. N°2. Vol. 6 : 169-193.
25. Pokorny, F.A. 1982. Pine Bark as a Soil Amendment. pp. 131-139. In : Proceedings Southern Nursery Conferences. Western Session. Oklahoma City. August 9-12. USA.
26. Salgado, O.M. 1996. Supervivencia y Crecimiento de Plantas de *Eucalyptus globulus* Labill Plantadas en Diferentes Sectores de la VI región. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
27. Scagel, R.K. and G.A. Davis. 1988. Recommendations and Alternative Growing Media for Use in Containerized Nursery Production of Conifers : Some Physical and Chemical Properties of Media and Amendments. In : Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1988 August 8-11, Vernon.USA.
28. Steel, R.G. y J.H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Ed. McGraw-Hill. México.

29. Swanson, B.T. 1989. Critical Physical Properties of Container Media. American Nurseryman, June 1 : 59-63.
30. Thompson, B.E. 1985. Seedling Morphological Evaluation: What You Can Tell By Looking. pp. 59-71. In : Duryea, M.L. (ed.).1985. Proceedings : Evaluating Seedling Quality : Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test. Workshop held October 16-18,1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.
31. Toval, G. 1983. Utilización de la Corteza de Pinos como Sustrato en Viveros. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias : Serie Forestal. N°7 : 67-81. España.
32. Tyler, R.W. 1993. The Promise of Compost. American Nurseryman. July 15 : 60-73.
33. Van Schoor, M.J. ; I.E. Smith and C.L. Davis. 1990. Preparation and Utilization of Pine Bark as a Growing Medium for Plants. Report submitted by the department of horticultural science, University of Natal, Pietermaritzburg. South Africa.
34. Ward, T.M. ; J.R. Donnelly and C.M. Carl. 1981. The Effects of Containers and Media on Sugar Maple Seedlings Growth. Tree Planters Notes, Summer 1981 : 15-17.

IX ANEXO

Nº1 : Diagrama de distribución de las bandejas contenedores dentro de la nave en el vivero.

N
↑

Repetición 1							
C2				C1			
A	C	D	B	D	C	B	A
Repetición 2							
C1				C2			
C	B	A	D	A	B	D	C
Repetición 3							
C1				C2			
B	A	D	C	B	C	A	D
Repetición 4							
C2				C1			
B	A	C	D	A	B	C	D

Donde :

A,B,C,D : mezclas de sustrato

C₁ : contenedor Millalemu

C₂ : contenedor Aislapol

