



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Producción de plantas de *Pinus ponderosa* 1:1 en viveros de Valdivia y Cochrane

Patrocinante: Sr. Oscar Thiers E.

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

FREDDY RICARDO KRÜGER SOLIS

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Oscar Thiers E.	6,5
Informante:	Sr. Víctor Gerding S	6,4
Informante:	Sr. Jaime Büchner O.	6,6

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. Oscar Thiers E.

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios y a quienes me dieron la vida, mis queridos padres *Guillermo Krüger y Mercedes Solis*, por el gran amor y apoyo mostrado durante todos estos años de estudio, y que por fin se ven reflejados en la culminación de esta etapa de mi vida. A mis profesores al Dr. Oscar Thiers por el constante apoyo, tiempo compartido y dedicación mostrada, Dr. Víctor Gerding, por su sabiduría e infinita paciencia durante las innumerables correcciones realizadas a este escrito, y a Don Jaime Büchner por su paciencia y preocupación durante el desarrollo del presente trabajo.

También deseo agradecer a mis tíos *Luisa, Roberto* y a mis primos, por su paciencia durante estos años, a mi polola *Elisa* y amigos en general. A la Sra. Eli y Don Miguel, por la preocupación mostrada en el avance del trabajo y a todos los que de alguna u otra forma me apoyaron y colaboraron antes y durante el desarrollo del escrito.

Por último, lo prometido es deuda, dar las gracias a mi amigo y colega Carlos Castillo, por la colaboración en este estudio.

Muchas gracias...

Freddy Ricardo Krüger Solis

Dedicado a Dios y a mis Padres...

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio consistió en la caracterización de plantas de *Pinus ponderosa* 1:1 de los viveros La Quila, X Región y Río Cochrane, XI Región. Comenzando por un muestreo para observar la variabilidad de las plantas en altura y separando por rangos de calidad de altura en ambos viveros. Se realizó la medición de parámetros de crecimiento en altura, DAC, largo de raíz pivotante y clasificación de raíces por forma y densidad, de cada planta muestreada. Posteriormente las muestras se separaron en partes aéreas y radicales, y se secaron en horno con el objetivo de analizar la biomasa. Los datos obtenidos se analizaron gráficamente y estadísticamente para determinar la existencia de diferencias significativas entre calidades de plantas y entre viveros. Entre los resultados, se destacan las plantas del vivero La Quila, las cuales fueron significativamente mayores ($P < 0,01$) para todas las variables y pesos secos. Sin embargo, presentaron un desarrollo deficiente en la forma de sus raíces; no así en el vivero Río Cochrane, donde las plantas pesen a ser más pequeñas mostraron una mejor forma radicular. Además se aplicaron funciones de calidad de plantas para evaluar cada vivero, determinando los valores de diferentes índices y la aplicabilidad de éstos en los sistemas de producción de *P. ponderosa*. También se constató la posibilidad de utilizar correlaciones entre variables morfológicas e índices de calidad para explicar el futuro comportamiento de las plantas en terreno. El índice de Dickson presentó una alta correlación con el largo de tallo y DAC de las plantas para ambos viveros. Se discuten los factores más limitantes de cada vivero, en el caso del vivero La Quila se identificaron deficiencias en el trasplante y para Río Cochrane en el control de malezas y densidad posttrasplante.

Palabras claves: *Pinus ponderosa* 1:1, parámetros de crecimiento, índices de calidad.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes generales de la especie <i>Pinus ponderosa</i>	2
2.2 Viverización de <i>Pinus ponderosa</i>	3
2.3 Índices morfológicos utilizados en la evaluación de calidad de plantas	7
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	9
3.1 Área de estudio	9
3.1.1 Características de sitio de los viveros	9
3.1.2 Características de producción de los viveros	11
3.2 Método	11
3.2.1 Diseño e intensidad de muestreo	11
3.2.2 Clasificación de raíces por calidad	13
3.2.3 Determinación de biomasa por componentes	14
3.2.4 Calidad de plantas	14
3.2.5 Muestreo para análisis químico nutritivo foliar y de suelos	14
3.2.6 Pruebas estadísticas de contraste para las características de crecimiento	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Presentación de Resultados	15
4.1.1 Análisis descriptivo general de las plantas muestra	15
4.1.2 Contenido de nutrientes en el follaje	16
4.1.3 Clasificación de raíces gruesas	16
4.1.4 Biomasa aérea y de raíces	17
4.1.5 Indicadores de calidad de planta	19
4.2 Discusión de Resultados	21
5. CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31
Anexos	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis químico nutritivo de suelos de los viveros (profundidad 0-20 cm)	10
Cuadro 2. Análisis químico nutritivo foliar (30 plantas de todas las calidades) para cada vivero	16
Cuadro 3. Biomasa por componente y según calidad para el vivero La Quila (Q) y Río Cochrane (C)	19

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Rangos de índices de Dickson citados para algunas especies	9
Figura 2. Variación de la altura de las plantas y n muestral por calidad para los viveros La Quila y Río Cochrane	12
Figura 3. Estadígrafos descriptivos de las plantas de <i>Pinus ponderosa</i> producidas en los viveros La Quila y Río Cochrane	15
Figura 4. Frecuencia para las categorías de forma y densidad de raíces gruesas por vivero	17
Figura 5. Biomasa aérea y de raíces para las plantas de los viveros La Quila y Río Cochrane	18
Figura 6. Estadísticos descriptivos de los índices de calidad de planta	20

1. INTRODUCCIÓN

La superficie de plantaciones de *Pinus ponderosa* Dougl. en Chile alcanza a las 12 mil hectáreas que se encuentran en las Regiones IX y XI. Se ha planteado que esta especie es una alternativa de desarrollo para zonas con limitaciones climáticas de bajas temperaturas y déficit hídricos, como así también limitaciones edáficas, donde otras especies forestales no pueden desarrollarse.

La producción de plantas, es uno de los procesos más relevantes en el éxito de la repoblación artificial de un área. La preparación de las plantas en vivero determinará el fortalecimiento y la capacidad de soportar los trastornos de agentes bióticos y abióticos durante la etapa del establecimiento. Por tal razón, existe la necesidad de mejorar las diferentes labores y técnicas que se emplean en los sistemas productivos de viveros forestales. Estas mejoras se traducen en la producción de plantas de *P. ponderosa* de buena calidad, mediante adecuadas técnicas de siembra, fertilización, manejo radicular y trasplante, asegurando una mayor sobrevivencia de las plantas y un rápido crecimiento inicial. De acuerdo a lo planteado anteriormente, la identificación de aspectos básicos que aseguren un mejor sistema productivo en viveros para plantas de *P. ponderosa* apoyaría de gran manera el desarrollo de plantaciones productivas en las regiones del sur de Chile.

Este trabajo plantea como objetivo general analizar los actuales sistemas de producción de *P. ponderosa* utilizados por los viveros “La Quila” (Valdivia, X Región) y “Río Cochrane” (Cochrane, XI Región). De esta forma, este trabajo desarrolla los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar y comparar parámetros de crecimiento de las plantas de *P. ponderosa* producidas en ambos viveros.
- Caracterizar las plantas de *P. ponderosa* mediante indicadores de calidad en ambos viveros.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes generales de la especie *Pinus ponderosa*

Pinus ponderosa es una especie que posee un área de distribución natural extraordinariamente amplia en el Oeste Norteamericano. Esta especie se distribuye desde British Columbia en Canadá hasta el límite de los EE.UU. con México (51° a 32° N). En longitud, la mayor extensión se encuentra entre el estado de Nebraska hasta la costa del Océano Pacífico (100° a 124° O). Cabe destacar que la distribución longitudinal como latitudinal no es continua producto de la barrera natural generada por las montañas Cascadas. *Pinus ponderosa* también se encuentra en dos centros de distribución en Sierra Nevada y las Montañas Cascadas por un lado, y Montañas Rocallosas por el otro. Altitudinalmente aparece desde el nivel del mar hasta 3.350 m s.n.m. (Conkle y Critchfield, 1988) (Anexo 2).

La especie abarca una gran variedad de climas, donde el más frecuente es el mediterráneo. Este clima muestra precipitaciones anuales de 250 a 650 mm y posee poca humedad en verano. Sin embargo, la especie suele ser encontrada en localidades bastante más húmedas, con precipitaciones anuales entre 1.000 y 1.800 mm (Stagit Valley en el noroeste de Washington y Challeng, norte de California). La temperatura media de su área de distribución natural fluctúa entre 5° y 10°C. Las extremas absolutas son significativas, registran -40° y 43°C respectivamente (Martínez y Peñaloza, 1979). Con relación a precipitaciones sólidas, Megahan y Steele (1988) informan sobre daños producidos por movimientos laterales de nieve en rodales jóvenes. El tipo y grado de daño fluctúa desde tallos terminales torcidos, hasta árboles enteros torcidos (Sanhueza, 1998).

Los suelos típicos para esta especie son de diferente origen, sedimentarios, metamórficos e ígneos. *Pinus ponderosa*, por tanto, ocupa una gran variedad de tipos de suelos con texturas franco arenosa, franco limosa y arena franca; con un amplio rango de pH (4,9 a 9,1). Sin embargo, existe una alta ocurrencia en el rango de pH 6,0 a 7,0 y mejores desarrollos en suelos franco arenosos y franco arcillosos (Ackerknecht *et al.*, 1972; Van Hooser y Keegan, 1988).

En el hemisferio sur, se han medido incrementos anuales de 24 m³ ha⁻¹ año⁻¹ a los 30 años en Nueva Zelandia y valores similares en el sur de Argentina (Isla Victoria de Lago Nahuelhuapi), donde existen crecimientos medios de 23 y 27 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (Martínez y Peñaloza, 1979). En la provincia de Neuquén, Argentina, las plantaciones de *P. ponderosa*, están distribuidas en una amplia gama de sitios, abarcando extensas zonas, desde el bosque muy húmedo a húmedo, ecotono bosque-estepa y en la estepa. Para la especie en estudio en Neuquén se han encontrado valores para *P. ponderosa* entre 6 y 45 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (Girardin y Broquen, 1995). Los rendimientos de estas plantaciones son variables, y a la vez muy superiores a los registros comunicados en la distribución geográfica original de la especie para regiones de EEUU, los que alcanzan a 5 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en las plantaciones más productivas seleccionadas de la costa Pacífica (Van Hooser y Keegan, 1988; Meurise, 1988).

Pinus ponderosa es una especie muy intolerante a la sombra, lo cual se demuestra en el estudio comparativo realizado en British Columbia entre *P. ponderosa*, *P. menziessi* y *P. engelmannii*, donde se evaluó el crecimiento a distintos niveles de luminosidad durante tres estaciones de crecimiento. *P. ponderosa* es la especie que obtuvo la menor sobrevivencia producto de la disminución de la luminosidad, factor que afectó a todas las especies, que disminuyeron su crecimiento en altura, diámetro y biomasa. Sin embargo, *P. ponderosa* tuvo la menor reducción del incremento en altura, lo que se explicaría por el hecho que las especies intolerantes a la sombra concentran la fotosíntesis en el crecimiento en altura, mientras que las especies tolerantes a la sombra dan mayor énfasis a las ramas laterales para capturar más luz en los ambientes limitantes de este factor (Chen, 1997).

En Chile, la mayoría de los antecedentes sobre crecimiento de rodales de *P. ponderosa* se concentra en la XI Región. En un ensayo de raleo desarrollado por INFOR (1999a) en plantaciones establecidas en la XI Región se evaluaron dos rodales, el primero de 12 años (1994), ubicado en el predio Miralejos, a densidad antes del raleo entre 1.600 a 2.100 árboles ha⁻¹ y el segundo en la Reserva Nacional Coyhaique, plantación de 24 años al inicio del ensayo, en agosto de 1994, a densidad inicial de 1.600 a 2.600 árboles ha⁻¹. En ambos casos se realizó una medición del ensayo 4 años después de intervenido.

En el predio Miralejos, los incrementos medios anuales en DAP fluctuaban entre 0,80 y 1,06 cm año⁻¹ antes del raleo y 4 años después del raleo el incremento medio anual en diámetro aumentó entre 1,25 y 1,40 cm año⁻¹. Para el caso del incremento medio en altura, antes del raleo los valores variaron entre 0,43 y 0,48 m año⁻¹, mientras que después del raleo estos valores disminuyeron levemente a 0,40 y 0,43 m año⁻¹.

En la Reserva Nacional Coyhaique los incrementos medios anuales en diámetro antes del raleo, a la edad de 24 años, varían entre 0,83 y 0,94 cm año⁻¹ y cuatro años después del raleo los incrementos aumentaron entre 1,08 y 1,23 cm año⁻¹. Los incrementos medios en altura antes del raleo fluctuaron entre 0,40 a 0,45 m/año mientras que cuatro años después del raleo se encontraron valores levemente menores entre 0,32 a 0,41 m año⁻¹.

Los crecimientos medios mensuales de plantaciones en la XI Región se ha observado que el mayor crecimiento en altura y diámetro de la especie se concentra en los meses de octubre, noviembre y diciembre, y en este último mes se produce alrededor del 50 % del incremento de la temporada (INFOR, 1999b).

2.2 Viverización de *Pinus ponderosa*

En Chile, en la temporada 2001/2002, 319 viveros produjeron un total de 260 millones de plantas forestales. Del total de viveros, sólo un 2% produjo plantas de *P. ponderosa* (Chile Forestal, 2002). La producción de plantas de *P. ponderosa* en el país es de 2,5 millones de plantas, de las cuales, más del 95% se concentra en la XI Región. La producción de plantas se realiza principalmente a raíz desnuda, obteniendo plantas 2:0. En los casos de producción 1:1, éstas permanecen un año

en contenedor o cama de crecimiento y después son trasplantadas a platabandas (Quiroz y Rojas, 2003).

Al respecto, Hansen y Lugano (1997) señalan que una planta de *P. ponderosa* a raíz desnuda de óptima calidad en su zona de origen, debe tener las siguientes características: altura de la parte aérea de 15-20 cm, diámetro de cuello de 6-7 mm, una raíz ramificada con más de 7 a 8 raíces secundarias bien provistas de raicillas.

La producción de plantas de *P. ponderosa* en su zona de origen (EEUU) se realiza preferentemente a raíz desnuda 1:1. La preparación física del suelo se efectúa entre los meses de septiembre y octubre, generalmente se realiza en forma mecanizada, utilizando arado cincel y sucesivas pasadas de rastra, en algunos casos se emplea rotocultivador accionado por toma de fuerza de un tractor para la nivelación del terreno (Quiroz y Rojas, 2003).

A través de un análisis de suelo se determinan los niveles de elementos nutritivos existentes para establecer las dosis de fertilización necesarias para lograr los niveles adecuados de nutrientes en el suelo. Cuando el suelo no puede proveer los nutrientes demandados por la planta, la aplicación de la cantidad correcta de fertilizantes en el momento oportuno es indispensable para que éstas alcancen un desarrollo óptimo (Landis y Fisher, 1995). Dependiendo de las condiciones del suelo generalmente se aplica NPK (10-45-16) en dosis variables (Schinelli, 2003), y en otros casos sólo fósforo, dependiendo de los requerimientos del suelo y de los resultados del análisis. Es importante una fertilización pre-siembra ya que las reservas en la semilla son limitadas.

Para el control de plagas presiembra se aplican productos insecticidas, fungicidas y herbicidas, incorporándolos al suelo mediante rastra combinada. Los insecticidas comúnmente utilizados para el control de los gusanos cortadores son Namacur en dosis 10 L ha^{-1} en 400 L de agua. El control de los hongos del complejo Dumping-off se realiza aplicando Captan o Monceren en dosis de 2 a 3 kg ha^{-1} , y por último para el control de malezas previo al arado y preparación del suelo se aplica Roundup o Atrazina en dosis de 4 L y 2 kg ha^{-1} respectivamente en 400 L de agua. Realizadas todas las faenas anteriores se forman las platabandas con una maquina platabandera, normalmente se realizan platabandas sobre nivel y de 1m de ancho.

Normalmente dos meses antes de la siembra las semillas pasan por un tratamiento de estratificación. Para la estratificación se recomienda un período de remojo de 24 a 48 horas en agua con cloro y en frío por un período de 30 a 60 días a una temperatura de 1°C a 5°C ; es importante controlar la temperatura de estratificación, para prevenir la germinación anticipada. Las semillas germinan mucho más rápido a temperaturas de 5°C que a 2°C (Danielson y Tanaka, 1978; Habeck, 1992). La época de siembra varía entre la segunda quincena de septiembre y la primera quincena de octubre, dependiendo de las condiciones climáticas. La profundidad de siembra varía entre 0,5 y 1,0 cm. En el caso de plantas a raíz desnuda, el espaciamiento varía de 2 a 5 cm sobre la hilera, 6 a 7 hileras que equivalen a 300 y 140 plantas m^{-2} respectivamente (Quiroz y Rojas, 2003). De haber sobrevivido algunas semillas de

malezas a la aplicación postsiembra, estas germinaran antes que las plántulas de pino, por lo que se aplican cuidadosamente herbicidas de contacto, uno de los comúnmente utilizados es Gramoxone en dosis de 2 L ha⁻¹ en 400 L de agua.

Se debe ser muy cuidadoso en controlar la presencia de aves, especialmente en el período de preemergencia, ya que pueden causar importantes pérdidas de semillas, lo que constituye un grave problema en los viveros. La forma de control más utilizada es mediante una persona que se dedica a ahuyentar las aves; también se utilizan cintas de polietileno negro como ahuyentadores. Larson (1963), afirma que a semanas de la germinación las raíces ya pueden penetrar profundidades de 50 cm o más en la búsqueda de agua en el suelo.

En los cuidados de preemergencia y postemergencia, las dosis químicas de aplicación en el control de malezas varían, dependiendo de las condiciones de terreno y la intensidad de cultivo. En viveros de la XI Región se aplica el producto Goal 2EC en dosis de 0,8 a 1,5 L ha⁻¹ ya que este herbicida es sistémico de contacto y abarca un gran número de malezas de hoja ancha y gramíneas, anuales y bianuales (Quiroz y Rojas, 2003). Las aplicaciones deben realizarse temprano o en horas de la tarde, con temperaturas no menores a 10°C, además se riega antes de su aplicación. El ideal es que las aplicaciones de estos herbicidas de contacto se realicen cuando las plantas tengan como mínimo 4 meses de edad, para no causarles daño.

Es importante considerar en los cuidados postemergencia el control fitosanitario, que puede ser de tipo preventivo o curativo. Para el control de hongos las medidas son preventivas, aplicándose productos como el Benlate, Captan y Monceren, algunos viveros como medida preventiva realizan aplicaciones mensuales¹. Para el control de insectos, por lo general de larvas de diferentes familias del orden *Coleoptera*, las medidas son curativas y el producto depende del tipo de insecto que ataque, normalmente se aplica Lorsban en dosis de 1,5-2 L ha⁻¹ de producto comercial en 400 L agua (Quiroz y Rojas, 2003). También se realizan fertilizaciones postsiembra en las distintas etapas de desarrollo vegetativo de la planta comenzando a los 4 meses de edad de las plantas. Se realizan algunas aplicaciones de abonos foliares cada dos semanas a base de nitrógeno y potasio, posterior a una fertilización base, con Bayfolan en dosis de 90 cm³ en 13 L de agua, o Nitrofoska en dosis de 40 cm³ en 13 L de agua en 0,25 ha (Brandt, 2004).

Los ataques a los cultivos son principalmente ocasionados por gusanos, los que se pueden controlar aplicando productos como Zero 5 EC en dosis de 150 cm³ ha⁻¹. Este insecticida actúa por contacto e ingestión. Destaca su acción sobre insectos del orden *Lepidoptera*, *Homóptera*, *Thysanoptera* y otros especialmente en sus estados inmaduros de larvas o gusanos¹.

En otros casos los principales problemas son el complejo de hongos Dumping off durante los primeros 30 días de germinación, el control se realiza con fungicidas

¹ Sergio López. Ingeniero Forestal, BOPAR. Comunicación personal

como Captan en dosis de 1,5 kg o Pomarsol 1 kg en 400 L de agua ha⁻¹. Además se realiza una mezcla de ambos la cual se aplica cada 8 días. Los otros problemas observados son gusano de suelo, el que se controla con aplicaciones de Cascade 0,7 L en 400 L de agua. Las aplicaciones son de dos tipos: en julio preventivas y en enero curativas, en ambos casos una aplicación que se repite a los 15 días².

Las fertilizaciones postsiembra se realizan en las distintas etapas de desarrollo vegetativo de la planta; etapa de crecimiento en altura con aumentos en el consumo de nitrógeno y potasio, donde la fertilización apunta a promover el desarrollo general de la planta en la época de máximo crecimiento de tallo y hojas, ya que son elementos básicos para el normal funcionamiento del metabolismo. La etapa de enraizamiento con un mayor consumo de fósforo por la planta, la fertilización fosfatada promueve la regeneración de la masa radicular. En la etapa de lignificación cuando vuelve a aumentar el consumo de fósforo y potasio, pero se disminuye el aporte de nitrógeno para detener el crecimiento de la parte aérea de la planta (Schinelli, 2002), por lo cual se recomiendan las aplicaciones luego de la primer poda radical (otoño del primer año) y durante los períodos de crecimiento de raíces.

El trasplante o repique se realiza entre los meses de agosto y septiembre, y la densidad de trasplante recomendada es de 100 a 140 plantas m⁻² (Quiroz y Rojas, 2003). El manejo radicular contempla la poda basal de la raíz principal ya que esta especie presenta una gran habilidad para desarrollar una raíz principal vigorosa lo que es una muestra de su fortaleza para adaptarse a sitios severos donde otras especies fracasan (Larson, 1963). El manejo radicular, valido para cualquier especie, es indispensable para *P. ponderosa*, éste se realiza con podadora basal horizontal accionada por toma de fuerza de un tractor cuando la planta cumple un año y posteriormente si así se requiriese se realiza nuevamente una poda en el mes de enero (Brandt, 2004). La finalidad de este manejo radicular es de promover crecimiento de raíces secundarias produciendo un mayor equilibrio entre la parte transpirante y absorbente. Los descalces también mecanizados, mediante una descalzadora se realizan como una medida de acondicionamiento de la planta y dependiendo de los viveros, se efectúa en el mes de febrero o quince días después de cada poda basal de la segunda temporada y previo a la cosecha entre los meses de junio y agosto. Después de las podas y descalces es necesario regar abundantemente para recuperar la planta del estrés provocado por la pérdida de parte de sus raíces.

El riego varía según las condiciones climáticas del lugar de producción y de la capacidad de retención de agua del suelo. En la XI Región generalmente en el periodo de preemergencia debe regarse con frecuencia cada 2 ó 3 días y en el periodo de postemergencia se realiza un riego todas las tardes (Brandt, 2004).

En EEUU se utilizan distintos métodos productivos, pero uno de los sistemas más ocupados son aquellos mixtos, un año en contenedor (tipo Plug) y uno en platabanda. Los resultados de estudios, destacan que la poda de raíces tiende a

²Jaime Büchner. Ingeniero Forestal, CEFOR S.A. Comunicación personal.

reducir la altura de las plantas, el volumen del tallo y raíces, diámetro de cuello y relación tallo/raíz, aumentando el crecimiento potencial de la raíz (Sloan, 1994). La poda química para plantas en contenedor presenta comportamientos diferentes ya que las plantas producidas en contenedor al ser podadas químicamente tiende a aumentar significativamente el diámetro de cuello, además de formar un sistema radicular más fibroso, denso y compacto (Barajas, 2004).

El aumento del espaciamiento en el vivero, producto de raleos que tienen como finalidad eliminar las plantas con mala forma y dar el espaciamiento necesario para permitir expresar a las plantas todo su potencial de desarrollo, aumentó la altura el diámetro de cuello, el volumen del tallo, raíz y la relación tallo/raíz (Sloan, 1994).

En Chile no hay muchos estudios sobre *P. ponderosa*, algunos de ellos como el de Gerding (1981) hacen referencia a la evidente susceptibilidad de *P. ponderosa* a la competencia de malezas en las platabandas de trasplante. Gerding (1981) determinó que producto del lento crecimiento inicial las plantas de *P. ponderosa*, éstas son rápidamente sobrepasadas en altura por las malezas, lo cual afecta negativamente a la altura de la planta y diámetro del cuello.

2.3 Índices morfológicos utilizados en la evaluación de calidad de plantas

Un índice morfológico es una combinación de dos o más parámetros morfológicos. Ellos son generalmente diseñados para servir a uno o dos propósitos, el primero es para describir un atributo abstracto de una planta, tal como balance y/o vigorosidad. El segundo es para determinar la importancia relativa de la combinación de los parámetros morfológicos en un índice que expresa más estrechamente el funcionamiento de terreno de algún parámetro individual (Thompson, 1985).

Los índices morfológicos de calidad de plantas cobran mayor importancia al tratarse de plantaciones en zona de estepa, en especial el parámetro de fibrosidad de raíces y diámetro de cuello: una mayor fibrosidad (mayor cantidad de raíces secundarias y pelos absorbentes) le dará a la planta mayor margen de exploración de suelo y posibilidad de captación de agua y nutrientes; y el diámetro de cuello es el parámetro que generalmente se relaciona con la cantidad de reservas con que cuenta la planta para iniciar su crecimiento en primavera, luego de ser plantada, con lo cual cuanto mayor sea éste, también lo será el crecimiento inicial en plantación³.

Existen distintos índices morfológicos para evaluar calidad de las plantas, los cuales combinan dos o más variables morfológicas. Por otro lado, distintos índices morfológicos reúnen las variables que miden la capacidad de respuesta o desarrollo de las plantas bajo determinadas condiciones ambientales, como la resistencia a las heladas y al estrés hídrico, entre otras.

³ Teresa Schinelli C., Técnico Forestal. Campo Experimental INTA Trevelin, EEA Esquel. Comunicación personal

Existe una tendencia general entre los profesionales forestales de zonas mediterráneas y sobretodo de zonas secas, a recurrir a plantas más bien pequeñas, que tengan más desarrollado el sistema radical que la parte aérea, rechazando las plantas muy grandes. Existen evidencias de que las plantas con menor relación tallo/raíz pueden mantener un mejor estado hídrico con un consumo más moderado de agua en situaciones de deficiencia hídrica (Stewart y Bernier, 1995; Leiva y Fernández-Alés, 1998). Otro razonamiento en el que se basa dicho criterio es que una vez plantada, la planta pequeña tenderá a gastar menos agua que la que tiene una parte aérea mayor. Además, la proporción entre la masa de la parte aérea y la radicular de las plantas más pequeñas suele ser menor que el de las plantas con partes aéreas más grandes (Thompson, 1985).

El índice de esbeltez se toma como un índice de calidad de la planta que ayuda a detectar posibles ahilamientos en la planta (excesivo crecimiento en altura con respecto al diámetro). Thompson (1985) considera que los valores de este índice superiores a 6 son inadecuados pues la planta puede sufrir daños por viento, sequía o frío. Timmis y Tanaka (1976) afirman que la densidad de cultivo es una de las variables que más directamente se encuentran relacionadas con el índice de esbeltez de la planta.

Los índices de calidad pueden tener una gran utilidad para describir rápidamente la calidad de las plantas o de un vivero forestal. En los puntos siguientes se muestra cómo algunas de las variables evaluadas pueden también ser expresadas en forma de un índice de calidad.

Los índices morfológicos más utilizados para ayudar a describir las plantas son: relación tallo/raíz, cuociente de esbeltez y el índice de calidad de Dickson. Estos índices entregan más información que las variables aisladas, pero usarlos a solas no entrega una idea del tamaño de la planta (González, 1993).

Relación tallo/raíz. Esta relación es considerada como una medición del balance de biomasa entre las partes transpirante y absorbente. González (1993) afirma que las plantas con una relación tallo/raíz más alta sobrevivirán mejor, sin embargo no siempre una relación alta será un buen indicador de supervivencia para un sitio determinado ya que la parte transpirante de la planta no estará ajustada a la capacidad de absorción. Según Oliet (2000), valores inferiores de tallo/raíz indican una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo, a menor valor de tallo/raíz más favorecida está la absorción de agua frente a las pérdidas, lo cual es una condición favorable para zonas de baja pluviometría.

Cuociente de Esbeltez. El vigor de las plantas está definido como la relación entre la altura de la planta en centímetros y su diámetro de cuello en milímetros lo cual es un indicador de la densidad del cultivo y de resistencia mecánica de la planta.

Índice de calidad de Dickson. Indica la potencialidad de la planta tanto de crecer como de sobrevivir en un ambiente dado (González, 1993). De acuerdo a Escobar (1990) la calidad de planta estará dada, por la supervivencia y crecimiento inicial que

tenga ésta en terreno. Sin embargo, al no tener resultados, teóricamente los valores más altos de índice de Dickson deberían ser los mejores. Su expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Índice de Calidad} = \frac{\text{Peso seco total (g) por planta}}{\frac{\text{Altura total (cm)}}{\text{Diámetro de cuello (mm)}} + \frac{\text{Peso seco tallo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}$$

El número de estudios referentes al índice de Dickson, para sistemas de producción 1:1, es muy reducido. No obstante, existen varias aplicaciones para producción de plantas 1:0, donde destacan especies nativas del género *Nothofagus* (figura 1).

Especie	Índice de Dickson	Autor
<i>Nothofagus obliqua</i>	0,07 ■ 0,09	(Alonso, 2005)
<i>Nothofagus dombeyi</i>	0,09 ■ 0,15	(González, M.J.)*
<i>Nothofagus alpina</i>	0,59 ■ 0,64	(González, 1993)

Figura 1. Rangos de índices de Dickson citados para algunas especies

*Comunicación personal, María J. González, tesista Ing. Forestal, Fac. de Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile

Como se aprecia en la figura 1, los valores del índice de Dickson son muy variados y no muestran una tendencia clara por tipo de especie. La comparación y asociación entre diferentes sistemas de producción debe realizarse con bastante cautela.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Áreas de estudio

El estudio se realizó en los viveros La Quila administrado por el CEFOR S.A. (39°44' S; 73°09' O, 20 m s.n.m.) en la provincia de Valdivia, X Región, y Río Cochrane perteneciente a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (47°15' S; 72°35' O, 150 m s.n.m.) en la provincia Capitán Prat, XI Región.

3.1.1 Características de sitio de los viveros

De acuerdo con la clasificación de Köppen, La Quila presenta un clima de costa occidental con influencia mediterránea (Cfsb₂), con una precipitación anual cercana a los 2.500 mm con un claro descenso de las precipitaciones en los meses de enero y febrero, y una temperatura media anual de 11,9°C. Río Cochrane se ubica en un clima trasandino con degeneración esteparia (ET), con una precipitación anual cercana a los 1.100 mm, con un claro descenso en el mes de julio. Abril, sin

embargo, es el mes que ofrece las precipitaciones más abundantes con cerca de 200 mm (CORFO, 1966).

La Quila se encuentra situado en terrenos bajos, en un abanico aluvial compuesto por depósitos de materiales aluviales y coluviales. La topografía es de terrenos planos a ondulados, con lomajes suaves de baja pendiente, con la existencia de pequeñas laderas de orientación norte. Río Cochrane está ubicado en terrenos bajos, la posición fisiográfica es una cuenca de sedimentación compuesta por depósitos de sedimentos de desgaste de los terrenos circundantes (IREN, 1979).

Para el análisis químico nutritivo del suelo⁴ en cada vivero, se extrajo una muestra de 0-20 cm de profundidad, de la totalidad de las platabandas muestreadas, para formar una muestra mezcla. El suelo de La Quila es fuertemente ácido, de relación C/N baja lo que favorece la mineralización, y altos niveles de aluminio extraíble. Se observaron niveles altos en los elementos mayores esenciales nitrógeno y potasio, y niveles muy altos en fósforo. El carbono presentó valores altos, lo que significa que el suelo es rico en materia orgánica. También se apreciaron niveles medios a altos en el resto de los elementos mayores calcio, magnesio y azufre (cuadro 1); los elementos menores manganeso, hierro, cobre y zinc presentaron valores altos, boro presentó valores medios y sodio fue el único elemento que presentó valores muy bajos, como así también una baja suma de bases del suelo.

En Río Cochrane el suelo del vivero es de reacción neutra a débilmente alcalina, de relación C/N baja y con bajos niveles de aluminio extraíble. Los elementos mayores nitrógeno, fósforo y potasio presentaron niveles medios a altos. El carbono presentó valores medios. En los elementos mayores, calcio y magnesio se observaron niveles altos a medios respectivamente, y niveles bajos en azufre. Los elementos menores manganeso, hierro y zinc, presentaron niveles altos y medios, boro presentó valores bajos al igual que sodio y cobre (cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico nutritivo de los suelos de los viveros (0-20 cm de profundidad).

Vivero	pH H ₂ O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	P Olsen	Acetato de Amonio pH 4,8 - DTPA										B	S	Al KCl
							Al	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn				
							mg kg ⁻¹												
La Quila	5,47	4,80	5,45*	0,36*	15,0	37,6*	1.469	28	160	379	75	141*	30*	7,4*	5,4*	0,6	73*	20	
Río Cochrane	7,28 *	6,34 *	2,83	0,18	15,5	14,2*	482	49	96	2.070 *	144 *	105 *	33*	2,1	6,5 *	0,3	1	1	

* : Valores altos, según valores generales de referencia

El subsuelo en La Quila está formado por sedimentos fluviales y sobre estos se presentan cenizas volcánicas recientes de la serie Valdivia, a una elevación aproximada de 20 m s.n.m. (CIREN, 1999). En Río Cochrane, los suelos de la zona han derivado de cenizas volcánicas depositadas por viento, mezcladas con depósitos de sedimentos fluvio-glaciales de diferente origen de la serie Balsa. Estos suelos

⁴ Análisis realizado en el laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, Universidad Austral de Chile.

presentan una profundidad variable con tendencia a las texturas gruesas con escasa estructuración superficial y poco desarrollo evolutivo (IREN, 1979).

3.1.2 Características de producción de los viveros

La Quila es un vivero permanente, semi-mecanizado en el cual se produce una amplia gama de especies forestales, tales como Pino insignie (*Pinus radiata*), Eucaliptos (*Eucalyptus sp.*), Pino oregón (*Pseudotsuga menziessi*), Pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), *Nothofagus spp.* y *Sequoias* entre otras. La producción es del orden de los cinco millones y medio de plantas exóticas. El sistema productivo aplicado a *P. ponderosa* es 1:1, comenzando con los tratamientos físicos y químicos de suelo la primera semana de octubre y sembrando la segunda semana del mismo mes, manteniendo aplicaciones preventivas de fungicidas e insecticidas en las platabandas y un constante control del riego, malezas y fertilizaciones. La primera semana de abril se pasa arado cincel en los pasillos de las platabandas para soltar el suelo para la poda basal. El trasplante comienza la última semana de abril donde la densidad varía entre 50 y 70 plantas m⁻² y la cosecha se realiza desde fines de julio hasta comienzos de septiembre.

Río Cochrane es un vivero permanente de mediana escala, en el cual se producen especies forestales, tales como *P. ponderosa*, *P. contorta*, *P. silvestri* y algunas especies nativas como *Nothofagus pumilio*. La producción es del orden de 750 mil plantas, de las cuales un gran porcentaje de éstas va a programas de forestación estatal. El sistema de producción para *P. ponderosa* también es 1:1, comenzando en el mes de agosto con la preparación del suelo, posteriormente se realiza la siembra entre la segunda quincena de septiembre y primera quincena de noviembre, dependiendo de las condiciones climáticas; también se mantiene un control de malezas y aplicaciones preventivas de fungicidas y nematicidas. El riego depende de la humedad que mantenga el suelo. Entre los meses de agosto y octubre se realiza el trasplante conservando una densidad entre 90 y 110 plantas m⁻², para luego comenzar con el acondicionamiento de las plantas entre diciembre y febrero del segundo año, con podas de raíces y descalces. La cosecha se realiza entre abril y mayo. Los sistemas productivos de ambos viveros se profundizarán más en el capítulo de resultados (Anexo 4).

3.2 Método

3.2.1 Diseño e intensidad de muestreo

El estudio comenzó el 18 de mayo del año 2005, con un premuestreo en el vivero La Quila, en adelante Q, con la finalidad de observar la variabilidad que poseían las plantas en altura. Para el vivero La Quila se midieron tres parcelas de 1m x 1m por platabanda resultando un total de nueve parcelas medidas en tres platabandas existentes. Para el caso del vivero Río Cochrane, en adelante C, el premuestreo se realizó el 23 de julio del mismo año, donde se midió la misma cantidad de parcelas por platabanda dando un total de 12 parcelas en cuatro platabandas. Estas

platabandas tenían más de un metro de ancho, por lo que se decidió excluir del muestreo las hileras borde.

Los valores de coeficiente de variación en altura por platabanda, resultaron ser altos en ambos viveros. En La Quila fueron de 28-29% y en Río Cochrane 32-40%, por lo que se decidió realizar un segundo premuestreo, donde se utilizaron los datos del premuestreo inicial aumentando la intensidad de éste, agregando dos parcelas por platabanda. Este método fue aplicado en ambos viveros para observar si los coeficientes de variación obtenidos en el premuestreo se mantienen o disminuyen (Anexo 2d).

Realizado el segundo premuestreo se observó que los valores de coeficiente de variación se mantuvieron, por lo cual se procedió a calcular el tamaño de la muestra incluyendo los datos tomados en el segundo premuestreo. La selección de plantas se efectuó en rangos de altura, asignándole a cada rango una calidad. Se utilizó como criterio la altura de las plantas. El cálculo de las muestras por rango de altura se realizó con un 95% de confianza y un 5% de error (Anexo 2c).

Se eligieron las plantas al azar en las platabandas seleccionadas, abarcando el máximo de la distribución original de alturas, para así obtener en lo posible toda la distribución bajo la curva normal de alturas, observada mediante método gráfico. Se midió el largo del tallo y se clasificó según el criterio determinado por la variabilidad calculada. Para el vivero La Quila se diferenciaron cuatro calidades: Q1 ≥ 21 cm, Q2 >15 - <21 cm, Q3 ≥ 10 - ≤ 15 cm y Q4 <10 cm. Para Río Cochrane, sólo tres calidades: C1 ≥ 8 cm, C2 ≥ 5 - <8 cm y C3 >2 - <5 cm (figura 2).

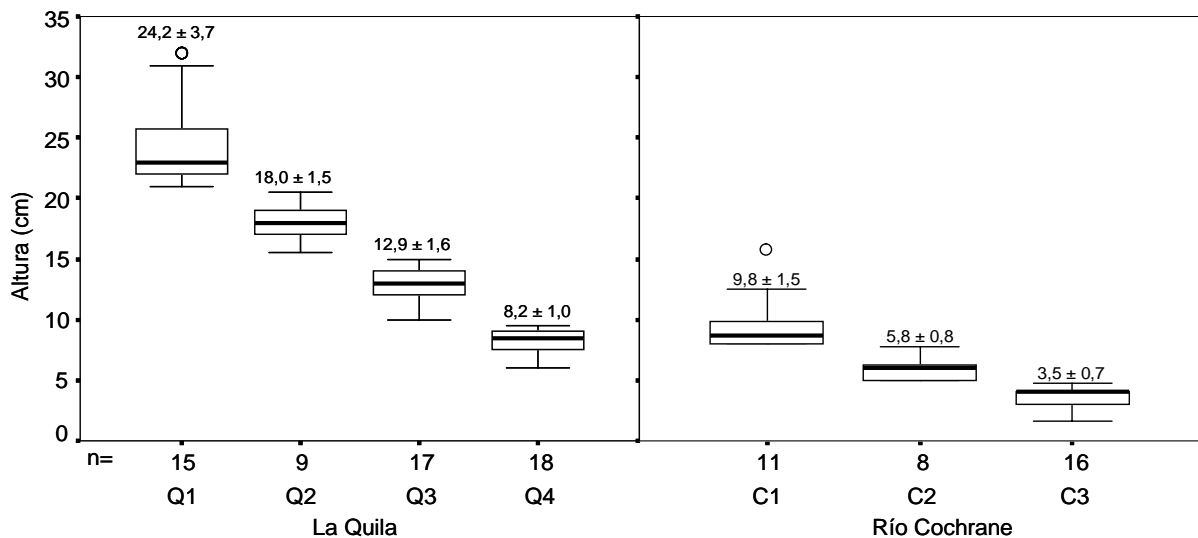


Figura 2. Variación de la altura de las plantas y n muestral por calidad para los viveros La Quila y Río Cochrane. Los datos sobre las barras corresponden a la media \pm desviación estándar. Códigos de calidad para cada vivero definidos en el punto 3.2.2.

Elegida una planta, ésta se liberó manteniendo cuidado de no dañar las raíces, luego se extrajo y se colocó en el contenedor asignado para la calidad correspondiente, previo registro de la altura de ésta.

Seleccionado el número de plantas para cada calidad, éstas se trasladaron al laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales de la Universidad Austral de Chile donde se procedió a lavar cuidadosamente cada una de las muestras, se rotuló y asignó un código único a cada planta. Individualizadas las plantas, se realizó la medición de las variables de crecimiento de cada una de ellas. Las variables medidas fueron las siguientes:

- Altura o largo de tallo. La altura (en centímetros) fue aquella desde el cuello hasta el ápice de la yema terminal (Thompson, 1985).
- Diámetro de cuello (DAC). Se midió con piedemetro (en milímetros) y se define como la zona donde se produce una clara diferenciación de color entre el tallo y la raíz (Thompson, 1985).
- Longitud de raíz pivotante. Se tomó como criterio la medida (en centímetros) desde el cuello, hasta la punta de la raíz principal pivotante.
- Largo total: Se consideró la medida (en centímetros) entre el ápice de la planta y el extremo inferior de la raíz pivotante.

3.2.2 *Clasificación de raíces por calidad*

Las plantas fueron evaluadas según la forma de sus raíces y densidad (Anexo 3). En primer lugar se clasificaron las plantas por la forma de su raíz pivotante en:

- Recta, aquellas plantas con raíz pivotante recta, sin curvatura.
- Curvatura leve, plantas que presentan poca desviación y no causarían la muerte o volcadura de la planta.
- Curvatura fuerte, plantas con una desviación de importancia, la que podría causar la caída posterior de la planta en terreno.
- Espiralamiento, presenta una curvatura excesiva, la cual conllevaría a la posterior muerte de la planta por estrangulamiento.

En segundo lugar se clasificó la densidad de raíces, en densidad alta, media y baja, utilizando como criterio de clasificación el número de raíces contenidas por centímetro cuadrado.

3.2.3 *Determinación biomasa por componente*

Para la estimación del peso seco de las partes aérea y radicular, las plantas se limpiaron en húmedo tomando la precaución de no perder ninguna raicilla. Luego se eliminó el exceso de agua, colocándolas sobre papel secante. Se separó la parte aérea (acículas y tallo) de la radicular (raíz completa) y se secaron en horno de ventilación forzada. El tiempo de permanencia fue de 48 horas a 75°C, suficiente para eliminar el agua de sus tejidos. Una vez frías las muestras se pesaron por separado en balanza digital con precisión de un centésimo de gramo.

3.2.4 *Calidad de plantas*

Con los valores de peso seco se procedió al cálculo de índices morfológicos y relaciones más utilizadas para describir las plantas: relación tallo/raíz, cociente de esbeltez e índice de Dickson (González, 1993).

Una vez obtenidos los valores medios de cada índice, se juzgó la factibilidad y aplicación de estos índices como indicadores de calidad de producción de plantas de *P. ponderosa* así como las características de sitios donde orientar dicha producción, asegurando así la sobrevivencia de éstas en condiciones de sitio específicas.

3.2.5 *Muestreo para análisis químico nutritivo foliar*

Para el análisis químico foliar se extrajo una muestra de acículas del último crecimiento de 30 plantas de cada vivero. El muestreo consideró todas las calidades de plantas y todas las platabandas muestreadas, formando una muestra mezcla por vivero (Schlatter *et al.*, 2003). Todos los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales.

3.2.6 *Pruebas estadísticas de contraste para las características de crecimiento*

Para la caracterización y descripción de las plantas, análisis y representaciones gráficas de éstas, se utilizaron estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, coeficientes de variación). Se realizaron pruebas no paramétricas, para variables no relacionadas (entre calidades de cada vivero) y relacionadas (en cada vivero, entre sus calidades), y así observar la existencia o no de diferencias significativas en las características de crecimiento. Las pruebas no paramétricas aplicadas fueron, la prueba U de Mann-Whitney para dos muestras no relacionadas y de Kruskal-Wallis para K muestras no relacionadas, la prueba T de Wilcoxon para dos muestras relacionadas y la prueba de Friedman se aplicó para K muestras relacionadas (Camacho, 2002).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Análisis descriptivo general de las plantas muestra

En general, las plantas de La Quila fueron más desarrolladas que las de Río Cochrane, (figura 3). Las plantas en La Quila presentaron los mayores valores medios ($P<0,01$) de DAC, largo de tallo y Largo total (figura 3A, C y D). Sólo el largo de raíz pivotante mostró mayores dimensiones ($P<0,01$) en Río Cochrane (figura 3B).

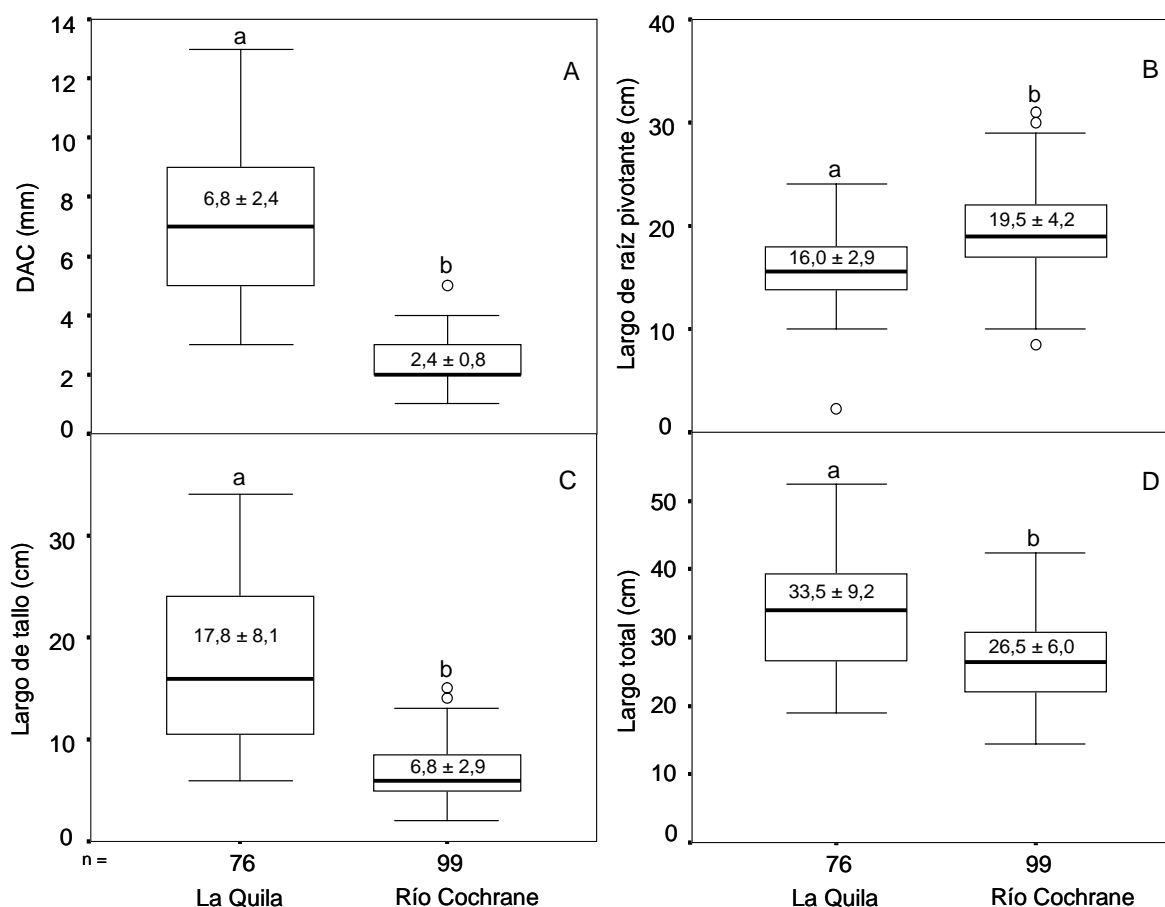


Figura 3. Estadígrafos descriptivos de las plantas de *Pinus ponderosa* producidas en los viveros La Quila y Río Cochrane. A) Diámetro a nivel del cuello (DAC), B) Largo de raíz pivotante, C) Largo de tallo y D) Largo total. Valores al interior de las cajas corresponden a la media \pm desviación estándar.

Letras diferentes sobre los gráficos de cajas indican diferencias significativas, prueba U de Mann-Whitney ($P<0,01$).

El DAC y el largo del tallo en las plantas de La Quila fueron 2,6 a 2,8 veces mayores que en las plantas en Río Cochrane. Al mismo tiempo, estas variables expusieron las mayores variaciones respecto de la media, sus coeficientes de variación rondaron entre 30 y 40%. Para la largo total las diferencias entre los viveros disminuyeron al

mismo tiempo que la dispersión de los valores. Las plantas de La Quila fueron 1,3 veces más largas que las de Río Cochrane, y los coeficientes de variación se observaron entre 20 y 30%. En cambio, la raíz pivotante del vivero Río Cochrane mostró plantas con mayor desarrollo de raíz (20% más) y uno de los menores rangos de variación (CV:18-22%) (figura 3),

La dispersión de los valores de cada una de las variables de crecimiento se identificó en la heterogeneidad de las plantas de ambos viveros. No obstante que el vivero de Río Cochrane presentó las plantas más pequeñas, sus niveles de variabilidad fueron muy semejantes a las plantas producidas en La Quila.

4.1.2 Contenido de nutrientes en el follaje

En ambos viveros se observaron niveles satisfactorios para la mayoría de elementos mayores y menores (cuadro 2). Los contenidos de elementos mayores en ambos viveros son muy semejantes, las diferencias varían entre 10 y 25% para fósforo y potasio respectivamente. Sólo el contenido de calcio muestra una variación significativa, la diferencia es cercana al 60 % a favor del vivero Río Cochrane. De la misma forma, en Río Cochrane se determinaron niveles levemente más bajos para la relación nitrógeno/fósforo (cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis químico nutritivo foliar para cada vivero.

Vivero	ELEMENTOS MAYORES (%)						ELEMENTOS MENORES (mg kg ⁻¹)				
	N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
La Quila (Q)	1,98 *	0,22 *	9,0	0,65 *	0,27 *	0,11	154 *	543*	4,4 *	72 *	27 *
Río Cochrane (C)	1,65 *	0,20 *	8,3	0,52 *	0,44 *	0,11	100 *	101*	3,7	58 *	12

* : Valores altos, según valores generales de referencia

Los contenidos de los elementos menores mostraron las mayores diferencias entre los viveros. En el follaje de las plantas de La Quila se observaron contenidos de Mn, Zn y B, desde 5,4 hasta 1,2, veces superiores a los de Río Cochrane (cuadro 2). Sin embargo los valores son considerados como adecuados según los resultados obtenidos por (Landis, 1976) para plantas de *P. ponderosa* en su zona de origen. También los niveles fueron considerados adecuados, de acuerdo con los valores de referencia que presenta el laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales de la Universidad Austral de Chile, por lo tanto las plantas de ambos viveros no presentarían deficiencias nutricionales.

4.1.3 Clasificación de raíces gruesas

Las plantas producidas en Río Cochrane mostraron un mayor longitud radicular que las de La Quila y en su mayoría buena forma (aprox. 80%). En La Quila sólo 30% de la muestra alcanzó buena forma (figura 4).

Cerca del 30% de las plantas del vivero La Quila presenta curvaturas espiralada, y fuerte. En tanto, la curvatura leve presentó 33% de frecuencia, y <5% de la muestra mostró raíces rectas. En las plantas de Río Cochrane <2% de ellas presentó problemas de espiralamiento, y <30% obtuvo curvatura fuerte. En tanto >60% presentó curvatura leve y cerca del 10% mostró raíces rectas (figura 4).

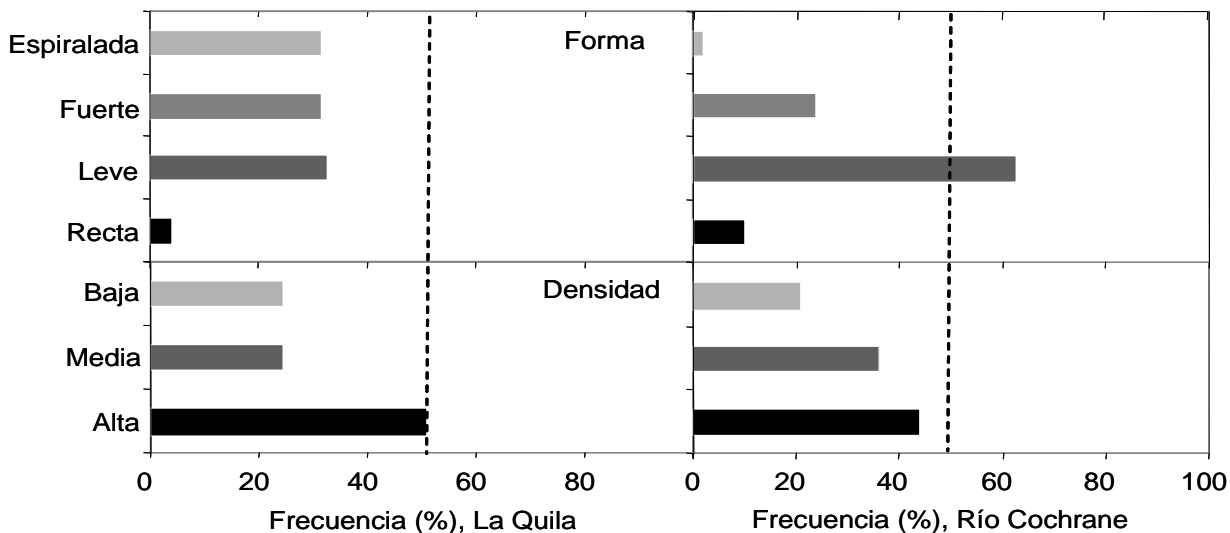


Figura 4. Frecuencia para las categorías de forma y densidad de raíces gruesas por vivero. Línea vertical punteada señala la frecuencia 50%.

En densidad de raíces las frecuencias fueron similares entre ambos viveros, ambos mostraron más del 40% de las plantas con una alta densidad de raíces. La densidad baja alcanzó sólo al 20% de las plantas muestreadas en ambos viveros (figura 4).

La totalidad de las características de las raíces se puede resumir en la asignación de calidad de planta plantable; las características deseadas son: raíces bien formadas, rectas o con curvatura leve y densidad alta a media de raíces gruesas. De acuerdo a lo anterior, para el vivero La Quila las plantas que alcanzaron este criterio fueron un 24%, mientras que este porcentaje aumentó considerablemente para Río Cochrane con cerca del 60%. Al diferenciar estos porcentajes de plantas plantables por calidad se obtuvo, para La Quila: 28%(Q1), 28%(Q2), 22%(Q3), 22%(Q4), Río Cochrane 25%(C1), 47%(C2), 29%(C3) respectivamente.

4.1.4 Biomasa aérea y de raíces

La cantidad de biomasa, tanto total como por cada componente, producida en el vivero La Quila fue significativamente mayor ($P < 0,01$) que en Río Cochrane (figura 5). Las diferencias identificadas a nivel de variables morfológicas de las plantas (DAC, altura y largo de tallo) entre viveros fueron corroboradas con los valores de biomasa para la parte aérea y de raíces. Se destaca la enorme diferencia de biomasa producida a nivel de tallo, La Quila produjo ocho veces más que Río

Cochrane (figura 5A). Para los componentes de raíz y acículas, las diferencias siguen siendo importantes pero de un menor tenor (4,7 veces más en La Quila)(figura 5B y 5C). A nivel total de biomasa por planta La Quila produjo cinco veces más biomasa que Río Cochrane (figura 5D)(Anexo 5).

Un factor que podría explicar esta diferencia, sin duda, es el sistema de producción empleado, pero también es considerable el factor climático como relevante para explicar las diferencias en materia seca producida.

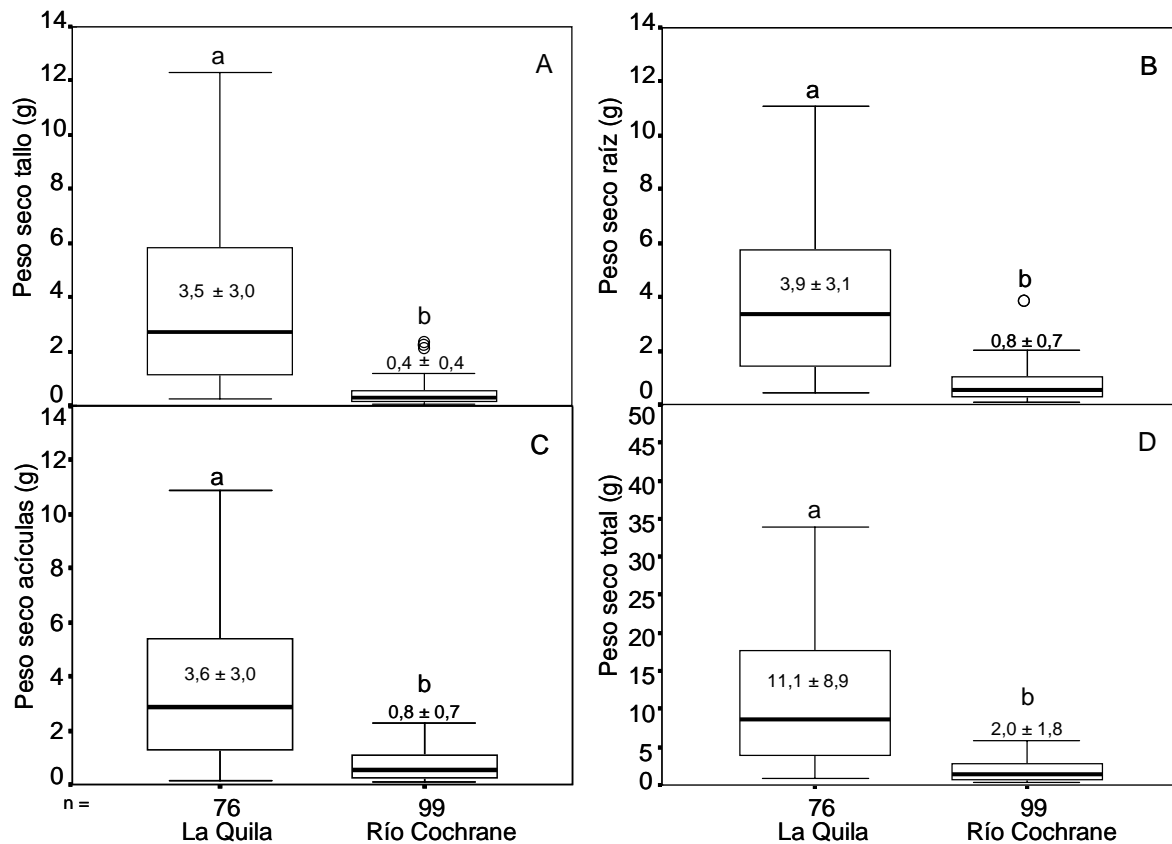


Figura 5. Biomasa aérea y de raíces para las plantas de los viveros La Quila y Río Cochrane. Valores corresponden al peso seco en gramos; A) Peso tallo, B) Peso raíz, C) Peso acículas y D) Peso total. Valores al interior de las cajas corresponden a la media de los datos \pm desviación estándar. Letras diferentes sobre los gráficos de cajas indican diferencias significativas, prueba U de Mann-Whitney ($P < 0,01$).

Los valores de biomasa del vivero La Quila, presentaron una similitud en la relación de los pesos secos de tallo y acículas (figuras 5A y 5C). En Río Cochrane las acículas presentaron una proporción de peso seco 1,8 veces mayor que el peso seco de tallo. La distribución de los valores de biomasa para todos los componentes de las plantas de Río Cochrane fue más dispersa, lo que se refleja en valores más altos de coeficiente de variación (>80%) que en relación a La Quila (figura 5).

En ambos viveros se observó, como era esperado una relación directa entre el nivel de calidad definido y la cantidad de biomasa producida, a mayor nivel de calidad (calidad 1) mayor cantidad de biomasa total producida. Estas diferencias fueron mayores en el vivero La Quila y menores para Río Cochrane (cuadro 3).

En el vivero La Quila se observó una homogeneidad entre los componentes de biomasa producida de las plantas en Q1 y Q2. Para las calidades Q3 y Q4 se observó, en cambio, una mayor participación de la biomasa de raíces. Para Río Cochrane se determinó una mayor participación de raíces en C1, y una homogeneidad de los distintos componentes en las plantas clasificadas en C2 y C3. El vivero La Quila presentó un mayor valor de peso seco total para las calidades (Q1, Q2 y Q3) en comparación con la calidad C1 de Río Cochrane. El mayor valor de producción de biomasa total en el vivero Río Cochrane supera solamente al menor valor de calidad de La Quila (Q4) (cuadro 3).

Cuadro 3. Biomasa por componente y según calidad para el vivero La Quila (Q) y Río Cochrane (C). Los valores corresponden a biomasa seca en gramos. El cuadro presenta las calidades ordenadas de mayor a menor producción de biomasa para cada vivero.

Calidad (n)	Componente (g)	Mínimo	Media	Máximo	Desv. est.
Q1 (29)	Tallo	3,18	7,51	14,02	2,97
	Raíz	3,33	7,53	16,08	3,28
	Acículas	3,09	7,33	15,28	3,33
	Peso total	11,49	22,38	45,38	9,05
Q2 (15)	Tallo	1,18	3,09	5,77	1,30
	Raíz	0,94	3,55	7,32	1,75
	Acículas	0,57	3,11	5,66	1,44
	Peso total	2,77	9,74	18,75	4,12
Q3 (15)	Tallo	1,01	1,72	2,63	0,50
	Raíz	1,28	2,16	3,56	0,64
	Acículas	1,05	1,90	3,21	0,66
	Peso total	3,78	5,78	8,17	1,62
Q4 (17)	Tallo	0,27	0,60	1,43	0,29
	Raíz	0,45	1,05	2,01	0,51
	Acículas	0,13	0,91	2,07	0,53
	Peso total	0,91	2,57	5,51	1,24
C1 (31)	Tallo	0,24	0,88	1,95	0,46
	Raíz	0,51	1,63	3,88	0,91
	Acículas	0,48	1,52	3,00	0,68
	Peso total	1,24	4,03	8,69	1,96
C2 (33)	Tallo	0,14	0,34	0,58	0,12
	Raíz	0,26	0,69	1,36	0,28
	Acículas	0,28	0,71	1,73	0,35
	Peso total	0,78	1,73	3,04	0,69
C3 (35)	Tallo	0,07	0,14	0,68	0,11
	Raíz	0,13	0,29	0,57	0,13
	Acículas	0,08	0,24	0,57	0,11
	Peso total	0,28	0,67	1,36	0,28

*Calidades ordenadas de mayor (a), a menor valor de peso seco (g).

4.1.5 Indicadores de calidad de plantas

Los valores de relación de tallo/raíz, para ambos viveros, presentaron mayor variación en las calidades de La Quila que en Río Cochrane. Los valores de variabilidad de este último vivero fueron más uniformes entorno al 28%, siendo estos

menores a los de La Quila. La calidad que presentó mayor variabilidad de relación tallo/raíz fue Q4 de La Quila (CV% 33)(figura 6).

Los mayores valores de relación tallo/raíz los presentó la calidad Q1 de La Quila, siendo estos levemente superiores a los de Río Cochrane. No obstante, los valores de relación tallo/raíz inferiores que presenta Río Cochrane hacen presumir que sus plantas estarán mejor preparadas para superar la etapa de establecimiento, favoreciendo la absorción de agua por sobre las pérdidas (Anexo 6a).

En la relación tallo/raíz se observó que las calidades Q1, Q2 y Q3 de La Quila poseen valores medios levemente superiores a las calidades C1, C2 y C3 de Río Cochrane. La calidad C1 de Río Cochrane fue levemente superior a la calidad Q4 de La Quila (figura 6). Esto último podría estar explicado por el peso seco del tallo levemente mayor que presenta Río Cochrane con respecto a La Quila.

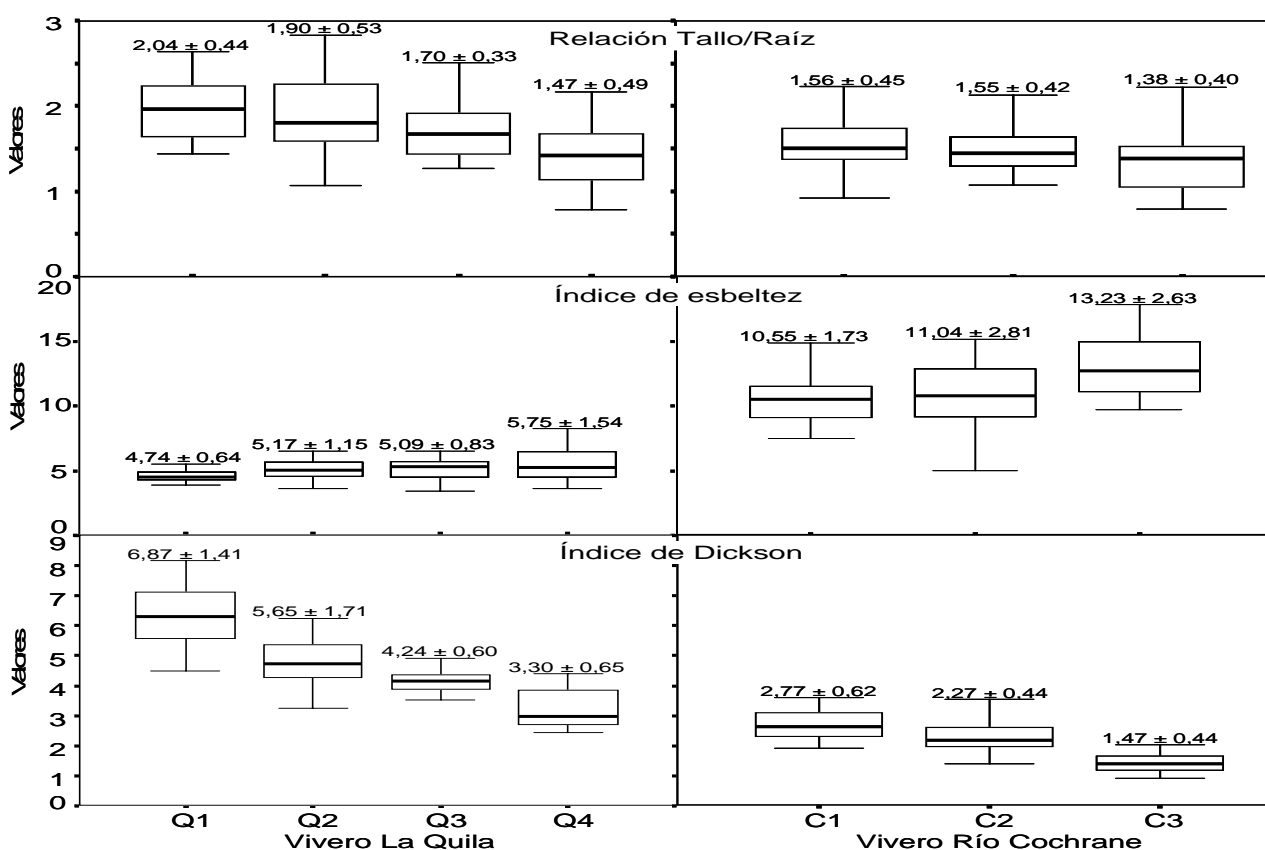


Figura 6. Estadísticos descriptivos de los índices de calidad de planta. Los valores sobre las cajas corresponden a la media de los datos ± desviación estándar.

Para el índice de esbeltez se apreció la inferioridad de las calidades de Río Cochrane con respecto a La Quila, al presentar éstas índices de esbeltez altos. Esto producto del menor desarrollo del diámetro de cuello con respecto a la altura, que presentaron las plantas de Río Cochrane. En cambio, en La Quila las plantas presentan mayor tamaño, con DAC más desarrollados en proporción a la altura de sus plantas, lo que da como resultado índices menores y de mejor calidad (figura 3A, 3C y 6).

Los mayores valores de esbeltez los presentó Río Cochrane para todas sus calidades, valores 2,3 veces sobre el mayor valor presentado por La Quila. Las calidades con mayor variabilidad fueron la Q4 de La Quila con 28% y C2 de Río Cochrane con 25%, la menor variabilidad la presentó la calidad Q1 de La Quila con 14% (Anexo 6a). El vivero La Quila presentó los menores rangos en sus valores de esbeltez lo que permite deducir y estimar una mayor tolerancia y resistencia mecánica de estas plantas frente estrés hídrico y a vientos fuertes.

La Quila presentó los valores medios más altos de índice de Dickson, alcanzando todas sus calidades valores superiores a Río Cochrane. Las mayores variaciones para este índice las presentaron las calidades Q2 de La Quila y C3 de Río Cochrane con igual valor (30%). Los altos valores de Índice de Dickson que presentó La Quila se deberían a los altos valores de peso seco total que presentó este vivero en todas sus calidades. También se observó la tendencia a que las calidades Q1 y C1 en ambos viveros, presenten los valores superiores de índice de Dickson en sus respectivos viveros producto de su mayor biomasa (figura 6).

En el análisis de calidad de planta se observaron correlaciones lineales entre las variables morfológicas y combinaciones de estas con el índice de Dickson, siendo el largo del tallo y el índice de Dickson, los que obtuvieron la mayor correlación ($P < 0,01$) para ambos viveros. Sin embargo, hay que ajustar un mejor modelo para cada caso y verificar dicho ajuste (validación). Al respecto, el tallo aparece como la mejor variable de predicción para este sistema de producción (Anexo 6c, figuras c y d).

4.2 Discusión de Resultados

Clima. Las plantas del vivero La Quila presentan mayor desarrollo que las plantas de Río Cochrane, reflejado para la totalidad de las variables morfológicas y de peso seco determinadas. Estas diferencias se deberían fundamentalmente a características particulares de sitio (clima y suelo) y en menor grado al tipo de actividades desarrolladas en el proceso de producción. Al respecto, Escobar (1990) afirma que las plantas de una misma especie tienen diferente comportamiento según los factores limitantes del sitio.

El mayor tamaño presentado por las plantas de La Quila sería producto fundamentalmente de características climáticas. Según Oliver y Ryker (1990), en el área de distribución natural de *P. ponderosa*, donde las temperaturas medias anuales varían entre 5 y 10 °C y las temperaturas medias de verano fluctúan entre 17 y 21 °C. Se señala que la especie toleraría temperaturas extremas anuales entre -40 y 43 °C. El período libre de heladas es de 90 a 154 días en el este de Montana y Dakota del Sur y aumenta a 200 días en California Central. En la zona más lluviosa de su distribución, la precipitación anual alcanza los 1.730 mm. En La Quila, en comparación con Río Cochrane, los niveles de temperatura y precipitación se asemejan más a la distribución natural de *P. ponderosa* (Quiroz y Rojas, 2003).

En la zona de Valdivia, donde se encuentra ubicado el vivero La Quila, no se presentan condiciones restrictivas en lo referente a temperaturas, número de heladas y precipitación. En La Quila el periodo libre de heladas es de cinco meses, las precipitaciones anuales son cercanas a 2.300 mm, sin ocurrencia de meses secos, y la temperatura media anual es de 12°C. La humedad relativa anual y estival varía entre 70 y 80%. En cambio, Río Cochrane presenta una temperatura media anual es 10°C, una precipitación anual cercana a los 730 mm, un tercio de la precipitación anual de la zona de Valdivia, y presencia de algunos meses secos. La humedad relativa anual alcanza al 71% (Dirección Meteorológica de Chile, 2006).

El factor climático de mayor importancia para el crecimiento de las plantas serían las temperaturas presentes en cada sitio, ya que este factor no puede ser controlado como es el caso de las precipitaciones escasas mediante el riego.

Suelo. Las características del suelo en ambos viveros corresponden a las típicas descritas para cada área de estudio (Schlatter, 1979; 2003). En cada vivero se observaron diferencias importantes entre los valores de pH al H₂O y en KCl, donde existe un cierto potencial de acidificación del suelo, principalmente en La Quila. Sin embargo, estos niveles de acidez no serían limitantes para el crecimiento y desarrollo de la especie (Van Hooser y Keegan, 1988). En su zona de origen la especie muestra desarrollo en suelos con valores de pH que varían entre 4,9 y 9,1. Sólo bajo niveles de pH 4,9 existirían limitaciones para el crecimiento (Ackerknecht *et al.*, 1972).

Otro punto destacable fueron los niveles de aluminio extraíble del suelo en ambos viveros, donde el suelo de La Quila alcanzó valores altos, mientras que en Río Cochrane fueron bajos. Sin embargo, estos niveles no fueron relevantes y no explicarían la variación en la producción de las plantas en ambos sitios, por que las plantas fueron de mayor tamaño en el vivero de altos niveles de aluminio como en La Quila y plantas de menor tamaño en el vivero de más bajos niveles (Río Cochrane). En La Quila los suelos derivan de cenizas volcánicas recientes (Serie Valdivia), donde son comunes los altos niveles de aluminio extraíble y baja disponibilidad de fósforo (Tosso, 1985). En Río Cochrane, por su parte, el origen de los suelos también es volcánico, pero mezclados con depósitos de terrenos circundantes de diferente origen que han estado sometidos a menor lixiviación debido al clima más seco (IREN, 1979)

Ambos viveros mostraron niveles medios a altos de bases en el suelo. Aquí destaca el nivel muy alto que alcanza calcio (>2.000 mg kg⁻¹) en Río Cochrane. La baja acidez (pH: 6,3-7,0) del suelo en Río Cochrane favorecería la presencia de mayor actividad biológica y el consecuente aumento de los niveles de elementos nutritivos (calcio) en el suelo. Sin embargo, no existe información detallada relacionada con el tipo de material de origen y las características química-nutritivas de este vivero, las cuales podrían ser relacionadas con los niveles de calcio encontrados en sus suelos.

Otra diferencia destacable observada entre los suelos de ambos viveros fueron las concentraciones de cobre, siendo alta en La Quila y baja en Río Cochrane. Esta

diferencia puede deberse a la utilización de fungicidas cúpricos en La Quila. Existe un uso de Oxicup y Cuprodul, en ambos el compuesto activo es óxido cuproso (Cu_2O). Este componente posee un 50% de participación de metal puro y podría causar niveles residuales en el suelo. Para el mismo elemento en Río Cochrane sólo se observaron concentraciones marginales.

Los niveles de azufre en el suelo de ambos viveros mostraron diferencias notables. La Quila alcanzó niveles muy altos y en Río Cochrane muy bajos. Entre las causas de esta diferencia estarían los altos contenidos de materia orgánica y nitrógeno en el suelo de La Quila, los cuales son fuentes de azufre (Donoso, 1997). Sin embargo el manejo del vivero también podría explicar este efecto, ya que en La Quila se utilizan fertilizantes con presencia de azufre en su composición: Superfosfato triple (1,3% S), Urea perlada ($4,6 \text{ mg kg}^{-1}$) y Fosfato monoamónico (1,7% S).

Nutrición de las plantas. El estado nutricional de las plantas producidas en ambos viveros es satisfactorio, tanto para elementos mayores como menores. Existen, leves diferencias entre ambos viveros en relación a los niveles de algunos elementos en las acículas (K, Ca, Fe, Mn, Zn, B). Estas diferencias podrían estar explicadas por la utilización más intensiva de fertilizantes realizada en el vivero La Quila. El manejo nutritivo en La Quila considera, entre otros, los siguientes fertilizantes: Quelato de hierro, Nitrofoska, Sulfato de magnesio y Boronatrocálcita que podrían ser la causa de las concentraciones mayores para los elementos hierro, manganeso, zinc y boro.

Por lo tanto, las diferencias de crecimiento observadas en las plantas de ambos viveros, no serían causadas sólo por el manejo nutritivo de los viveros, sino que tendrían un fuerte origen en las características climáticas.

Características morfológicas de las plantas. Un manejo intensivo en vivero permite controlar y manipular el desarrollo de la producción. Thompson (1985) afirma que el largo del tallo puede ser manipulado a través de fertilización, control de malezas, riego y repique. Boyer y South (1987) indican que el DAC se mejora a través de un aumento en la velocidad y uniformidad en la germinación. Las dimensiones que alcanzan las variables largo del tallo y DAC, entre otras, son relevantes para monitorear y evaluar el proceso de producción de plantas. También la variabilidad en el crecimiento de las plantas en cada vivero incidirá directamente en la calidad de éstas y condicionará su éxito futuro en diferentes sitios.

El vivero La Quila mostró los mayores valores ($P < 0,01$) para las diferentes variables morfológicas, mientras que Río Cochrane presentó un desarrollo de plantas muy por debajo de lo definido como óptimo para esta especie. En La Quila el largo del tallo y DAC promedio de 17,8 cm y 6,8 mm respectivamente, en tanto para Río Cochrane fueron sólo de 6,8 cm y 2,4 mm, respectivamente. Hansen y Lugano (1997) señalan que una planta de *P. ponderosa* a raíz desnuda de óptima calidad en su zona de origen (U.S.A.), debe tener una altura de 15-20 cm y DAC de 6-7 mm.

Los valores de las variables morfológicas medidas en cada vivero fueron muy distintas, demostrando que un mismo sistema productivo (producción a raíz

desnuda), pero en sitios distintos, entrega resultados muy diferentes. A las características climáticas más restrictivas se debe agregar la falta de un control más intensivo de factores bióticos que inciden negativamente en el desarrollo de las plantas. En el vivero Río Cochrane se observó una alta densidad de malezas (*Taraxacum officinale*, *Rumex crispus*, *Agrostis capillaris*, *Holcus lanatus*, *Cerastium fontanum*, *Crepis capillaris*), las cuales estaban compitiendo por agua y nutrientes en el suelo con el cultivo objetivo, *P. ponderosa*. Las malezas disminuyen la productividad y calidad de las plantas e incrementan la mortalidad de las mismas durante la etapa de cultivo en vivero (Gerding, 1981; Quiroz y Rojas, 2003).

Las plantas de La Quila al segundo año, presentaron menores valores en largo de raíz pivotante, pero mayores pesos secos radiculares que Río Cochrane. Los pesos secos radiculares en ambos viveros equivalen al 40% del peso seco total, aunque alcanzan mayores valores absolutos en La Quila. El sistema radicular de las plantas de La Quila está compuesto por raíces más cortas pero mucho más gruesas que las de Río Cochrane, por lo tanto, el volumen radicular sería mayor en La Quila. Al respecto, Oliet (2000) y O'Reilli *et al.* (1994) demostraron que la supervivencia de plantas estuvo positivamente correlacionada con el peso radicular, considerando a este último como buen indicador de supervivencia, especialmente en zonas con restricciones hídricas (bajos niveles de humedad en el suelo).

Por su parte, los valores de largo del tallo entre ambos viveros también presentaron diferencias significativas ($P < 0,01$), siendo éstos mayores en La Quila. Varios estudios han concluido que el largo de tallo inicial de las plantas no muestra correlación o posee una relación inversa con la supervivencia. Sin embargo, el largo de tallo se correlaciona con el incremento posterior al establecimiento (Thompson, 1985). En U.S.A. existen claves que relacionan el largo de tallo y el éxito en la plantación para una especie dada, bajo determinadas condiciones de sitio (Landis *et al.*, 1994). No obstante lo anterior, parece complicado y puede inducir a errores correlacionar sólo el largo del tallo de las plantas con el comportamiento que presentarán éstas en terreno excluyendo otros parámetros (Thompson, 1985). Por ello se propone en este estudio observar las correlaciones existentes entre los parámetros de crecimiento y su comportamiento en distintos sitios de plantación (Anexo 6).

Los criterios utilizados por CONAF (CONAF, 2005) para plantas de calidad y las características mínimas requeridas para las plantas de *P. ponderosa* llevadas a plantación son: largo de tallo 8 cm, largo de raíz 10 cm y DAC 4 mm. De acuerdo a los requerimientos de CONAF XI Región, calificarían todas las calidades definidas en La Quila y eventualmente la calidad C1 de Río Cochrane, aunque esta última calidad presenta deficiencias mínimas en DAC. En la X Región no existen pautas técnicas para *P. ponderosa* en los programas de forestación, sólo se hacen observaciones en la densidad de raíces, altura del tallo >20 cm y que sea una planta sana y vigorosa⁵.

⁵ Germán Clasing. Ingeniero Forestal, Corporación Nacional Forestal (CONAF) X Región. Comunicación personal.

Otro aspecto que incide fuertemente en la calidad de plantas es la morfología de las raíces. En el presente estudio las diferencias observadas en la clasificación de raíces, tanto en forma como densidad, pueden tener origen en la aplicación de técnicas culturales distintas en cada vivero. Considerando la rectitud o curvatura de la raíz pivotante y densidad de raíces gruesas, las calidades de plantas producidas en Río Cochrane mostraron un mejor desarrollo radicular. Las raíces de las plantas de Río Cochrane presentaron en su mayoría raíces rectas y de curvatura leve >80%. Un porcentaje considerablemente menor fue el obtenido en La Quila, sólo 30%. Sin embargo, los parámetros en los criterios propuestos para evaluar la calidad de raíces obtenidas para cada vivero pueden ser discutibles, ya que éstos pudieron haber sido demasiado estrictos al castigar las distintas variables utilizadas en la clasificación (forma y densidad).

Es importante destacar, que el vivero La Quila presentó un 33% de las plantas con espiralamiento, mientras que Río Cochrane mostró escasas plantas con este defecto (<5%). Para descartar un posible efecto de compactación del suelo en el desarrollo radicular, al momento de realizar la colecta de las muestras se observó si las malformaciones en las raíces se presentaban siempre a una misma profundidad, lo que no ocurrió. Por lo tanto, se postula que dichas malformaciones de raíces pudieran tener como causal la poca capacitación en técnica de trasplante y podas para el personal a cargo de estas faenas.

La calidad con mayor frecuencia de raíces rectas en sus plantas fue C2 de Río Cochrane con 86%, mientras que para La Quila la mayor frecuencia fue Q1 con 39%. Las menores frecuencias de raíces rectas para cada vivero fueron C1 de Río Cochrane con 50% de sus plantas, siendo la calidad Q3 de La Quila la de menor frecuencia (21%) en este criterio.

Al observar la categoría de espiralamiento, la calidad y el vivero con mayor frecuencia de raíces espiraladas fue Q1 de La Quila con 35,7% de plantas respectivamente. En cambio para Río Cochrane el porcentaje de frecuencia de plantas con esta malformación fue mucho menor, no superando el 3% en todas sus calidades.

En el caso de la densidad de raíces no se apreció un efecto negativo producto de una mala aplicación de poda. Las calidades 1 de ambos viveros, presentaron las mayores frecuencias en la categoría de densidad alta 60 y 58%, seguido de la calidad C2: 52%, Q2: 47%, Q4: 45% y C3: 5%. La mayoría de las calidades de plantas propuestas para ambos viveros presentan alta de raíces gruesas. Es destacable la homogeneidad en la densidad alta de raíces, considerando que las técnicas utilizadas por cada vivero en las faenas de podas fueron distintas. En el caso de La Quila se aplicaron podadoras basales y laterales mediante tiro de tractor; Río Cochrane realiza podas por medio de operadores con palas podadoras. Estas variables (forma y densidad) de raíces, al presentar anomalías, ocasionan un anclaje débil de la planta y disminución en la absorción de agua y nutrientes. Ello podría ocasionar problemas de crecimiento, derribamiento de la planta por acción del viento y en algunos casos hasta la muerte (Thompson, 1985).

En la biomasa de raíces de ambos viveros se observó que a mayor nivel de calidad definido (calidad 1), la cantidad de biomasa raíces producida fue mayor. Los valores muestran una mayor dispersión en el vivero La Quila en relación a Río Cochrane.

La textura del suelo tiene influencia sobre la exploración del suelo por las raíces, la disponibilidad de humedad, la aireación, nutrimentos y la resistencia a la penetración. Factores como textura y estructura condicionan las características de las raíces, las cuales son importantes al momento de evaluar la producción de biomasa subterránea (Berish, 1982). Cabe destacar que no se observaron limitantes debido a la textura o estructura de los suelos en la calidad de raíces de ambos viveros, ya que ambos presentaron texturas franca y franca arenosa. Este tipo de texturas no son limitantes para la especie estudiada, ya que ésta es capaz de establecerse en suelos de diferente textura, presentando sus mejores desarrollos en suelos franco arenosos y franco arcillosos (Ackerknecht *et al.*, 1972; Van Hooser y Keegan, 1988).

Las mejores calidades de plantas de *P. ponderosa* de acuerdo a las variables morfológicas, producidas por cada vivero para cada zona serían: la totalidad de las calidades del vivero La Quila, ya que sus plantas reúnen las características requeridas por CONAF (CONAF, 2005) para las plantas llevadas a los programas de reforestación. En el vivero Río Cochrane solo sería aceptada C1, debido a que sus otras calidades presentan deficiencias en el DAC. La calidad C1, es de importancia, ya que equivale a 1/3 de la producción de *P. ponderosa* en el vivero Río Cochrane. Sin embargo, los criterios utilizados por CONAF sólo consideran una parte de las características morfológicas de la planta como lo son el largo del tallo, DAC y largo de raíz, no considerando la densidad y forma de las raíces en circunstancias que estas características son de gran relevancia para el buen establecimiento de las plantas en terreno.

Si se aplicaran los requerimientos de CONAF, se aceptarían todas las calidades asignadas al vivero La Quila y la calidad C1 de Río Cochrane. Si sólo se evaluara con las características de raíces, considerando forma de la raíz (rectas o con curvatura leve) y densidad de raíces, las calidades con mayor porcentaje de plantas plantables, serían las calidades C2 y C3 de Río Cochrane con 47% y 29% de sus plantas respectivamente, seguidas de las calidades Q1 y Q2 de La Quila ambas con 28% de sus plantas. Esto deja en evidencia lo importante de la clasificación de raíces a la hora de evaluar las calidades de plantas que van a los planes de reforestación.

Índices de calidad de plantas. Las plantas del vivero La Quila presentan mayor variación y mayores valores en su relación tallo/raíz que Río Cochrane. Las plantas de La Quila muestran el mismo comportamiento en sus calidades Q1, Q2 y Q3, lo cual indicaría un desequilibrio entre las partes transpirante y absorbente de las plantas. En cambio, el vivero Río Cochrane mostró valores menores para la misma relación, siendo éstos muy similares entre las diferentes calidades. La diferencia existente entre las plantas de La Quila y Río Cochrane se debería tanto a factores climáticos como de manejos propios del vivero. El periodo de crecimiento en La Quila muestra niveles de temperatura mayores y durante un periodo de tiempo más prologando en relación a Río Cochrane. En La Quila existe un manejo radicular que

afecta directamente a la raíz pivotante y biomasa, lo que hace aumentar el valor de la relación tallo/raíz en este vivero, sin embargo, en Río Cochrane también se aplica este manejo, pero los valores medios en relación tallo/raíz son menores a La Quila y similares entre sus calidades.

Según Rose *et al.* (1998) la relación tallo/raíz puede ser de gran importancia cuando la plantación tiene lugar en sitios difíciles, donde el factor más influyente sobre la supervivencia del primer año es una larga y cálida estación seca. May (1984) afirma que, en relación con la distribución de biomasa, la mejor calidad de plantas corresponde a una menor parte aérea en relación con la raíz. Para la relación tallo/raíz, las plantas de Río Cochrane, al tener valores menores debido al mayor peso seco de su raíz con respecto al peso de sus tallos, estarían mejor adaptadas que las plantas de La Quila para condiciones secas o para resistir el efecto secante del viento en zonas de estepa, que es donde se establecerían normalmente estas plantas. Sin embargo, la calidad Q4 de La Quila sería una planta que podría soportar dichas condiciones, ya que esta calidad presenta una media de relación tallo/raíz muy similar a la de calidades de Río Cochrane. Según Oliet (2000), valores inferiores de dicha relación, indican una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo.

La Quila presenta valores medios de relación tallo/raíz levemente superiores a los de Río Cochrane, equiparándose estos valores en la calidad Q4 de La Quila a los valores de las calidades de Río Cochrane. El valor medio más alto de relación tallo/raíz, lo presenta la calidad Q1 de La Quila con 2,0, valor medio punto superior a la misma calidad de Río Cochrane 1,6. Esta tendencia se observó para el contraste entre las calidades de cada vivero. En Río Cochrane se observa que los valores medios de relación tallo/raíz para sus calidades C2 y C3 son similares 1,5 en promedio.

Una de las críticas al uso de plantas con alto valor de relación tallo/raíz es que consumen más agua que plantas de bajo valor de relación. Quiroz y Rojas (2003) afirman que mientras menor sea la razón entre estos dos componentes, mayor es la posibilidad de supervivencia de las plantas, especialmente en sitios secos. Aunque mientras existan recursos hídricos en el suelo, las plantas de relación tallo/raíz mayor no necesariamente sufrirían más estrés hídrico que las plantas con menor relación (Stewart y Bernier, 1995; Lamhamedi *et al.*, 1998). Sin embargo, existen experiencias que avalarían el mejor desarrollo de plantas de mayor tamaño y con altos valores de relación tallo/raíz en las reforestaciones. Por un lado, en las reforestaciones de Canadá, se utilizan plantas grandes de alto valor de relación tallo/raíz, como una alternativa al uso de herbicidas. Se ha determinado que una mayor altura le da la posibilidad a la planta de enfrentar mejor el ataque de animales y la competencia de malezas (Chavasse, 1977; Overton y Ching, 1978; Timmer *et al.*, 1991).

El índice de esbeltez, indicador de la densidad de cultivo y de resistencia mecánica de la planta, presentó en La Quila valores 2 a 3 veces menores al vivero Río Cochrane. Las plantas que presentaron índices de esbeltez altos como la calidad C3 producida en Río Cochrane, son plantas de menor crecimiento, mientras que las

plantas que presentan índices de esbeltez bajos, como las Q1 y Q2 de La Quila, son aquellas de mayor desarrollo. Esto podría tener su origen en altos valores de diámetro de cuello de las plantas en La Quila, para cada una de sus calidades en proporción a la altura de sus tallos. Lo que se podría explicar por la baja densidad de plantas pos-trasplante, un promedio observado de 60 plantas m⁻². Según Escobar (1990) éste espaciamiento pos-trasplante entre plantas afecta el comportamiento de una serie de atributos morfológicos, tales como DAC, largo del tallo de las plantas y peso radicular entre otros.

Río Cochrane por su parte presentó valores mayores en este índice, consecuencia del menor crecimiento de las plantas y la alta densidad en la platabanda. Oliet (2000) recomienda plantas con menores valores de esbeltez a medida que aumenta la adversidad del clima del lugar de plantación. Thompson (1985) considera que los valores de índice de esbeltez superiores a 6 son inadecuados, pues la planta puede sufrir daños por viento, sequía o frío. Lo anterior, contrastaría con lo observado en las plantas de Río Cochrane (índices >13), las cuales han presentado un buen comportamiento en las zonas precordilleranas de la XI Región⁶. En el caso de La Quila ninguna de sus calidades excede el valor 6 lo que hace presumir que estas plantas también tendrían un buen desempeño en las zonas de estepa.

Diversos autores indican que el índice de Dickson sería un buen indicador para comparar la potencialidad de las plantas. Según Oliet (2000) lo deseable es que la planta alcance los máximos valores de índice de Dickson, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical estén equilibradas. Por lo tanto las plantas de La Quila al tener un índice mayor que en Río Cochrane tendrían un mejor comportamiento en terreno. Sin embargo, estas plantas al tener un tallo con un tamaño muy superior al promedio de Río Cochrane podrían sufrir de un fuerte impacto por efecto del viento en la zona de estepa de Río Cochrane. Por su parte, las plantas de Río Cochrane en la zona de Valdivia, sufrirían más de problemas de competencia de malezas debido a su reducido tamaño, no así de restricciones climáticas ya que se encuentran adaptadas a climas adversos.

En los análisis de relaciones entre los indicadores de calidad de plantas, se observó una correlación lineal entre el largo del tallo y el índice de Dickson ($P < 0,01$). Lo anterior permitiría que a través de la medición del largo de tallo se pueda predecir preliminarmente la calidad de planta de *P. ponderosa* producida a raíz desnuda. Al respecto, Thompson (1985) indica que el DAC es, de todas las variables, la que predice con mayor precisión la supervivencia y el crecimiento postrasplante, debido a la relación que posee con la cantidad de biomasa y la resistencia mecánica. En el caso de este estudio los resultados serían similares a lo expuesto por Thompson (1985), ya que la correlación existente entre el DAC y el índice de Dickson, fue

⁶ Nelson Vera, Ingeniero Forestal, Corporación Nacional Forestal (CONAF) XI Región. Comunicación personal

levemente menor, aunque similar a la obtenida entre el tallo y el mismo indicador, obteniendo así como segunda variable de predicción después del tallo al DAC.

Para los valores de índice de Dickson se observa que en ambos viveros los valores tienden a disminuir de mayor a menor calidad. Esto debido a la disminución de peso que presentan las plantas a medida que disminuye la calidad. Por consiguiente los valores medios de índice de Dickson, serán superiores para todas las calidades de La Quila.

Diversos autores han coincidido en la dificultad para determinar la mejor calidad de planta para una especie determinada. Según Escobar (1990) el concepto de calidad de planta está referido a una mayor tasa de sobrevivencia y crecimiento inicial de una planta en un sitio determinado. Por lo tanto la calidad de las plantas no sólo considera aspectos propios del vivero y la producción, sino que también de los sitios a ser utilizados en la plantación. De esta manera, existirán tantas calidades como tipos y condiciones de sitio a utilizar. Para el caso de Río Cochrane, y de acuerdo a los criterios utilizados para las características mínimas de plantas requeridas por CONAF para la especie *P. ponderosa*, éstas cumplirían con los requisitos de altura y largo total de la planta, existiendo sólo deficiencias en el DAC. En tanto, la totalidad de las calidades producidas en La Quila, y sus plantas que presentan raíces rectas o con curvatura leve, cumplirían con las exigencias impuesta por CONAF.

5. CONCLUSIONES

Existe una gran heterogeneidad en la producción de plantas de *P. ponderosa* en ambos viveros, lo que se traduce en la existencia de diferencias significativas ($P < 0,01$) en todos los parámetros de crecimientos evaluados entre viveros y entre calidades de plantas para ambos viveros. Las diferencias de crecimiento observadas en las plantas de ambos viveros, no estarían causadas sólo por el manejo nutritivo de los viveros, sino que tendrían un origen en las características climáticas como lo son las temperaturas y precipitaciones de cada zona y, sumadas a éstas, las técnicas utilizadas en la producción.

Las plantas de Río Cochrane estarían mejor preparadas morfológicamente (relación tallo/raíz) para soportar heladas y estrés hídrico; pero sufrirían daños mecánicos en zonas de exposición directa al viento por su alto índice de esbeltez. Las plantas de La Quila están mejor preparadas para la competencia de malezas. El índice de Dickson, indica que la planta producida en Río Cochrane no sería apta para su utilización en faenas de forestación, mientras que la producción de plantas de La Quila presentaría características deseables para este propósito.

Existe la posibilidad de utilizar correlaciones entre variables morfológicas e índices de calidad de plantas, para proyectar su futuro comportamiento en terreno. El índice de Dickson, presentó una alta correlación con el largo del tallo y el DAC, siendo estos indicadores morfológicos los más fiables para este sistema de producción en ambos viveros.

Ambos viveros mostraron debilidades en el control de sus sistemas de producción. En el vivero La Quila se detectaron falencias en la técnica de trasplante, lo cual derivó en una deficiente calidad de raíces. En Río Cochrane existió poco control de las malezas y una alta densidad de plantas postrasplante, produciéndose problemas de crecimiento general de las plantas.

Las plantas de *P. ponderosa* producidas por cada vivero, pese a las diferencias observadas entre ellos en las variables morfológicas, cumplirían con características mínimas requeridas por CONAF para cada sitio donde están siendo producidas. Sin embargo, quedó en evidencia la falencia de estos requisitos empleados por CONAF, ya que no consideran lo importante de la clasificación de raíces a la hora de evaluar las calidades de plantas que van a los planes de reforestación. Por lo tanto, es necesario incluir un criterio de selección que considere la morfología de la raíz de las plantas, tanto en su forma como en su densidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackernecht, C.; G. Fuentes; M. Wulff. 1972. Ensayo sobre siembra directa de ocho especies forestales en la zona de Coyhaique, Provincia de Aysén. Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de Ing. Forestal. Valdivia, Chile. 150 p.
- Albaugh, T.J.; H.L. Allen; P.M. Dougherty; K.H. Johnsen. 2004. Long term growth responses of loblolly pine to optimal nutrient and water resource availability. *For. Ecol. Manage.* 192 p.
- Alonso, C. 2005. Determinación de la eficiencia de la micorrización con cepas de *Descolea antarctica* Singer en plántulas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., cultivadas en condiciones de vivero. Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias. Valdivia, Chile. 78 p.
- Barajas, J. 2004. La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en plantas jóvenes de *Pinus greggii*. Colegio de Postgraduados Texcoco, México. Vol. 38(5): 545-553.
- Berish, C. 1982. Root biomass and surface area in tree successional tropical forests. *Can. J. For. Res.* vol. 12., p. 699-704.
- Boyer, J.; D. South. 1987. Excessive seedling height, high shoot: root ratio, and Benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. *Tree Planters Notes* (38): 19-22.
- Brandt, M. 2004. Planificación actividades producción de plantas, viveros forestales "VIFOR". Documento técnico1. Cochrane, Chile. 13 p.
- Camacho, J. 2002. Estadística con SPSS (versión 11) para Windows. Ra-Ma Editorial. Madrid, España. 402 p.
- Chen, H. 1997. Interspecific responses of planted seedlings to light availability in interior British Columbia: survival, growth, allometric patterns, and specific leaf area. *Can. J. For. Res.* 27: 1383-1393.
- Chile Forestal. 2002. Viveros Forestales Temporada 2001/2002. Documento Técnico. Edición mayo-junio 2002.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) 1999. Descripción de suelos materiales y símbolos. Estudio agrológico de la provincial de Valdivia, X Región. 196 p.
- Conckle, M.; W. Critchfield. 1987. Genetic variation and Hybridisation of ponderosa pine. *In: Ponderosa pine-The species and its management.* Spokane, WA. Proceedings. Pullman, WA, Cooperative Extension, Washington State University, 1988. pp. 27-44.

- Corporación Nacional Forestal (CONAF) 2005. Programa de forestación de pequeños propietarios. Pauta técnica XI Región para el establecimiento de plantaciones año 2005. Documento Técnico, Publicación periódica de circulación interna.
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). 1966. Geografía económica de Chile. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 369 p.
- Daniel, T.; J. Helms; F. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Ed. McGraw-Hill, México. 492 p.
- Danielson, H.R.; Y. Tanaka. 1978. Drying and storing stratified ponderosa pine and Douglas fir seeds. *Forest Science* 24 (1): 11-16.
- Donoso, C. 1997. Ecología Forestal. 5ª edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 369 p.
- Duryea, M.; T. Landis. 1984. Forestry nursery manual. Production of bareroot seedlings. Oregon State University. Corvallis, Oregon, USA. 386 p.
- Escobar, R. 1990. Análisis de algunos elementos básicos involucrados en la producción artificial de plantas de especies nativas. *Bosque (Chile)* 11(1): 3-9.
- Gerding, V. 1981. Control químico de malezas en platabandas de trasplante de un vivero forestal. Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de Ing. Forestal. Valdivia, Chile. 182 p.
- Girardin, J.L.; P. Broquen. 1995. El crecimiento de *Pinus ponderosa* Dougl. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Dougl. En diferentes condiciones de sitio (provincia de Neuquén, R. Argentina). *Bosque (Chile)* 16(2): 57-67.
- González, M. 1993. Estudio del efecto de diferentes regímenes de acondicionamiento de plantas de Raulí (*Nothofagus alpina*) 1-0 a raíz desnuda. Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de Ing. Forestal. Valdivia, Chile. 117 p.
- Habeck, R.J. 1992. *Pinus ponderosa* var. *ponderosa*. In: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (2002, December). Fire Effects Information System. INTERNET: <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinpon.pdf> (28 septiembre, 2006)
- Hansen, N.; L. Lugano. 1997. La calidad de los plantines para forestación. CIEFAP-GTZ-INTA. Documento técnico 18. 4 p.
- Instituto Forestal (INFOR), 1999 a. Estudio de raleo en plantaciones de pino ponderosa. Informe de Avance Proyecto Investigación con especies promisorias para la forestación productiva en la XI región Aysén. 10 p.

- Instituto Forestal (INFOR), 1999 b. Estudio de crecimiento mensual en plantaciones de pino ponderosa en la Reserva Nacional Coyhaique. Informe de Avance Proyecto Investigación con especies promisorias para la forestación productiva en la XI región Aysén. 31 p.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). 1989. Mapa agroclimático de Chile. Área agroecológica, Programa de Ecología y Producción, Proyecto agrometeorológico. Santiago, Chile. 98 p.
- Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN), 1966. Estudio generalizado de suelos y capacidades de uso, Provincia de Aysén (Área de prioridad). Santiago. Chile. CORFO. Documento técnico 23. 26 p.
- Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN), 1979. Perspectiva de desarrollo de los Recursos naturales en la XI región de Aysén. Santiago. Chile. CORFO. Documento técnico 26. 92 p.
- Lamhamedi, M.S.; P.Y. Bernier ; C. Hébert; R. Jobidon. 1998. Physiological and growth responses of three sizes of containerized *Picea mariana* seedlings outplanted with and without vegetation control. Forest Ecology and Management 110: 13-23.
- Landis, T.D. 1976. Foliage nutrient levels for three Rocky Mountain tree species. Forest Pathologist, USDA, Forest Service, Denver, Colorado 27(2). INTERNET: [http://www.rngr.net/Publications/tpn/27/PDF.2003-09-20.4714/file\(09 abril 2007\)](http://www.rngr.net/Publications/tpn/27/PDF.2003-09-20.4714/file(09%20abril%202007).).
- Landis, T.D.; R.W. Tinus; S.E. McDonald; J.P. Barnett. 1994. Nursery planning, Development, and management, Vol.1, The Container Tree Nursery Manual, Agric. Handbk. 674 Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 188 p.
- Landis, T.D.; J.W. Fischer. 1995. How to determine fertilizer rates and application Timing in Bareroot Forest Nurseries. Intermountain Nurseryman's Meeting, August 1995. Ft. Collins. 1315 p.
- Larson, M. 1963. Initial root development of ponderosa pine seedlings as related to germination date and size of seed. Forest Science 9(4): 456-460.
- Leiva, M.; R. Fernández-Alés. 1998. Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. Forest Ecology and Management 111: 147-156.
- Martínez, O.; R. Peñaloza. 1979. Introducción de especies en la zona de Coyhaique, XI Región. Proyecto SERPLAC/CONAF (XI Región)/Universidad Austral de Chile. Informe de Convenio N° 10. 36 p.

- May, J.T. 1984. Seedling quality, grading, culling and counting. *In*: Southern Pine Nursery Handbook. May, J. T., W. Belcher, Jr., C. E. Cordell, T. H. Filer, Jr., D. South, and C. W. Lantz, (eds). USDA. Forest Service. Southern Region. pp. 83-97.
- McTague, J.; R. Tinus. 1996. The effects of seedling quality and forest site weather on field survival of ponderosa pine. *Tree Planters' Notes* 47(1): 16-23.
- Megahan, W.; F. Steele. 1988. A field guide for predicting snow damage to ponderosa pine plantations. Research note. Intermountain Research Station. USDA.
- Meurise, R. 1988. Forest soil management of U.S. Andisols. Proceedings of the first ISCOM characterization classifications and utilizations of Andisols. USDA-USAID. pp. 130-142.
- Mexal, J.; T. Landis. 1990. Target seedling concepts: Height and diameter. In: Rose R.; S. Campbell; T. Landis. ed. Proceedings, Target Seedling Symposium, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1990 August 15-17; Roseburg, OR. CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Oregon, USA. Cap. 3: 17-36.
- Oliet, J.A. 2000. La calidad de la postura forestal en vivero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.
- Oliver, W.; R. Ryker. 1990. Ponderosa pine, *Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws. In: silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest service Washington, DC. Vol.(2) 887 p.
- O'Reilli, C.; J. N. Owens; J. T. Arnott; B. G. Dunsworth, 1994. Effects of nursery culture on morphological development of western hemlock seedlings during field establishment: I. Flushing, shoot elongation and bud development, II Survival, Shoot, length components and needle length *Canadian J. For. Res* (24): 53-70.
- Overton, W.; K. Ching. 1978. Analysis of differences in height growth among populations in a nursery selection study of Douglas-fir. *For. Sci.* 24(4): 497-509.
- Quiroz, I.; Y. Rojas. 2003. Pino ponderosa & Pino oregón, confieras para el sur de Chile. Proyecto FONDEF/INFOR (X Región). 302 p.
- Rose, R.; T. Birchler; M. Pardos; A. Royo. 1998. La plántula ideal: producción de plántulas de calidad para mejorar el comportamiento de las plantaciones. Versión 28/03/98. 44 p.

- Sanhueza, O. 1998. Evaluación de un ensayo de procedencias de *Pinus ponderosa* Laws en el sector de Río Claro, XI Región. Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de Ing. Forestal. Valdivia, Chile. 68 p.
- Schinelli, T. 2002. Ensayo de fertilización en plantas de *Pinus ponderosa* a raíz desnuda. Carpeta de Información Técnica EEA INTA ESQUEL. 3 p.
- Schinelli, T.; R. Lavado. 2003. Ensayo de fertilización en plantines de *Pinus ponderosa* a raíz desnuda INTA, Documento Técnico. Estación experimental agroforestal. Esquel, Argentina. INTERNET: <http://www.inta.gov.ar/esquel/info/.pdf> (28 septiembre 2006).
- Schlatter, J. 1979. Reconocimiento de suelos en la zona trasandina alrededor de Coyhaique, XI Región. Proyecto Serplac/CONAF XI - Universidad Austral de Chile. Informe convenio, 9. 63 p.
- Schlatter J.E.; V. Gerding; H. Huber. 1995. Sistema de ordenamiento de la tierra, herramienta para la planificación forestal aplicada a la X Región. Valdivia, Chile. Serie Técnica, Universidad Austral de Chile. 93 p.
- Schlatter, J.; R. Grez; V. Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. 3ª Ed. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 121 p.
- Sloan, J. 1994. Nursery regimes affect seedling size and outplanting performance of 1+0 ponderosa pine. In: Landis, T.; R. K., Dumroese. technical coordinators. Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. USDA, Forest Service. pp.169-181. INTERNET: <http://www.fcnanet.org/proceedings/1994/> (16 agosto 2006).
- Stewart, J.D.; P.Y. Bernier. 1995. Gas exchange and water relations of three sizes of containerized *Picea mariana* seedlings subjected to atmospheric and edaphic water stress under controlled conditions. Annales des Sciences Forestières 52: 1-9.
- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking In: Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major test. M.,L. Duryea Eds. Forest Research Laboratory. Oregon State University. pp. 59-69.
- Timmis, R.;Y. Tanaka. 1976. Effects of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. Forest Science 22(2): 167-172.
- Timmer, V.R., G. Armstrong, B.D. Miller. 1991. Steady-state nutrient preconditioning and early outplanting performance of containerized black spruce seedlings. Canadian J. For. Res. (21): 585-594.

- Tosso, J. 1985. Editor. Suelos Volcánicos de Chile. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 723 p.
- Van Hooser, D.; CH. Keegan. 1988. Distribution and volumens of ponderosa pine forest. In: Ponderosa pine- The species and its management. Spokane, WA. Proceeding, Pullman, WA, Cooperative Extension, Washington State University, 1988. pp. 1-6.

ANEXOS

Anexo 1

Abstract and Keywords

Abstract and Keywords

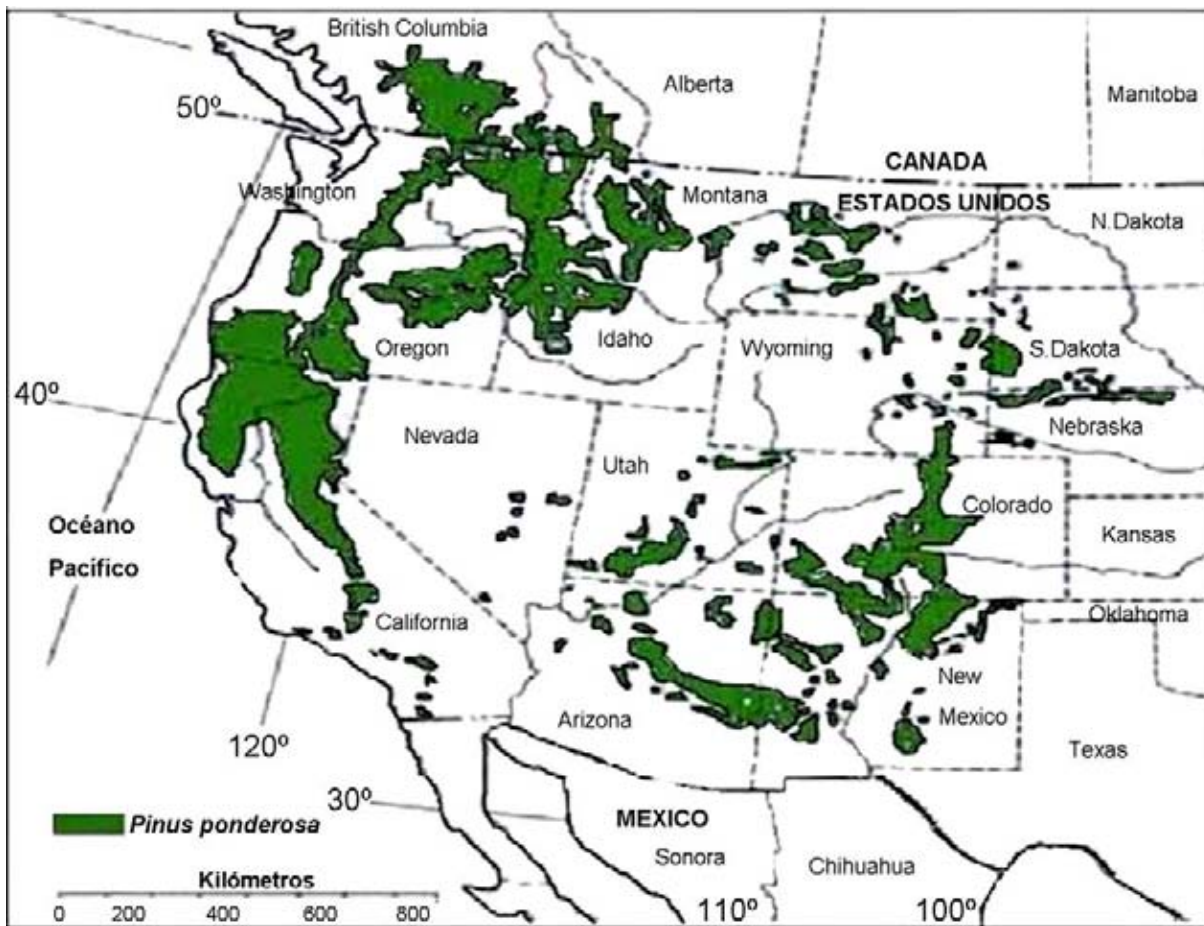
The study consisted in characterization of ponderosa pine plants ponderous 1:1 of the nurseries La Quila of the X Region and Río Cochrane, XI Region. The measurement of parameters of growth in height, DAC were accomplished, long pivot and sorting for form and density by the roots, out of every plant sampled by nursery. At a later time the signs separated into aerial part (aciculae and stem), radical (complete root) and they got dry in oven, for the objective of examining the biomass out of every plant. The obtained data examined graph themselves and statistically to determine the existence of significant differences between qualities of plants and between nurseries. Enter the results, the nursery's plants highlight La Quila themselves, that the elders were significantly for ($P < 0,01$) all of the components and dry weights. However, they presented a deficient development in the way of his roots; I did not grasp at the nursery Río Cochrane, where you plant them in spite of being smaller they showed a better radical form. The results yielded a bigger variability for the nursery's plants La Quila. Besides shows of quality of plants to evaluate each nursery, determining the values were applicable of different index averages and the applicability of these in the systems of production of ponderosa pine. Also the possibility to utilize correlations between morphologic variables became verified and index of quality to explain the future behavior of the plants at lot. Dickson's index presented a loud correlation with the length of stem of the plants for both nurseries. Discuss him the most restricting factors of each nursery, in the event of the nursery La Quila they identified deficiencies in the task of transplanting and for Río Cochrane in the control of scrub and number of plants transplanting behind.

Key words: ponderosa pine, productive system (1:1), variables of growth, index of quality.

Anexo 2

- a) Distribución natural *Pinus ponderosa*
- b) Fotografías viveros estudiados
- c) Metodología de muestreo
- d) Muestreos realizados
- e) Bases de datos muestras de ambos viveros.

a) Distribución natural de *Pinus ponderosa*



Distribución natural de *Pinus ponderosa* modificado de (Oliver y Ryker, 1990)

b) Viveros estudiados en el presente trabajo

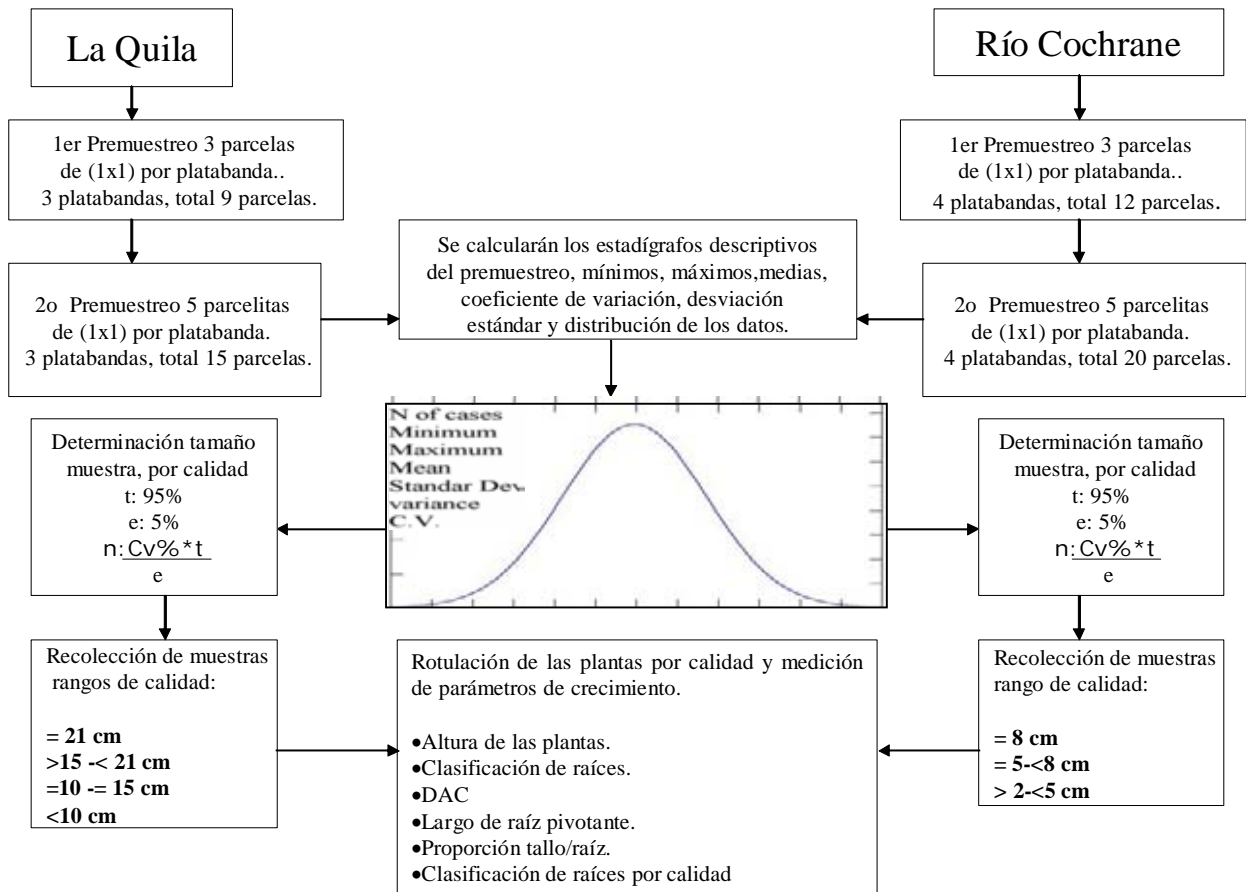
Vivero La Quila



Vivero Río Cochrane



c) Esquema del Diseño de Muestreo utilizado.



d) Primer y segundo muestreo realizados a los viveros “La Quila” y “Río Cochrane”.

Muestreo Vivero “La Quila” y “Río Cochrane”.

La Quila						
Platabanda	n	Mínimo	Media	Máximo	Desv. típ.	C.V.%
La Quila 1	179	6	16,36	29	4,85	29
La Quila 2	154	7	19,71	32,5	5,23	26
La Quila 3	171	6,5	16,76	32	4,89	29
Total	504	6	17,61	32,5	4,99	28
Río Cochrane						
Platabanda	n	Mínimo	Media	Máximo	Desv. típ.	C.V.%
Cochrane 1	269	1,5	4,25	9	1,37	32
Cochrane 2	427	2	4,89	12	1,66	34
Cochrane 3	471	1,5	5,24	13,5	1,95	37
Cochrane 4	554	1,5	6,31	16,5	2,51	40
Total	1721	1,5	5,17	16,5	1,87	36

Segundo muestreo Vivero “La Quila” y “Río Cochrane”.

La Quila						
Platabanda	n	Mínimo	Media	Máximo	Desv. típ.	C.V.%
La Quila 1	300	6	17,26	29	4,95	29
La Quila 2	260	7	19,07	32,5	5,37	28
La Quila 3	294	6	17,18	32	5,09	30
Total	854	6	17,83	32,5	5,13	28
Río Cochrane						
Platabanda	n	Mínimo	Media	Máximo	Desv. típ.	C.V.%
Cochrane 1	470	1,5	4,32	10	1,44	33
Cochrane 2	691	2	5,17	12	1,77	34
Cochrane 3	737	1,5	4,84	13,5	1,91	39
Cochrane 4	895	1,5	6,05	16,5	2,30	38
Total	2793	1,5	5,09	16,5	1,85	36

e) Bases de datos viveros La Quila y Río Cochrane

Vivero La Quila

vivero	calidad	muestra	pstallo	psraiz	psacicula	dac	raíz	tallo	alltotal	pstotal
QUILA	1	m1	3,11	4,00	5,25	7,00	17,50	21,00	38,50	12,36
QUILA	1	m2	4,33	6,07	4,40	8,25	15,00	21,00	36,00	14,80
QUILA	1	m3	3,55	5,56	4,61	7,00	14,50	22,00	36,50	13,72
QUILA	1	m4	4,34	4,65	3,76	8,65	14,00	22,00	36,00	12,75
QUILA	1	m1	4,50	5,14	4,69	10,00	16,00	23,00	39,00	14,33
QUILA	1	m2	5,18	4,09	3,23	9,10	17,00	23,00	40,00	12,50
QUILA	1	m3	5,89	8,55	9,18	10,00	16,00	23,00	39,00	23,62
QUILA	1	m4	6,37	6,60	5,17	6,10	14,60	24,00	38,60	18,14
QUILA	1	m2	6,60	7,42	6,20	8,50	15,00	24,00	39,00	20,22
QUILA	1	m3	5,30	3,33	3,09	9,00	18,50	25,00	43,50	11,72
QUILA	1	m4	8,98	8,63	9,45	9,00	14,00	26,00	40,00	27,06
QUILA	1	m1	3,18	3,45	4,86	10,30	21,50	26,00	47,50	11,49
QUILA	1	m2	4,37	5,91	4,85	10,50	19,40	27,00	46,40	15,13
QUILA	1	m3	4,97	3,64	3,85	7,95	12,00	27,00	39,00	12,46
QUILA	1	m1	7,31	5,52	4,54	9,10	16,80	28,00	44,80	17,37
QUILA	1	m2	9,73	11,09	8,23	11,50	18,00	28,00	46,00	29,05
QUILA	1	m1	10,28	7,56	9,63	11,50	17,00	29,20	46,20	27,47
QUILA	1	m2	5,03	4,46	5,60	10,30	18,00	29,00	47,00	15,09
QUILA	1	m1	6,51	6,29	6,20	10,50	19,50	30,00	49,50	19,00
QUILA	1	m2	12,90	13,32	12,44	11,00	17,50	30,00	47,50	38,66
QUILA	1	m1	10,06	10,23	6,87	9,40	15,50	31,00	46,50	27,16
QUILA	1	m2	7,14	8,74	5,97	8,50	18,30	31,40	49,70	21,85
QUILA	1	m1	9,65	9,98	11,95	8,25	17,50	32,00	49,50	31,58
QUILA	1	m2	8,87	10,15	13,71	10,50	20,00	32,00	52,00	32,73
QUILA	1	m1	9,31	13,68	10,79	9,35	16,00	33,60	49,60	33,78
QUILA	1	m2	8,23	5,51	6,80	9,50	13,00	33,00	46,00	20,54
QUILA	1	m1	7,22	5,40	6,80	13,30	19,50	33,00	52,50	19,42
QUILA	2	m1	1,93	2,65	3,36	6,80	23,00	15,00	38,00	7,94
QUILA	2	m2	1,75	2,11	2,61	5,75	16,60	15,50	32,10	6,47
QUILA	2	m3	2,28	4,96	3,00	7,10	21,00	15,00	36,00	10,24
QUILA	2	m1	1,18	0,99	0,60	4,75	15,00	16,00	31,00	2,77
QUILA	2	m2	2,91	4,30	1,99	5,00	20,00	16,00	36,00	9,20
QUILA	2	m3	2,58	3,95	4,49	6,10	17,00	16,00	33,00	11,02
QUILA	2	m1	2,89	4,36	4,15	6,50	12,00	17,00	29,00	11,40
QUILA	2	m2	2,80	2,06	2,58	7,00	18,00	17,00	35,00	7,44
QUILA	2	m3	2,51	2,72	2,38	6,40	13,00	17,00	30,00	7,61
QUILA	2	m2	3,61	5,18	3,20	7,20	16,50	18,60	35,10	11,99
QUILA	2	m3	3,73	4,94	4,26	9,60	16,00	18,50	34,50	12,93
QUILA	2	m1	5,77	7,32	5,66	7,00	21,00	18,50	39,50	18,75
QUILA	2	m2	3,07	2,09	2,53	8,60	15,50	19,50	35,00	7,69
QUILA	2	m3	1,57	0,94	0,57	6,60	11,50	19,80	31,30	3,08
QUILA	2	m1	4,31	3,90	4,38	4,10	15,00	19,50	34,50	12,59
QUILA	2	m2	5,32	3,37	4,21	7,55	18,00	20,10	38,10	12,90
QUILA	3	m1	1,65	2,51	2,38	5,75	15,50	10,00	25,50	6,54
QUILA	3	m2	1,01	1,48	1,72	5,65	16,00	10,00	26,00	4,21

QUILA	3	m1	1,04	1,28	1,54	5,15	16,50	11,00	27,50	3,86
QUILA	3	m2	1,52	2,01	2,46	5,55	18,50	11,30	29,80	5,99
QUILA	3	m1	1,61	2,02	1,71	5,60	15,00	12,00	27,00	5,34
QUILA	3	m2	2,43	2,91	2,78	5,40	23,00	12,00	35,00	8,12
QUILA	3	m3	2,28	2,62	2,15	8,20	16,00	12,30	28,30	7,05
QUILA	3	m1	1,43	1,29	1,14	4,85	12,50	13,00	25,50	3,86
QUILA	3	m2	1,37	1,87	1,07	4,40	12,00	13,00	25,00	4,31
QUILA	3	m3	1,10	1,43	1,25	4,60	13,60	13,00	26,60	3,78
QUILA	3	m1	1,94	2,42	2,34	5,40	15,60	14,50	30,10	6,70
QUILA	3	m2	1,62	2,35	1,65	5,00	14,00	14,50	28,50	5,62
QUILA	3	m3	1,74	2,20	1,05	7,45	12,00	14,50	26,50	4,99
QUILA	3	m1	2,11	3,56	2,47	5,30	15,00	15,80	30,80	8,14
QUILA	3	m2	2,63	2,33	3,21	6,50	18,20	15,40	33,60	8,17
QUILA	3	m3	1,98	2,63	1,92	6,55	13,50	15,00	28,50	6,53
QUILA	4	m1	0,50	0,95	0,80	3,15	11,50	9,00	20,50	2,25
QUILA	4	m2	0,50	0,96	0,75	5,10	20,00	9,00	29,00	2,21
QUILA	4	m4	0,88	1,33	1,16	5,20	10,00	9,00	19,00	3,37
QUILA	4	m5	1,43	2,01	2,07	5,45	18,00	9,00	27,00	5,51
QUILA	4	m6	0,76	1,86	1,39	5,50	15,50	9,00	24,50	4,01
QUILA	4	m3	0,61	0,93	0,76	4,25	13,50	9,00	22,50	2,30
QUILA	4	m4	0,80	1,33	0,68	3,10	17,00	8,50	25,50	2,81
QUILA	4	m5	0,56	1,24	1,64	5,15	13,20	8,00	21,20	3,44
QUILA	4	m6	0,50	0,72	1,06	4,90	14,00	8,00	22,00	2,28
QUILA	4	m1	0,44	0,74	0,67	4,00	12,50	8,00	20,50	1,85
QUILA	4	m2	0,27	0,51	0,13	3,90	14,00	7,00	21,00	0,91
QUILA	4	m3	0,36	0,72	0,52	3,00	13,00	7,50	20,50	1,60
QUILA	4	m4	0,76	0,65	1,11	3,10	24,00	7,50	31,50	2,52
QUILA	4	m5	0,67	1,91	1,37	3,50	15,00	7,00	22,00	3,95
QUILA	4	m2	0,35	0,45	0,37	4,50	13,00	7,00	20,00	1,17
QUILA	4	m3	0,41	0,97	0,60	2,70	13,00	6,00	19,00	1,98
QUILA	4	m4	0,35	0,52	0,28	3,40	15,50	6,00	21,50	1,15

Leyenda.

psalloy: peso seco tallo

psraíz: peso seco raíz

psacícula: peso seco acículas

dac: diámetro de cuello

alttotal: altura total

pstotal: peso seco total

Vivero Río Cochrane

vivero	calidad	muestra	pstallo	psraiz	psacicula	dac	raíz	tallo	altotal	pstotal
COCHRANE	1	m1	0,33	0,50	0,16	2,30	17,50	8,00	25,50	0,98
COCHRANE	1	m2	0,81	1,79	1,65	3,10	25,00	8,10	33,10	4,25
COCHRANE	1	m3	0,51	1,02	1,43	2,40	19,50	8,20	27,70	2,97
COCHRANE	1	m5	0,62	1,68	1,26	3,10	24,00	8,20	32,20	3,56
COCHRANE	1	m6	0,43	1,15	0,92	3,50	21,00	8,30	29,30	2,50
COCHRANE	1	m7	0,55	0,68	0,97	2,10	23,00	8,30	31,30	2,20
COCHRANE	1	m8	0,41	0,85	0,84	2,50	21,00	8,50	29,50	2,10
COCHRANE	1	m1	0,54	0,92	1,05	2,10	22,00	8,80	30,80	2,51
COCHRANE	1	m2	0,44	0,80	1,07	2,90	18,00	9,00	27,00	2,30
COCHRANE	1	m3	0,57	1,18	1,48	2,80	14,00	9,20	23,20	3,22
COCHRANE	1	m4	1,19	2,29	2,77	2,90	26,00	9,40	35,40	6,25
COCHRANE	1	m5	0,61	1,19	0,77	3,30	25,50	9,50	35,00	2,57
COCHRANE	1	m6	0,84	0,88	1,12	2,60	17,00	9,60	26,60	2,84
COCHRANE	1	m7	0,53	1,12	1,16	2,80	18,00	9,70	27,70	2,81
COCHRANE	1	m1	0,72	1,38	1,36	2,80	20,00	9,80	29,80	3,46
COCHRANE	1	m2	0,57	1,16	1,05	3,00	17,00	10,00	27,00	2,78
COCHRANE	1	m4	0,64	1,26	1,21	2,50	20,00	10,20	30,20	3,11
COCHRANE	1	m2	1,39	3,00	2,87	3,00	23,00	10,60	33,60	7,26
COCHRANE	1	m2	1,05	2,04	2,03	2,40	18,00	11,00	29,00	5,13
COCHRANE	1	m1	1,36	2,67	2,63	4,20	20,00	11,50	31,50	6,66
COCHRANE	1	m2	0,98	0,78	1,05	3,50	20,00	11,80	31,80	2,81
COCHRANE	1	m3	1,02	2,43	2,41	4,00	24,00	12,00	36,00	5,86
COCHRANE	1	m4	1,83	3,86	3,00	3,00	19,00	12,30	31,30	8,69
COCHRANE	1	m5	1,07	1,68	1,51	3,00	18,50	12,50	31,00	4,25
COCHRANE	1	m6	0,67	1,04	1,18	4,00	25,00	12,50	37,50	2,88
COCHRANE	1	m1	0,92	1,33	1,66	3,20	24,00	12,60	36,60	3,92
COCHRANE	1	m2	1,21	2,31	1,83	3,00	25,00	12,70	37,70	5,35
COCHRANE	1	m1	1,85	3,88	1,70	3,10	21,00	13,10	34,10	7,43
COCHRANE	1	m2	1,95	2,71	2,27	3,60	19,50	13,40	32,90	6,93
COCHRANE	1	m1	1,41	2,37	1,89	3,50	17,00	13,80	30,80	5,67
COCHRANE	1	m3	0,82	0,91	1,89	4,80	27,00	15,30	42,30	3,62
COCHRANE	2	m1	0,24	0,51	0,48	2,90	20,00	5,00	25,00	1,24
COCHRANE	2	m2	0,28	0,55	0,53	3,00	27,50	5,00	32,50	1,36
COCHRANE	2	m3	0,20	0,26	0,40	2,98	10,00	5,00	15,00	0,85
COCHRANE	2	m4	0,14	0,41	0,30	2,95	20,00	5,30	25,30	0,85
COCHRANE	2	m5	0,38	1,04	1,02	3,00	20,00	5,30	25,30	2,44
COCHRANE	2	m6	0,20	0,47	0,31	2,20	23,00	5,30	28,30	0,98
COCHRANE	2	m7	0,30	0,68	0,91	2,50	22,00	5,40	27,40	1,89
COCHRANE	2	m8	0,26	0,43	0,54	2,10	22,00	5,50	27,50	1,22
COCHRANE	2	m9	0,17	0,40	0,34	2,30	20,00	5,50	25,50	0,91
COCHRANE	2	m10	0,28	0,34	0,44	2,00	16,00	5,50	21,50	1,07
COCHRANE	2	m11	0,27	0,50	0,28	2,00	23,50	5,70	29,20	1,05
COCHRANE	2	m12	0,16	0,50	0,38	2,00	24,50	5,80	30,30	1,04
COCHRANE	2	m1	0,38	0,70	1,08	2,00	21,00	6,00	27,00	2,16
COCHRANE	2	m2	0,27	0,57	0,43	2,20	17,00	6,00	23,00	1,26
COCHRANE	2	m3	0,23	0,40	0,38	2,00	22,00	6,20	28,20	1,01
COCHRANE	2	m4	0,43	0,89	0,94	2,60	29,00	6,40	35,40	2,26
COCHRANE	2	m5	0,36	0,72	0,65	2,30	20,00	6,50	26,50	1,73

COCHRANE	2	m6	0,30	0,78	0,72	2,50	19,00	6,50	25,50	1,80
COCHRANE	2	m7	0,33	0,65	0,61	2,60	26,00	6,60	32,60	1,59
COCHRANE	2	m8	0,30	0,77	0,82	3,00	22,00	6,70	28,70	1,89
COCHRANE	2	m9	0,53	1,26	1,25	2,95	30,00	6,70	36,70	3,04
COCHRANE	2	m10	0,16	0,31	0,31	1,50	24,00	6,80	30,80	0,78
COCHRANE	2	m1	0,37	0,77	0,88	2,50	21,00	7,00	28,00	2,02
COCHRANE	2	m2	0,40	0,43	0,37	2,60	17,00	7,00	24,00	1,19
COCHRANE	2	m3	0,58	1,36	1,08	3,00	16,00	7,00	23,00	3,02
COCHRANE	2	m5	0,45	0,68	1,73	2,20	8,50	7,00	15,50	2,87
COCHRANE	2	m6	0,57	0,98	0,92	2,90	19,00	7,40	26,40	2,47
COCHRANE	2	m7	0,38	1,07	1,15	3,50	23,00	7,50	30,50	2,60
COCHRANE	2	m8	0,47	1,01	0,97	3,50	27,50	7,50	35,00	2,44
COCHRANE	2	m9	0,34	0,68	0,54	3,00	20,00	7,60	27,60	1,56
COCHRANE	2	m11	0,50	0,85	0,87	4,00	31,00	7,80	38,80	2,22
COCHRANE	2	m12	0,43	0,78	0,80	3,80	15,00	7,80	22,80	2,00
COCHRANE	2	m13	0,17	0,26	0,28	2,70	18,00	7,80	25,80	0,71
COCHRANE	3	m1	0,04	0,09	0,07	1,00	13,00	2,20	15,20	0,20
COCHRANE	3	m1	0,07	0,14	0,13	1,00	13,00	3,00	16,00	0,34
COCHRANE	3	m2	0,13	0,22	0,24	1,60	18,00	3,00	21,00	0,59
COCHRANE	3	m3	0,07	0,29	0,19	1,40	14,00	3,00	17,00	0,55
COCHRANE	3	m4	0,07	0,20	0,13	1,20	18,00	3,40	21,40	0,40
COCHRANE	3	m5	0,07	0,21	0,25	1,30	16,00	3,50	19,50	0,53
COCHRANE	3	m6	0,09	0,14	0,22	1,40	13,00	3,50	16,50	0,45
COCHRANE	3	m7	0,11	0,35	0,20	1,50	16,00	3,60	19,60	0,66
COCHRANE	3	m8	0,07	0,13	0,08	1,30	10,80	3,60	14,40	0,28
COCHRANE	3	m9	0,15	0,39	0,26	1,50	18,00	3,90	21,90	0,80
COCHRANE	3	m1	0,16	0,54	0,37	2,00	18,00	4,00	22,00	1,07
COCHRANE	3	m2	0,15	0,24	0,17	1,50	16,00	4,00	20,00	0,56
COCHRANE	3	m3	0,16	0,33	0,27	1,80	16,00	4,00	20,00	0,76
COCHRANE	3	m4	0,18	0,57	0,52	1,80	18,00	4,00	22,00	1,27
COCHRANE	3	m5	0,29	0,38	0,25	2,20	19,00	4,00	23,00	0,92
COCHRANE	3	m6	0,14	0,31	0,30	2,10	18,00	4,00	22,00	0,75
COCHRANE	3	m7	0,16	0,50	0,57	2,30	20,00	4,00	24,00	1,23
COCHRANE	3	m9	0,19	0,29	0,37	2,00	19,00	4,20	23,20	0,85
COCHRANE	3	m10	0,10	0,26	0,24	1,90	19,00	4,30	23,30	0,60
COCHRANE	3	m11	0,09	0,21	0,16	1,50	18,00	4,30	22,30	0,46
COCHRANE	3	m12	0,19	0,56	0,37	1,20	17,00	4,30	21,30	1,12
COCHRANE	3	m13	0,09	0,23	0,09	1,90	22,00	4,40	26,40	0,41
COCHRANE	3	m14	0,07	0,14	0,14	2,00	15,00	4,50	19,50	0,35
COCHRANE	3	m15	0,20	0,23	0,14	1,60	16,00	4,50	20,50	0,57
COCHRANE	3	m16	0,11	0,16	0,26	1,50	18,00	4,50	22,50	0,53
COCHRANE	3	m17	0,13	0,18	0,14	1,60	20,00	4,50	24,50	0,45
COCHRANE	3	m18	0,08	0,24	0,32	1,30	15,50	4,50	20,00	0,64
COCHRANE	3	m19	0,13	0,20	0,29	1,80	15,00	4,50	19,50	0,62
COCHRANE	3	m20	0,12	0,50	0,29	1,60	15,00	4,50	19,50	0,91
COCHRANE	3	m21	0,16	0,29	0,31	1,80	17,00	4,60	21,60	0,76
COCHRANE	3	m22	0,07	0,24	0,10	1,50	14,50	4,60	19,10	0,41
COCHRANE	3	m23	0,13	0,26	0,23	1,20	20,00	4,80	24,80	0,62
COCHRANE	3	m24	0,11	0,20	0,14	1,50	20,00	4,90	24,90	0,45
COCHRANE	3	m25	0,68	0,45	0,23	1,50	15,00	4,90	19,90	1,36
COCHRANE	3	m26	0,07	0,19	0,21	2,90	19,00	4,90	23,90	0,47

Anexo 3

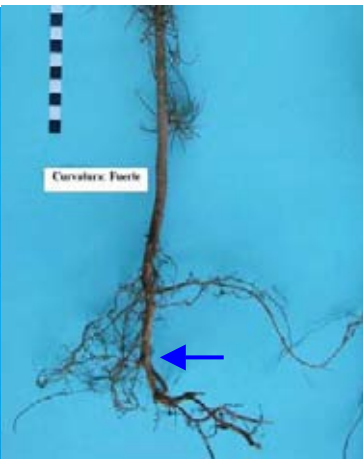
Criterios de Clasificación de raíces por forma y densidad



Raíz recta



Curvatura Leve



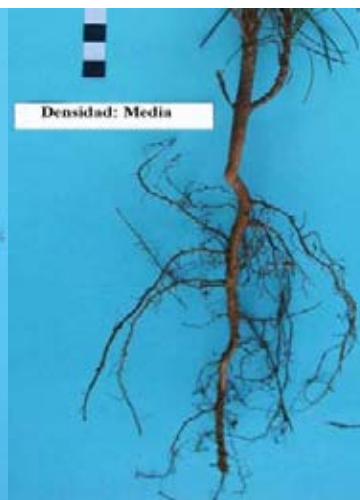
Curvatura Fuerte



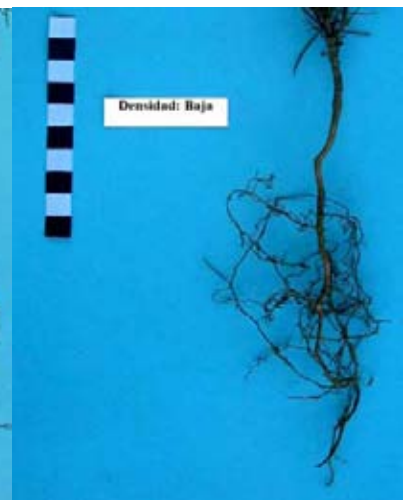
Curvatura Espiralada



Densidad Alta



Densidad Media



Densidad Baja

Anexo 4

Planilla de identificación de factores limitantes de sitio y
producción de *P. ponderosa* en ambos viveros

Pauta de criterios para evaluar sistemas de producción de *Pinus ponderosa* para Viveros La Quila y Río Cochrane

Viveros

Criterio	Indicador	Verificador	Viveros	
			La Quila	Río Cochrane
Mantenimiento de la producción de plantas de <i>Pinus ponderosa</i>	Programa de producción	Identificación de hitos relevantes en la producción	√	√
		Época de siembra	√	√
		Control de malezas	√	√
		Cuidados culturales (trasplante, etc.)	√	√
Mantenimiento de la capacidad productiva del suelo	Tipo e intensidad del manejo físico del suelo	Programa específico de manejo físico del suelo	√	√
		Tratamientos realizados al suelo	√	√
		Diagnóstico propiedades físicas del suelo	X	X
		Variables medidas en el análisis	X	X
		Características del arado	√	√
	Tipo e intensidad del manejo químico de suelo	Programa de manejo químico del suelo	√	√
		Calendarización de actividades	√	√
		Tipo de diagnóstico nutritivo	X	X
		Variables medidas en el análisis	X	X
		Tipo de fertilización(es)	√	√
		Fecha(s) de aplicación(es)	√	√
		Técnicas de aplicación	√	√
		Cantidad de producto aplicado	√	√
		Tipo de enmiendas	X	√
	Productos aplicados (cantidad)	X	√	
	Tipo e intensidad del manejo fitosanitario de suelo	Tipo de diagnóstico sanitario del suelo	√	X
		Programa de aplicaciones diferenciadas de fungicidas, insecticidas y herbicidas	√	√

		Que productos son aplicados	√	X
		Fechas de aplicación	√	√
		Técnicas de aplicación	√	√
		Productos aplicados (cantidades)	√	√
		Frecuencia de aplicación	√	√
Abastecimiento y suministro permanente de agua	Características de la fuente de agua	Tipo y fuente de agua	√	√
		Suministro continuo o limitado	√	√
	Características de la calidad del agua	Nivel de acidez (pH)	X	X
		Nivel de macronutrientes (elementos)	X	X
		Cantidad de sólidos disueltos	X	X
		Presencia de elementos o compuestos tóxicos	X	X
	Tipos de sistema de riego	Tipo de sistema de riego	√	√
		Programa de riego general o diferenciado	√	√
		Cantidad y frecuencia del riego	√	√
Mejoramiento de la mano de obra	Características del personal de administración del vivero	Tipo de profesional	√	√
		Nº de personas	√	√
		Diferenciación de funciones	√	√
		Capacitación personal	X	X
	Características del personal de operación del vivero	Tipo de profesional	√	X
		Nº de personal permanente	√	X
		Nº de personal itinerante	√	√
		Capacitación personal	√	√

Simbología:

X: No presenta

√: Si presenta

Anexo 5

Tablas de contraste pruebas no paramétricas, ANOVA de Friedman y prueba T de Wilcoxon para muestras relacionadas en los vivero La Quila y Río Cochrane

ANOVA de Friedman, para k muestras relacionadas de La Quila y Río Cochrane

C1 y C2 La Quila

Estadísticos de contraste	
N	16
Chi-cuadrado	220,99
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C1 y C2 Río Cochrane

Estadísticos de contraste	
N	31
Chi-cuadrado	445,52
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C1 y C3 La Quila

Estadísticos de contraste	
N	16
Chi-cuadrado	227,61
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C1 y C3 Río Cochrane

Estadísticos de contraste	
N	31
Chi-cuadrado	454,51
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C1 y C4 La Quila

Estadísticos de contraste	
N	17
Chi-cuadrado	242,11
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C2 y C3 Río Cochrane

Estadísticos de contraste	
N	33
Chi-cuadrado	480,86
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C2 y C3 La Quila

Estadísticos de contraste	
N	16
Chi-cuadrado	223,22
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C2 y C4 La Quila

Estadísticos de contraste	
N	16
Chi-cuadrado	220,94
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

C3 y C4 La Quila

Estadísticos de contraste	
N	16
Chi-cuadrado	227,72
gl	15
Sig. asintót.	0,00
a	Prueba de Friedman

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para pares de muestras relacionadas

Pruebas no paramétricas C1 y C2 La Quila pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO2 - PSTALLO1	PSRAÍZ2 - PSRAÍZ1	PSACICU2 - PSACICU1	DAC2 - DAC1	RAÍZ2 - RAÍZ1	TALLO2 - TALLO1	ALTOTAL2 - ALTOTAL1	PSTOTAL2 - PSTOTAL1
Z	-3,15	-2,64	-3,10	-3,10	-0,57	-3,53	-3,52	-3,10
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,01	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Basado en los rangos negativos.							

Pruebas no paramétricas C1 y C2 Cochran pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO2 - PSTALLO1	PSRAÍZ2 - PSRAÍZ1	PSACICU2 - PSACICU1	DAC2 - DAC1	RAÍZ2 - RAÍZ1	TALLO2 - TALLO1	ALTOTAL2 - ALTOTAL1	PSTOTAL2 - PSTOTAL1
Z	-4,86	-4,49	-4,38	-3,54	-0,83	-4,86	-3,45	-4,64
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Basado en los rangos negativos.							

Pruebas no paramétricas C1 y C3 La Quila pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO3 - PSTALLO1	PSRAÍZ3 - PSRAÍZ1	PSACICU3 - PSACICU1	DAC3 - DAC1	RAÍZ3 - RAÍZ1	TALLO3 - TALLO1	ALTOTAL3 - ALTOTAL1	PSTOTAL3 - PSTOTAL1
Z	-3,52	-3,52	-3,52	-3,52	-0,80	-3,55	-3,52	-3,52
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Pruebas no paramétricas C1 y C3 Cochran pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO3 - PSTALLO1	PSRAÍZ3 - PSRAÍZ1	PSACICU3 - PSACICU1	DAC3 - DAC1	RAÍZ3 - RAÍZ1	TALLO3 - TALLO1	ALTOTAL3 - ALTOTAL1	PSTOTAL3 - PSTOTAL1
Z	-4,86	-4,86	-4,86	-4,86	-4,23	-4,86	-4,86	-4,86
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Pruebas no paramétricas C1 y C4 La Quila pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO4 - PSTALLO1	PSRAÍZ4 - PSRAÍZ1	PSACICU4 - PSACICU1	DAC4 - DAC1	RAÍZ4 - RAÍZ1	TALLO4 - TALLO1	ALTOTAL4 - ALTOTAL1	PSTOTAL4 - PSTOTAL1
Z	-3,62	-3,62	-3,62	-3,62	-1,40	-3,62	-3,62	-3,62
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Pruebas no paramétricas C2 y C3 La Quila pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO3 - PSTALLO2	PSRAÍZ3 - PSRAÍZ2	PSACICU3 - PSACICU2	DAC3 - DAC2	RAÍZ3 - RAÍZ2	TALLO3 - TALLO2	ALTOTAL3 - ALTOTAL2	PSTOTAL3 - PSTOTAL2
Z	-3,15	-2,43	-2,43	-2,02	-1,35	-3,57	-3,26	-2,69
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,02	0,02	0,04	0,18	0,00	0,00	0,01
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Pruebas no paramétricas C2 y C4 La Quila pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO4 - PSTALLO2	PSRAÍZ4 - PSRAÍZ2	PSACICU4 - PSACICU2	DAC4 - DAC2	RAÍZ4 - RAÍZ2	TALLO4 - TALLO2	ALTOTAL4 - ALTOTAL2	PSTOTAL4 - PSTOTAL2
Z	-3,46	-3,26	-3,10	-3,15	-1,35	-3,52	-3,52	-3,36
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Pruebas no paramétricas C2 y C3 Cochran pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO3 - PSTALLO2	PSRAÍZ3 - PSRAÍZ2	PSACICU3 - PSACICU2	DAC3 - DAC2	RAÍZ3 - RAÍZ2	TALLO3 - TALLO2	ALTOTAL3 - ALTOTAL2	PSTOTAL3 - PSTOTAL2
Z	-4,97	-4,82	-4,89	-4,77	-3,34	-5,02	-4,29	-4,96
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Pruebas no paramétricas C3 y C4 La Quila pares de muestras relacionadas

Estadísticos de contraste	PSTALLO4 - PSTALLO3	PSRAÍZ4 - PSRAÍZ3	PSACICU4 - PSACICU3	DAC4 - DAC3	RAÍZ4 - RAÍZ3	TALLO4 - TALLO3	ALTOTAL4 - ALTOTAL3	PSTOTAL4 - PSTOTAL3
Z	-3,52	-3,29	-3,10	-3,00	-0,80	-3,52	-2,90	-3,52
Sig. asintót. (bilateral)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00
a	Basado en los rangos positivos.							
b	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon							

Anexo 6

- a) Estadísticos descriptivos de Índices de calidad de planta, por vivero y por calidad
- b) Cuadros correlaciones entre variables de crecimiento, pesos secos e Índice de Dickson para ambos viveros.
- c) Figuras de correlaciones entre variables de crecimiento e índice de Dickson

a) Estadísticos descriptivos de índices de calidad de planta, por vivero y por calidad.

La Quila		Relación Tallo/raíz				Río Cochrane		Relación Tallo/Raíz			
Calidad	n	Mínimo	Media	Máximo	Desv. est.	Calidad	n	Mínimo	Media	Máximo	Desv. est.
Q1	29	1,44	2,04	3,29	0,44	C1	31	0,92	1,56	2,60	0,45
Q2	15	1,06	1,90	2,83	0,53	C2	33	1,07	1,55	3,21	0,42
Q3	15	1,27	1,70	2,51	0,33	C3	35	0,71	1,38	2,31	0,40
Q4	17	0,78	1,47	2,88	0,49						
Indice de Esbeltez						Indice de Esbeltez					
Q1	29	3,90	4,74	6,33	0,64	C1	31	7,50	10,55	14,90	1,73
Q2	15	3,59	5,17	8,41	1,15	C2	33	5,03	11,04	20,53	2,81
Q3	15	3,45	5,09	6,48	0,83	C3	35	8,24	13,23	20,67	2,63
Q4	17	3,65	5,75	10,16	1,54						
Indice de Dickson						Indice de Dickson					
Q1	29	4,46	6,87	10,00	1,41	C1	31	1,91	2,77	4,35	0,62
Q2	15	3,23	5,65	9,70	1,71	C2	33	1,40	2,27	3,53	0,44
Q3	15	3,52	4,24	5,50	0,60	C3	35	0,92	1,47	2,33	0,31
Q4	17	2,40	3,30	4,37	0,65						

b) Correlaciones entre variables de crecimiento, pesos secos e Índice de Dickson para ambos viveros.

Cuadro 1. Correlaciones para La Quila

		DAC	Tallo	D ² Tallo	D ²	Peso seco Tallo	Peso seco Raíz	Peso seco Total	Indice dickson
DAC	Correlación de Pearson	1,000	,877 **	,948 **	,984 **	,810 **	,737 **	,790 **	,709 **
	Sig. (unilateral)	,	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
Tallo	Correlación de Pearson	,877 **	1,000	,960 **	,856 **	,908 **	,831 **	,881 **	,778 **
	Sig. (unilateral)	,000	,	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
D ² Tallo	Correlación de Pearson	,948 **	,960 **	1,000	,957 **	,895 **	,808 **	,869 **	,749 **
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,	,000	,000	,000	,000	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
D ²	Correlación de Pearson	,984 **	,856 **	,957 **	1,000	,804 **	,721 **	,781 **	,682 **
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,	,000	,000	,000	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
Peso seco Tallo	Correlación de Pearson	,810 **	,908 **	,895 **	,804 **	1,000	,930 **	,975 **	,694 **
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,	,000	,000	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
Peso seco Raíz	Correlación de Pearson	,737 **	,831 **	,808 **	,721 **	,930 **	1,000	,977 **	,621 **
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,	,000	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
Peso seco Total	Correlación de Pearson	,790 **	,881 **	,869 **	,781 **	,975 **	,977 **	1,000	,665 **
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,	,000
	N	76	76	76	76	76	76	76	76
Indice dickson	Correlación de Pearson	,709 **	,778 **	,749 **	,682 **	,694 **	,621 **	,665 **	1,000
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,
	N	76	76	76	76	76	76	76	76

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (unilateral).

Cuadro 2. Correlaciones para Río Cochrane

		DAC	Tallo	D ² Tallo	D ²	Peso seco Tallo	Peso seco Raíz	Peso seco Total	Indice dickson
DAC	Correlación de Pearson	1,000	,779**	,891**	,982**	,632**	,609**	,658**	,791**
	Sig. (unilateral)	,	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
Tallo	Correlación de Pearson	,779**	1,000	,951**	,767**	,867**	,791**	,846**	,801**
	Sig. (unilateral)	,000	,	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
D ² Tallo	Correlación de Pearson	,891**	,951**	1,000	,910**	,807**	,736**	,796**	,785**
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,	,000	,000	,000	,000	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
D ²	Correlación de Pearson	,982**	,767**	,910**	1,000	,613**	,581**	,635**	,733**
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,	,000	,000	,000	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
Peso seco Tallo	Correlación de Pearson	,632**	,867**	,807**	,613**	1,000	,944**	,965**	,830**
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,	,000	,000	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
Peso seco Raíz	Correlación de Pearson	,609**	,791**	,736**	,581**	,944**	1,000	,981**	,835**
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,	,000	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
Peso seco Total	Correlación de Pearson	,658**	,846**	,796**	,635**	,965**	,981**	1,000	,839**
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,	,000
	N	99	99	99	99	99	99	99	99
Indice dickson	Correlación de Pearson	,791**	,801**	,785**	,733**	,830**	,835**	,839**	1,000
	Sig. (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,
	N	99	99	99	99	99	99	99	99

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

c) Figuras de correlaciones entre variables de crecimiento e índice de Dickson.

