



Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ciencias Forestales

**Desarrollo inicial de *Pinus radiata*, bajo dos diferentes técnicas de establecimiento en la X Región, Chile.**

**Escuela de Ingeniería Forestal**

Patrocinante: Sr. Oscar Thiers E.  
Copatrocinante: Sr. Sergio López

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

**GLORIA ALEJANDRA TORRES SILVA**

VALDIVIA  
2007

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Oscar Thiers Espinoza	_____
Copatrocinante:	Sr. Sergio Lopez	_____
Informante:	Sra. Alicia Ortega Zuñiga	_____

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.

*A ti Cristóbal,  
por ser el sol que  
me iluminó cada día.*

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Antecedentes relacionados a <i>Pinus radiata</i></b>	<b>2</b>
<b>2.2 Establecimiento de plantaciones</b>	<b>2</b>
2.2.1 Preparación del sitio	2
2.2.2 Preparación de suelo	3
2.2.2.1 Control de malezas preplantación y fertilización	3
2.2.2.2 Manejo físico	3
<b>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Material</b>	<b>6</b>
3.1.1 Antecedentes generales del área de estudio	6
3.1.2 Establecimiento de la plantación	7
<b>3.2 Método</b>	<b>7</b>
3.2.1 Captura de datos	7
3.2.2 Caracterización de la biomasa aérea y radicular	8
3.2.2.1 Muestras de biomasa aérea	8
3.2.2.2 Muestras de biomasa de raíces	9
3.2.3 Morfología y densidad radicular	10
3.2.4 Análisis y presentación de los datos	10
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Presentación de resultados</b>	<b>12</b>
4.1.1 Estructura diamétrica y parámetros descriptivos de los rodales	12
4.1.2 Incrementos en altura, diámetro a la altura de cuello y área de copas	13
4.1.3 Calidad de los individuos	15
4.1.4 Biomasa	16
4.1.4.1 Biomasa aérea	16
4.1.4.2 Biomasa de raíces y características del sistema radicular	17
<b>4.2 Discusión de resultados</b>	<b>19</b>

4.2.1	Estructura diamétrica e incrementos medios de ambos rodales	19
4.2.2	Calidades rodal con cultivo manual y excavadora	21
4.2.3	Caracterización de la biomasa aérea y radicular, morfología y densidad radicular de ambos rodales	22
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>24</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>26</b>

## **ANEXOS**

- 1 Abstract and keywords*
- 2 Datos origen por parcela rodal con Cultivo manual*
- 3 Datos origen por parcela rodal con Excavadora*
- 4 Resultados biomasa aérea y radicular rodal con cultivo manual*
- 5 Resultados biomasa aérea y radicular rodal con Excavadora*
- 6 Tablas de rodal*
- 7 Datos metereológicos estación Cayumapu, Valdivia (X Región de Los Lagos)*

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Detalle de la matriz de Calidad	8
Cuadro 2. Parámetros descriptivos básicos de los rodales con cultivo manual y de excavadora	13
Cuadro 3. Incremento medio en altura (HT), diámetro de cuello (DAC) y área de copas (AC) para los rodales con cultivo manual y de excavadora	13
Cuadro 4. Distribución porcentual de la calidad de los rodales de <i>Pinus radiata</i> según condición de cultivo, manual y con excavadora	15
Cuadro 5. Incremento medio para altura (HT), diámetro de cuello (DAC) y área de copas (AC) por categorías de calidades para rodales con cultivo manual y mecanizado	15
Cuadro 6. Promedio de la superficie de copas según categorías de calidad para rodales con cultivo manual y con excavadora	16
Cuadro 7. Incrementos medios ( $\text{g año}^{-1}$ ) de componentes de la biomasa para ambos rodales, con cultivo manual y con excavadora	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Componentes biomasa aérea, acículas (a) y ramas (b)	9
Figura 2 a) Raíces finas y b) Raíces gruesas	9
Figura 3. Clasificación de la morfología de la raíz principal para las plantas de <i>Pinus radiata</i> según categorías de aceptables y no aceptables	10
Figura 4. Distribución diamétrica (DAC) de rodales cultivados manualmente y con excavadora	12
Figura 5. Incremento medio para altura total (HT), diámetro de cuello (DAC) y área de copas (AC) para la condición de cultivo manual y con excavadora	14
Figura 6. Distribución de la biomasa total para rodales con cultivo manual y excavadora	16
Figura 7. Sistema radicular de árboles muestreados de los rodales con cultivo manual y cultivo con excavadora	18

## RESUMEN EJECUTIVO

Se aplicaron dos diferentes técnicas de establecimiento (cultivo manual y cultivo con excavadora) en dos temporadas distintas (2003 y 2004), a una plantación del clon UA11 de *Pinus radiata* D. DON, propiedad del vivero BOPAR S.A., ubicada en la depresión intermedia de San José de la mariquina, provincia de Valdivia, en la X Región de Los Lagos. El lugar corresponde a suelos de cenizas volcánicas modernas previamente utilizado para la ganadería.

El objetivo del estudio fue evaluar el desarrollo al segundo y tercer año de la plantación de *P. radiata*, bajo las dos técnicas de establecimiento nombradas anteriormente. Para lograr este objetivo se propuso: evaluar el efecto de las técnicas de establecimiento sobre el desarrollo del diámetro a la altura del cuello, área de copa, altura total, biomasa total aérea y radicular, morfología y densidad radicular.

Para el diseño de la investigación se utilizaron cinco parcelas de 300 m<sup>2</sup> (20 m x 15 m) en cada situación. Las parcelas del rodal con cultivo mecanizado son permanentes, y fueron establecidas por la administración del vivero, mientras que las parcelas del rodal con cultivo manual son temporales, y fueron establecidas durante el tiempo que duró el estudio. Ambos rodales han sido sometidos a cortas de limpieza, el rodal con excavadora en forma más intensa.

La utilización de las distintas técnicas de establecimiento, demostraron que el cultivo con excavadora influye directamente sobre el crecimiento de las variables en cuestión, presentando incrementos medios significativamente superiores (29%) con respecto a la altura total, (27%) diámetro de cuello y (25%) área de copas. De acuerdo a la cantidad de la biomasa total aérea y radicular, el rodal con cultivo mecanizado, establecido una temporada más tarde que el rodal con cultivo manual, presentó cantidades similares a las del rodal con cultivo manual (1.229 kg ha<sup>-1</sup> y 1.253 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). No obstante, la densidad y morfología presentadas por las plantas de ambos rodales no presentaron grandes diferencias, más bien, manifestaron características típicas del desarrollo radicular de plantas de cutting, como masas radiculares amorfas con ausencia de la raíz principal, acompañado de una baja densidad de raíces.

En el caso del rodal con cultivo con excavadora, éstas características nombradas anteriormente perjudican a las plantas, por cuanto el tipo de raíz no es compatible con el gran desarrollo aéreo que han alcanzado los árboles, lo cual, no permite un buen anclaje. El rodal con excavadora presentó también la mejor calidad en base a la sanidad y forma de los individuos, sobrepasando en un 17% al rodal con cultivo manual. En ambos rodales existen individuos con problemas de forma y que a través de una corrección fustal pudieran mejorar su calidad.

**Palabras clave:** cultivo manual, cultivo con excavadora, biomasa total radicular y aérea, densidad y morfología radicular.



## 1. INTRODUCCIÓN

*P. radiata* D. Don ha sido la especie por más tiempo cultivada en el mundo para la producción maderera, ocupando una de las mayores áreas plantadas que cualquier otra especie. De acuerdo a su finalidad y objetivos de producción, es sometida a diferentes esquemas de manejo intensivo, lo que origina la necesidad por conocimientos científicos en bien de un adecuado desarrollo de técnicas silviculturales y de utilización (Romano, 2002). En Chile, hace 50 años, la inversión y las técnicas de establecimiento de plantaciones forestales comerciales eran mínimas, lo que provocó que las plantaciones tuvieran bajos prendimientos y bajos crecimientos. Por tal razón, se decidió dirigir parte de los recursos en mejorar las técnicas y métodos de plantación. Estas técnicas se conocen actualmente como protocolos de plantación y tratan de controlar los factores más limitantes del establecimiento y crecimiento inicial (Toral *et al.*, 2005).

La silvicultura intensiva influye directamente sobre el establecimiento, crecimiento y estructura de una plantación forestal. Ésta pone especial énfasis en el manejo de la materia orgánica en el suelo y en las propiedades físicas del suelo, características que influye en la productividad en el largo plazo del sitio (Fox, 2000). Así la práctica de un manejo intensivo como el adecuado establecimiento de una plantación, consideran una etapa o actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes, de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer el crecimiento inicial, sobrevivencia y desarrollo posterior de la planta (García *et al.*, 2000). Es por tal razón, que dentro de las actividades de manejo del suelo, el manejo físico a través del arado, subsolado y/o confección de casillas con excavadora o retroexcavadora, representan una alternativa para mejorar las condiciones de aire y agua al momento del establecimiento. Estas técnicas rompen la compactación mediante medios mecánicos, cambiando la estructura del suelo, a fin de mejorar su aireación y permeabilidad.

El presente estudio plantea como hipótesis que un cultivo de suelo con excavadora en comparación a un cultivo tradicional (manual), aplicado previo al establecimiento de una plantación, contrarresta de mejor forma las condiciones adversas ocasionadas en una determinada situación edáfica. Por lo tanto, la utilización de una técnica mecanizada entregará un mayor volumen arraigable y una menor resistencia a la penetración de las raíces, expresando un mayor crecimiento de la plantación. El objetivo general, consistió en la evaluación del desarrollo al segundo y tercer año de una plantación de *P. radiata*, bajo dos técnicas de establecimientos distintas (cultivo manual y cultivo con excavadora). Los objetivos específicos del estudio son:

- Comparar los incrementos medios en diámetro a la altura de cuello, área de copas y altura total para dos tipos de cultivo.
- Caracterizar la biomasa total aérea y radicular de ambos rodales.
- Caracterizar la morfología y densidad radicular para cada tipo de cultivo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes relacionados a *Pinus radiata***

También conocido como Pino Monterrey y Pino Insigne, es una conífera que pertenece al orden coníferales; familia Pinaceae, genero *Pinus* y subgénero *Diploxylon* (Vega *et al.*, 1998). Se caracteriza por su crecimiento rápido y plasticidad, ya que se adapta a las más variadas condiciones de sitio. *Pinus radiata* es una conífera de producción multipropósito que pocas especies nativas podrían ofrecer en nuestro hemisferio (Romano, 2002).

En relación a sus requerimientos ecológicos, requiere de precipitaciones desde 380 mm, distribuidas en invierno y comienzo de primavera. Valores de precipitación inferiores constituyen un factor adverso para la especie. Acepta temperaturas mínimas medias entre los 1,5 y 12 °C y una máxima media entre los 17 y 30 °C (García *et al.*, 2000). Su límite altitudinal se encuentra alrededor de los 1.500 m s.n.m. Es destacable también su capacidad de desarrollarse en suelos de distinto origen, con profundidades de 25 cm al menos para poder establecerse. En cuanto a la textura, crece mejor en suelos de textura franca, franca limosa y franco arenosa. No tiene un buen crecimiento en suelos delgados o con la presencia inmediata de napas freáticas. Requiere de un drenaje rápido a moderado (García *et al.*, 2000).

En Chile, *P. radiata* fue introducido en el año 1885, aunque la plantación en gran escala comenzó en diversos lugares hacia 1935 (Romano, 2002). Desde entonces ha tenido una creciente expansión como cultivo forestal, cubriendo actualmente una superficie de 2,1 millones de ha, correspondiente a un 68% de la superficie de plantaciones del país (INFOR, 2005). Posee una excelente calidad de su madera, motivo por el cual es la especie más cultivada a nivel mundial para la producción maderera (Meneses y Guzmán, 2000).

### **2.2 Establecimiento de plantaciones**

El establecimiento de plantaciones incluye varias etapas que buscan como resultado mejorar las condiciones limitantes del sitio y en especial del suelo. Los efectos favorables de una preparación intensiva de sitio en el crecimiento inicial de plantaciones forestales están bien establecidos en la literatura. Sin embargo, existe una variación considerable en los efectos de las técnicas usadas en diferentes especies y sitios (Paredes, 2002). El establecimiento de una plantación considera dos etapas importantes, la preparación del sitio y la preparación de suelo.

#### *2.2.1 Preparación del sitio*

Consiste en la corta y eliminación de toda la vegetación competidora (arbustiva principalmente) para tener un terreno limpio, para que de esta manera, las plantas puedan establecerse y crecer sin problemas. Se consideran dos importantes etapas:

el roce y el ordenamiento de los desechos, mediante métodos manuales y/o mecánicos<sup>1</sup>.

### *2.2.2 Preparación del suelo*

La preparación de suelo puede ser en forma física y/o química. Tiene por objetivo proporcionar a la planta condiciones de crecimiento óptimas, inmediatas y a corto plazo, a través de un mejoramiento en la disponibilidad de agua, disminución de la resistencia a la expansión de raíces, mayor anclaje a la planta y por ende un mayor aprovechamiento de los nutrientes.

#### *2.2.2.1 Control de malezas preplantación y fertilización*

El control de malezas persigue eliminar o disminuir la competencia, en especial por agua y nutrientes, durante la fase de establecimiento (primer y segundo año de la plantación). La fertilización, busca incrementar la disponibilidad de nutrientes para la especie, apoyando un rápido desarrollo inicial (Toral *et al.*, 2005). Por otra parte también, entrega adecuadamente los elementos, que de acuerdo a un análisis químico de suelo, son requeridos por la especie forestal objetivo. Ambas actividades debieran realizarse en conjunto y ser acompañada de una buena preparación física del suelo (García *et al.*, 2000).

#### *2.2.2.2 Manejo físico*

El manejo agropecuario tradicional (arado y rastra) y recientemente el manejo silvícola (cosecha y preparación del suelo) en suelos del centro sur de Chile, provocan serios cambios en las propiedades físicas de los suelos. Estos cambios conllevan modificaciones en la estructura y la porosidad del suelo, ambas variables que determinan los regímenes de agua y aire en el suelo (Paredes, 2002; Schlatter, *et al.*, 2003; Torres, 1994). La compactación resultante del empleo de maquinaria y pisoteo animal produce una alteración en la estructura del suelo, aumentando la densidad aparente de éste (Yáñez, 1979). Por lo general, el aumento de la resistencia al corte y la disminución de la porosidad traen como consecuencia una reducción de la capacidad de intercambio gaseoso, una menor infiltración y mayor resistencia mecánica al crecimiento de las raíces (Torres, 1994). La utilización más intensiva del suelo reduce la porosidad gruesa, la que se compensa con el aumento de la porosidad media (de agua útil) y fina. Sin embargo, este cambio puede considerarse como una pérdida efectiva de la calidad de sitio (Torres, 1994).

Según Torres (1994) las presiones a las cuales están sometidos los suelos producto de una mayor intensidad de utilización modifican sustancialmente las relaciones gavimétricas, su estructura y la potencialidad de producción. Estas variaciones dependerán de las propiedades intrínsecas del suelo, de las condiciones ambientales y del manejo que esté sometido.

---

<sup>1</sup> Oscar Thiers E. 2004. Ingeniero Forestal. Instituto Silvicultura, Valdivia. Comunicación personal.

Al someter los suelos a un uso más intenso (cosecha y preparación del suelo), la cohesión aumenta, y con ello la resistencia a la rotura y también la resistencia a la penetración.

Sin embargo, existen sitios con cultivos del suelo donde ésta resistencia disminuye ligeramente, debido a que el laboreo devuelve parte de la estructura original al suelo (Paredes, 2002). Estas técnicas del laboreo del suelo actúan directamente sobre la porosidad media y fina, según Torres (1994), aun cuando no se recupera la porosidad muy gruesa, incrementa la media, probablemente a expensas de la porosidad inútil o muy fina. La preparación física entonces, es una actividad que persigue cambiar la estructura física del suelo mediante distintos métodos con el fin de contrarrestar los efectos de la compactación, mejorando su productividad y concentrando recursos a favor de la plantación (Steuer, 2006). Es de suma importancia por tanto, evaluar si es necesario una intervención de este tipo, ya que puede traer problemas si no se realiza un diagnóstico adecuado (Schlatter *et al.*, 2003; Steuer, 2006). Respecto al manejo físico del suelo, es preferible que las actividades se realicen en épocas secas y cuando la humedad del suelo sea baja (García *et al.*, 2000). Lo que permite prevenir efectos inversos como compactación y remoción excesiva del suelo superficial (diciembre-febrero para la X Región) (Steuer, 2006). Es recomendable también que la preparación sea perpendicular a las curvas de nivel, para obtener un mejor aprovechamiento del agua por parte de la planta, al interceptar su paso y quedar más tiempo en la línea de preparación (García *et al.*, 2000).

Además en la elección de las técnicas se tendrá que considerar, al igual que para la habilitación de terrenos, la fragilidad del suelo a intervenir (Steuer, 2006). Dentro de las técnicas de intervención física más usadas están: la manual y la mecanizada. En el caso de la preparación manual, esta consiste en realizar casillas de plantación a través de mano de obra y herramientas manuales, realizando un cultivo con pala plantadora en superficies de 40x40x35 cm. Otra posibilidad es el laboreo del suelo en el momento inmediatamente antes de la plantación, con la técnica neocelandesa o doble T, que consiste en la aplicación de un corte longitudinal de la tierra con la pala plantadora y dos cortes perpendiculares a este (García *et al.*, 2000). Los resultados son la remoción del suelo superficial, de manera de proporcionar a la planta una mayor superficie de contacto, donde desarrollar bien su sistema radicular y por lo tanto un buen prendimiento (García *et al.*, 2000).

La preparación mecanizada, consta de una remoción del suelo de mayor volumen con ayuda de maquinaria pesada. Sin embargo, presenta ciertas limitantes en su uso como la pendiente del terreno, la vegetación presente y los obstáculos naturales del terreno (García *et al.*, 2000). Estos tipos de tratamientos mecanizados, deben realizarse ante del período de lluvias, ya que en el caso contrario, el efecto de pérdida de suelo sería mayor e incluso perjudicial para las raíces. Dentro de las técnicas de intervención física mecanizada, se encuentran: el subsolado, subsolado y acondicionado, el uso de retroexcavadora y excavadora (García *et al.*, 2000).

El subsolado consiste en la preparación del suelo mediante la ruptura de las capas profundas por el paso de un subsolador, que puede llevar uno, dos o tres rejonos de profundidad variable entre 40 y 60 cm. Esta labor permite aumentar la profundidad útil del suelo, mejora la infiltración y capacidad de retención de agua, y rompe las rocas fácilmente disgregables (pizarras, esquistos, etc.).

El uso de retroexcavadora o excavadora opera puntualmente donde se establecerá la planta y apunta a cultivar los suelos de mayor pendiente. El cuidado está en no intervenir los horizontes del perfil, es decir, solo mullir, soltar y cambiar la estructura del suelo. Como ventajas está el hecho que la superficie que se altera o remueve es menor con lo que minimiza los riesgos de erosión (Steuer, 2006). La actividad consiste en ir confeccionando casillas para la plantación, donde se remueve el suelo en una superficie de 40 a 50 cm por lado, con una profundidad de 60 cm, de manera que las raíces tengan mayor espacio donde desarrollarse. El número de casillas a realizar depende exclusivamente de la densidad de plantación (García *et al.*, 2000). Esta técnica de preparación mecanizada se puede realizar en pendientes entre 30 y 50%.

La preparación con este tipo de maquinaria (retroexcavadora y/o excavadora) proporciona una excelente labor al suelo, tanto por la profundidad, como por el volumen de suelo que es removido (Navieras, 2007). Una de las desventajas considerables para este método, es el sellado impermeable del suelo que produce el movimiento de la pala, en ambos costados planos de las casillas. Esta pared de sellado, impide la expansión de las raíces hacia los lados, reduciendo la superficie de arraigabilidad<sup>2</sup>.

El uso de cada técnica depende de la topografía y de los costos que cada uno implique. Intervenciones físicas manuales implican un alto consumo de jornadas, pero largos periodos de mano de obra. Los trabajos mecanizados, por otra parte, implican altos costos pero eficiencia del tiempo requerido.

---

<sup>2</sup> Fernando Droppelmann F. 2007. Ingeniero Forestal. Instituto Silvicultura, Valdivia. Comunicación personal.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Antecedentes generales del área de estudio

El área de estudio (39° 31' S - 72° 56' O) se ubica en el fundo Los Castaños, propiedad del vivero BOPAR S.A., a 3 kilómetros de la comuna de San José de la Mariquina, Provincia de Valdivia, X Región de Los Lagos. Es un área de forestación, donde el uso anterior fue el agrícola-ganadero.

De acuerdo con el Sistema de Ordenamiento de la Tierra (Schlatter *et al.*, 1995) el área de estudio se ubica en la zona uno y distrito cero (1,0). Corresponde a un clima templado lluvioso, con temperaturas máximas promedio de 23°C en verano y mínimas promedio de 7°C en los meses invernales, siendo calificado de moderado a desfavorable para la producción forestal. Existen de 10 - 20 días año<sup>-1</sup> con heladas y un periodo libre de heladas de 200 - 250 días año<sup>-1</sup>. En un mes año<sup>-1</sup> la temperatura mínima absoluta alcanza los -6°C.

Las precipitaciones anuales del lugar son abundantes, variando entre 2.000 y 2.500 mm, por lo cual existe un excedente de humedad para el consumo de la vegetación. Sin embargo, el régimen de humedad estival es desfavorable. El periodo seco puede alcanzar 1-2 meses año<sup>-1</sup>, en los meses de otoño las precipitaciones alcanzan niveles entre 600 y 700 mm; en invierno entre 1.000 y 1.200 mm; primavera 400 y 500 mm y verano entre 200 y 300 mm (INIA, 1985). El régimen de temperatura del suelo corresponde a un sistema méxico, donde la temperatura media anual del suelo es  $\geq 8^{\circ}\text{C}$ , pero  $< 15^{\circ}\text{C}$ , y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es  $> 5^{\circ}\text{C}$ , a 50 cm, de profundidad (INIA, 1985).

El suelo del lugar, corresponde a la serie Pelchuquín, la cual corresponde a la familia media, méxico de los Eutric Fulvudans (Andisol) (CIREN, 2001). La serie Pelchuquín, posee suelos profundos (0-200 cm), formados por la depositación de cenizas volcánicas sobre una toba más o menos cementada con óxido de hierro y manganeso, mezcladas con clastos alterados denominada localmente Cancagua. Estos suelos se ubican en la Depresión de San José a una elevación de 20 a 30 m s.n.m. De textura superficial franco limosa y color pardo grisáceo muy oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Su ubicación frecuente es sobre topografía casi plana con 1 a 3% de pendiente y bien drenados. El perfil modal de la serie se caracteriza por un horizonte Ap, es decir, un horizonte A modificado por las tareas agrícolas, principalmente removido por el arado (Schlatter *et al.*, 2003).

El sitio es clasificado en una clase de Uso IIs8, con algunas limitaciones importantes: la estructura y facilidad de laboreo desfavorable, humedad corregible por drenaje pero existe siempre como una limitación moderada, densidad aparente alta, entre otras (CIREN, 2001).

### 3.1.2 Establecimiento de la plantación

En septiembre del 2004, BOPAR S.A. habilitó 37 ha, con la finalidad de establecer una plantación de *P. radiata*, con plantas del clon UA11 (cutting). Este rodal fue establecido realizando casillas con excavadora (balde 1 m<sup>3</sup>), a una densidad inicial de 1.460 árboles ha<sup>-1</sup>. El establecimiento ha sido apoyado hasta la fecha por dos cortes de limpieza químicos y uno manual. El rodal posee una pendiente media de 12% con exposiciones Sur, Sureste y Suroeste. La administración estableció cinco parcelas permanentes de 300 m<sup>2</sup> (20 m x 15 m), las cuales desde entonces anualmente han sido medidas.

Con la finalidad de realizar una comparación entre dos técnicas distintas de cultivos para el establecimiento de plantaciones, se establecieron cinco parcelas temporales de 300 m<sup>2</sup> (20 m x 15 m) en otro rodal a través de cultivo manual tradicional dentro del mismo predio. En el establecimiento de las parcelas, se privilegió una condición de sitio similar, así como también un origen genético de *P. radiata* del mismo clon UA11 (cutting). Sin embargo, el rodal seleccionado fue establecido una temporada antes (año 2003). Este rodal posee terrenos cuya pendiente promedio es igual a 27%. Las parcelas se encuentran distribuidas en las exposiciones Noroeste y Suroeste, y ha sido sometido a cortas de limpieza menos intensas.

## 3.2 Método

### 3.2.1 Captura de datos

La metodología para levantamiento de información en terreno se llevó a cabo de igual forma para las dos situaciones en estudio, cultivo manual y cultivo con excavadora. La toma de los datos se realizó durante mayo y junio del 2006. El tamaño de las parcelas utilizado fue igualmente de 300 m<sup>2</sup>, donde se midieron y caracterizaron las siguientes variables:

- Diámetro a la altura del cuello (DAC): se midió utilizando un pie de metro, a cinco cm aproximadamente sobre del cuello de los individuos, registrando los datos en centímetros.
- Altura total (HT): se registró utilizando una vara telescópica, desde la base del árbol hasta el ápice principal, capturando la información en centímetros.
- Área de copa (AC): el diámetro se registró en metros, para esto se utilizó una huincha métrica. Se tomaron dos diámetros, de acuerdo a las coordenadas x e y, entre líneas y en la línea de la plantación, respectivamente. Este valor corresponde a la cobertura o proporción de suelo ocupada por la proyección de las partes aéreas del vegetal (Donoso, 1993). La fórmula utilizada, fue la siguiente:

$$AC (m^2) = (D_1 + D_2)/4)^2 * \pi \quad [1]$$

- Sanidad y forma: Se confeccionó una matriz con distintos parámetros de sanidad y forma del fuste y follaje, los cuales en conjunto entregaron la calidad de los individuos (1, 2 y 3).

Cuadro 1. Detalle de la matriz de calidad.

		Forma		
		1	2	3
Sanidad	1	1	1	2
	2	1	2	3
	3	2	3	3

Sanidad 1: sin daño de follaje; 0 - 25% del total de la copa

Sanidad 2: daño incipiente de follaje,  $\geq$  25% - 75% del total de la copa

Sanidad 3: daño severo de follaje,  $\geq$  75% - 100% del total de la copa

Forma 1: fuste recto, una flecha

Forma 2: fuste levemente sinuoso, desviado del eje central 1 vez su diámetro; y/o doble flecha

Forma 3: fuste sinuoso, desviado del eje central 2 o más veces su diámetro; y/o multiflecha

El principal tipo de daño observado en el follaje, fue el estado clorótico de los individuos y la pérdida de acículas de estos.

Para efectos de la exposición y pendiente se utilizó brújula e hipsómetro, respectivamente. El formulario de terreno se puede revisar en el anexo 2 y 3.

### 3.2.2 Caracterización de la biomasa aérea y radicular

Para caracterizar la biomasa a través de sus componentes, se dispuso del Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales de la Universidad Austral de Chile (Grez *et al.*, 2002). A cada componente de la biomasa se le determinó su peso seco, para eliminar el contenido de agua y obtener el peso constante, esto se logró a una temperatura de  $\pm 65^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.2.2.1 Muestras de biomasa aérea

Se extrajeron tres árboles por situación ( $n=6$ ). La selección se realizó de acuerdo a la distribución de clases diamétricas para el DAC. De esta manera, se extrajo un individuo de la clase media, + 1 y - 1 desviación estándar. En el laboratorio, los componentes de la copa se separaron en ramas y acículas y se obtuvo el peso seco de las muestras de cada componente respectivamente (Figura 1).





Figura 1. Componentes biomasa aérea, aciculas (a) y ramas (b).

Cada fuste fue separado en tercios, para determinar su peso seco. Además, de cada tercio se extrajo una muestra para determinar la proporción de madera y corteza. Para ello se utilizaron rodelas (una en la mitad de cada tercio).

### 3.2.2.2 Muestras de biomasa de raíces

Las muestras de la biomasa radicular (Figura 2) correspondieron sólo a los individuos seleccionados en la ocasión anterior (biomasa aérea). Las muestras de raíces se colocaron en bolsas de polietileno y se mantuvieron en cámaras de frío a 4°C, mientras estuvieron en el laboratorio sin ser analizadas. Se clasificaron por tamaño en raíces finas ( $\leq 2$  mm), gruesas ( $> 2$  mm) y principal. Éstas fueron lavadas con agua, para quitar la máxima cantidad de suelo adherido. Luego, se determinó el peso seco de cada una y así se obtuvo el peso total. La recolección de las muestras de los individuos para los análisis se realizó a fines de septiembre el 2006. El formulario de los análisis en el laboratorio, se encuentran en los anexo 4 y 5.



Figura 2. a) Raíces finas y b) Raíces gruesas.

### 3.2.3 Morfología y densidad radicular

De igual modo, para la caracterización de la morfología y densidad de las raíces se utilizaron los mismos individuos. La caracterización se basó en la siguiente pauta de evaluación:

- Densidad de raíz (Krüger, 2007): Como criterio de clasificación se utilizó el número de raíces contenidas por centímetro cuadrado. De acuerdo con la densidad relativa se clasificaron en: alta, media y baja.

- Forma de la raíz (Huss, 1998): Como criterio se consideró la categoría aceptable cuando la raíz principal se encontrara recta o con una inclinación sin que signifique estrangulamiento en ella. Una categoría no aceptable cuando la raíz principal estuviera muy desviada desde su origen o con estrangulamiento en ella (Figura 3).

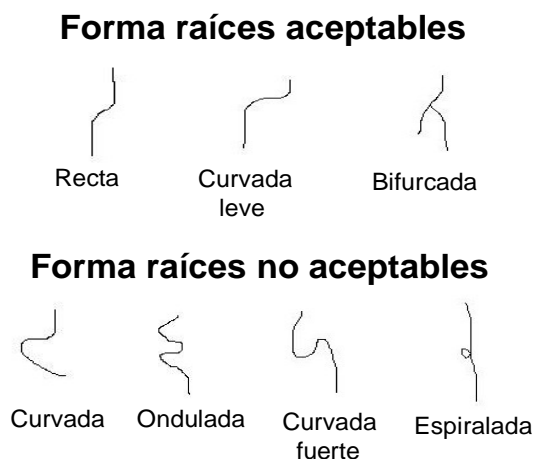


Figura 3. Clasificación de la morfología de la raíz principal para las plantas de *Pinus radiata* según categorías de aceptables y no aceptables.

### 3.2.4 Análisis y presentación de los datos

Con el fin de realizar una descripción general de ambas situaciones en estudio, se utilizó estadística descriptiva, tablas de frecuencias y rangos de los individuos de la totalidad de parcelas. Los resultados se presentaron en cuadros resumen, en los cuales se expresaron las características dasométricas de ambos rodales al segundo y tercer año de establecidos.

De la misma manera, se entregó información sobre la biomasa total, aérea y radicular de ambas situaciones, expresada en unidades de peso por superficie. También se utilizaron gráficos de frecuencia y de dispersión bivariada para analizar y comparar las diferentes tendencias identificadas en las situaciones en estudio.

En la comparación de variables cuantitativas (DAC, AT, AC) se utilizó la prueba de Mann-Whitney. El nivel de significancia utilizado fue de un 95% ( $p \leq 0,05$ ). Para comparar las tendencias de las distribuciones de ambas plantaciones se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $p \leq 0,05$ ).

Para analizar y comparar el crecimiento, así como el desarrollo de rodales bajo distintos regímenes de cultivo del suelo y con diferente edad (dos y tres años), fue necesario homogenizar los índices de comparación, en este caso altura total, diámetro de cuello y área de copas. De esta manera, a través del incremento medio anual es posible conocer el incremento que alcanzan los individuos en las diferentes situaciones y que representa el crecimiento y desarrollo de los rodales bajo las distintas condiciones de manejo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Presentación de resultados

#### 4.1.1 Estructura diamétrica y parámetros descriptivos de los rodales

De acuerdo a la Figura 4, el rodal con cultivo manual presentó una distribución diamétrica (DAC) más amplia y homogénea de los valores del rodal cultivado con excavadora. Las diferentes tendencias de distribución de ambos rodales, fueron significativamente distintas ( $p \leq 0,05$ ). Considerando que el rodal con cultivo manual fue establecido una temporada antes, el DAC varió entre 1,5 y 8,0 cm.

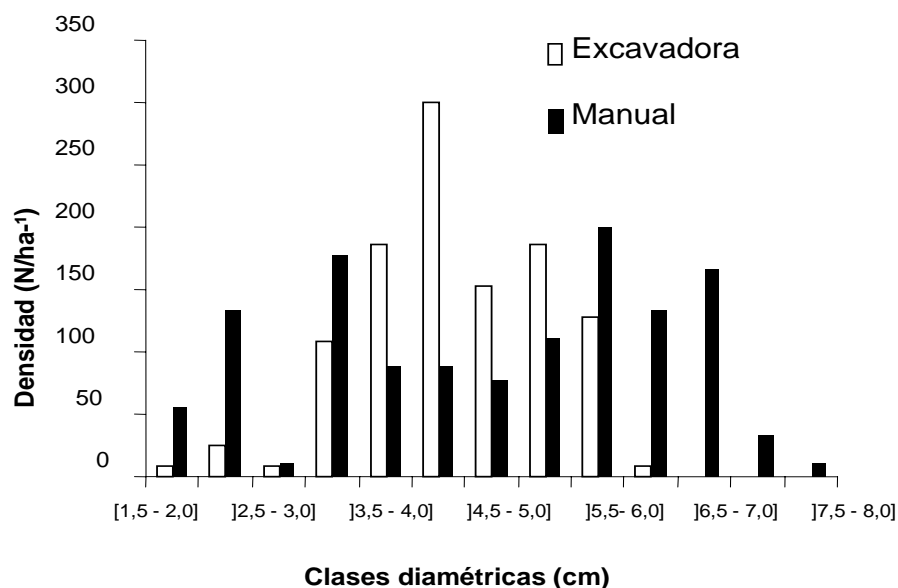


Figura 4. Distribución diamétrica (DAC) de rodales cultivados manualmente y con excavadora.

El rodal con cultivo manual presentó una densidad total a los tres años de establecimiento de 1.289 árboles ha<sup>-1</sup>, es decir, un 88% de sobrevivencia. El área basal por hectárea es igual a 2,53 m<sup>2</sup> (ver tabla rodal cuadro 1, anexo 6), y el área total que ocupan las copas del rodal es de 29,3 m<sup>2</sup>.

Por otra parte, la distribución diamétrica del rodal cultivado con excavadora (Figura 4), reveló que la mayor parte de los diámetros a la altura del cuello se distribuyen alrededor de las clases medias del rodal, disminuyendo a una menor proporción hacia ambos extremos de los rangos de clases. A diferencia del rodal con cultivo manual, no existe frecuencia de individuos > 6,0 cm de DAC en el rodal cultivados con excavadora.

El rodal está compuesto por un total de 1.106 árboles ha<sup>-1</sup>, los que a los dos años de crecimiento correspondió a un porcentaje de sobrevivencia de 76%. Presentó un área basal por hectárea igual a 1,76 m<sup>2</sup> (ver tabla rodal cuadro 2, anexo 6) y un área de copa total de 25,9 m<sup>2</sup>.

Cuadro 2. Parámetros descriptivos básicos de los rodales con cultivo manual y de excavadora.

	Cultivo			
	Manual n = 5		Excavadora n = 5	
	HT (cm)	DAC (cm)	HT (cm)	DAC (cm)
Media	168,7	4,8	157,7	4,5
Mínimo	30,0	1,5	84,0	1,9
Máximo	300,0	7,3	262,0	6,4
S	19,6	0,5	21,6	0,4
CV (%)	11,6	9,7	13,4	8,1

En el Cuadro 2 se observa que el rodal con cultivo manual posee un mayor desarrollo total, con mayores valores absolutos de altura (HT) y diámetro (DAC). No obstante, el rodal cultivado con excavadora presentó una desviación estándar levemente más amplia, respecto a la variable altura total. Lo anterior indicaría que en este rodal existe más variabilidad para esta variable, es decir, árboles con variados niveles de altura total. Con respecto al diámetro a la altura del cuello ocurre todo lo contrario, existe una mayor variabilidad en el rodal con cultivo manual.

#### 4.1.2 Incrementos en altura, diámetro a la altura de cuello y área de copas

En el Cuadro 3, al comparar los incrementos medios de cada variable para ambos rodales en estudio, es posible observar que el manejo intensivo con excavadora posee las mayores tasas de crecimientos.

Cuadro 3. Incremento medio en altura (HT), diámetro de cuello (DAC) y área de copas (AC) para los rodales con cultivo manual y de excavadora.

Cultivo	Incremento medio (cm)		
	HT	DAC	AC (m <sup>2</sup> )
Manual	56,2 ± 6,5	1,6 ± 0,2	0,3 ± 0,1
Excavadora	78,9 ± 10,6	2,2 ± 0,2	0,4 ± 0,1

El rodal con cultivo manual se vio superado en un 29% por el rodal con cultivo mecanizado en el incremento anual en altura. Con respecto a los incrementos del diámetro a la altura de cuello y del área de copa también se mostraron superados por el rodal con manejo más intensivo (Excavadora), pero con una leve baja. En este caso esta técnica de establecimiento superó al rodal con cultivo manual por un 27% y por un 25% al año, respectivamente. Las diferencias presentadas entre las tres variables en cuestión, en ambos rodales, fueron significativas ( $p \leq 0,05$ ).

De acuerdo a la Figura 5A, el incremento en altura media para el rodal con cultivo manual varió entre los 10 y los 97 cm y para el rodal cultivado con excavadora la dispersión total consideró un rango con valores mayores, desde 42 a 123 cm.

El incremento en diámetro a la altura del cuello en el rodal con cultivo manual varió entre los 0,5 y 2,7 cm, la mediana es igual a 1,6 cm (Figura 5B). En la situación mecanizada, el rango de distribución de la muestra arrojó también valores y rangos levemente superiores, 1,0 y 3,0 cm. Sin embargo, la mediana mostró un valor muy superior, 2,3 cm. Existe para este rodal con cultivo mecanizado la presencia de un valor mínimo atípicos (Figura 5 B).

El incremento en diámetro de copas para el rodal con cultivo tradicional, varió entre los 0,001 y los 0,8 cm (Figura 5C). En el rodal con cultivo de excavadora, la dispersión alcanzó valores y rangos mayores entre los 0,08 y 0,8 cm. La mediana de ambos rodales es de 0,2 y 0,4 cm, respectivamente. Los valores máximos para ambos rodales, son alcanzados por valores atípicos dentro de la distribución.

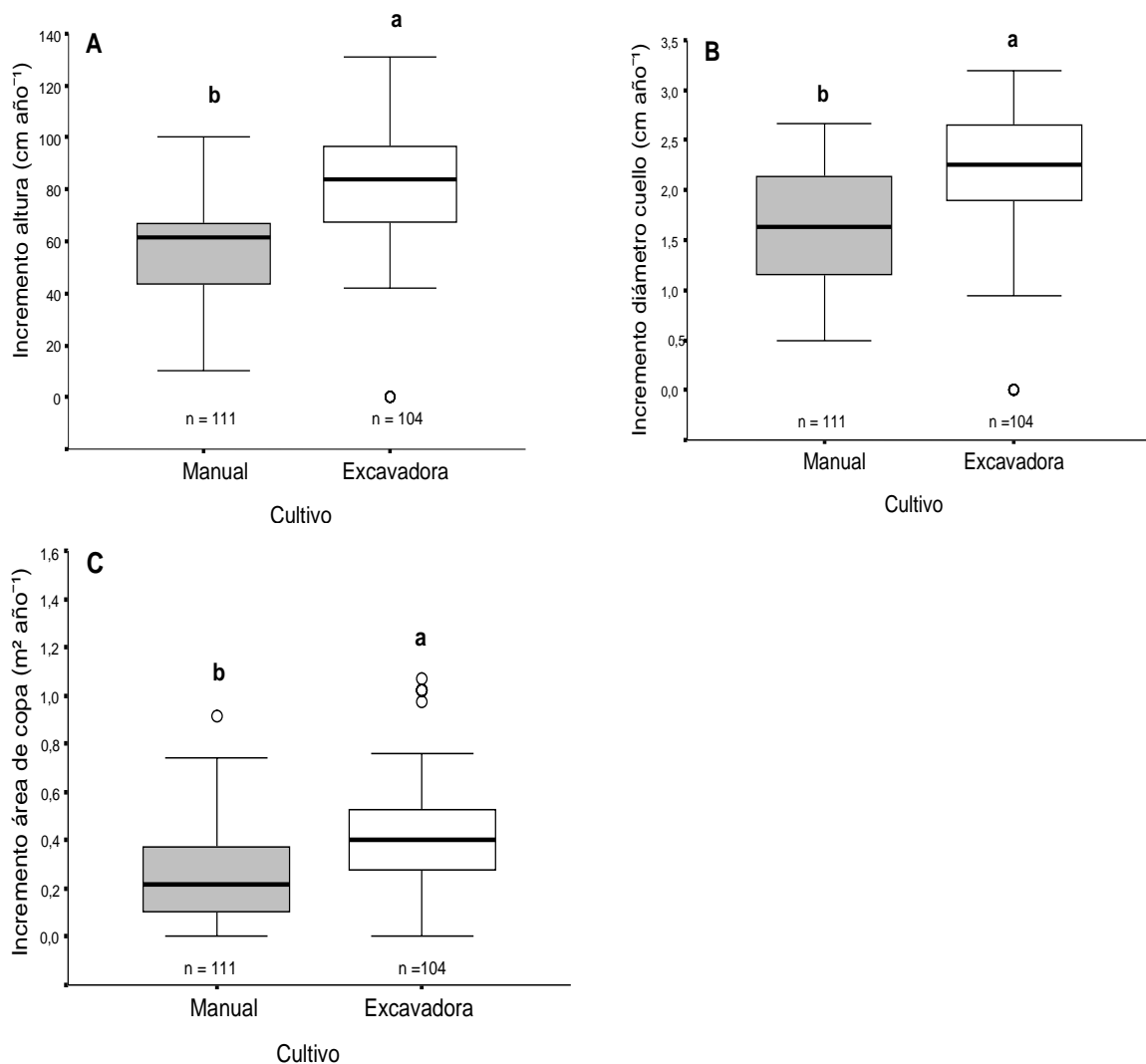


Figura 5. Incremento medio para altura total (HT), diámetro de cuello (DAC) y área de copas (AC) para la condición de cultivo manual y con excavadora.

#### 4.1.3 Calidad de los individuos

Al observar el Cuadro 4, se observa que la proporción de las calidades dentro del rodal con cultivo manual, se distribuyeron en forma similar. Sin embargo, para la condición de cultivo mecanizado las categorías de calidad 1 y 3 muestran porcentajes particulares. Al comparar ambas condiciones, es posible notar que a nivel de rodal, el rodal con cultivo tradicional muestra una calidad levemente más baja. El rodal con cultivo manual posee un menor número de individuos de calidad 1 y un aumento de individuos de baja calidad. Es decir, este rodal posee casi 1/3 de individuos en la calidad 3.

Cuadro 4. Distribución porcentual de la calidad de los rodales de *Pinus radiata* según condición de cultivo, manual y con excavadora.

Calidad	Cultivo	
	Manual	Excavadora
	%	%
1	38,6	48,8
2	31,6	38,5
3	29,8	12,6

El rodal con cultivo mecanizado, por su parte, muestra un mayor porcentaje de individuos de calidad 1 (10% más), los que corresponden a individuos sin daño fustal y/o follaje y un fuste recto. También el rodal presentó un alto número de individuos de calidad 2, individuos con altas posibilidades de llegar a permanecer en el tiempo y a ser potencialmente árboles de selección. Esta condición de cultivo con excavadora posee sólo un 12% de individuos no deseables (Calidad 3).

El Cuadro 5 muestra que el rodal con cultivo mecanizado también presentó los mayores incrementos medios para todas las calidades, encontrándose la mayor diferencia en el incremento medio de la altura total. De esta manera, la menor relación IMA/calidad fue encontrada en el rodal con cultivo manual.

Cuadro 5. Incremento medio para altura (HT), diámetro de cuello (DAC) y área de copas (AC) por categorías de calidades para rodales con cultivo manual y mecanizado.

Cultivo	Calidades	Incremento medio (cm)		
		HT	DAC	AC (m <sup>2</sup> )
Manual	1	60,49 ± 7,73	1,72 ± 0,13	0,31 ± 0,05
	2	56,01 ± 5,23	1,62 ± 0,09	0,24 ± 0,09
	3	48,94 ± 6,70	1,42 ± 0,02	0,22 ± 0,06
Excavadora	1	79,48 ± 11,20	2,23 ± 0,16	0,39 ± 0,11
	2	82,32 ± 4,95	2,29 ± 0,24	0,41 ± 0,10
	3	73,30 ± 17,19	2,10 ± 0,28	0,30 ± 0,10

En el Cuadro 6 se observa que las menores superficies de las copas se relacionan directamente con los individuos de calidades menos deseables, para tipos de cultivos.

Cuadro 6. Promedio de la superficie de copas según categorías de calidad para rodales con cultivo manual y con excavadora.

Promedio superficies de copas (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )			
Cultivo	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Manual	13,8	8,7	6,9
Excavadora	12,9	10,5	2,5

De la misma forma, los individuos de mayor calidad poseen superficie de copas mayores, donde para el caso del cultivo manual el área de calidad 1 supera en el doble a la de los individuos de calidad 3 y para el caso del cultivo mecanizado, la calidad 1 muestra una relación seis veces mayor para la misma calidad (calidad 3).

#### 4.1.4 Biomasa

##### 4.1.4.1 Biomasa aérea

El rodal con cultivo manual posee una biomasa total de 1.253 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6), donde la biomasa aérea equivale al 83% del total y la biomasa radicular al 17% restante. De la biomasa aérea total, 1.042 kg ha<sup>-1</sup>, las acículas y ramas, corresponden al 37 y 39%, respectivamente y la biomasa fustal al 39%. De éste porcentaje de fuste, la proporción de corteza y madera corresponde a 15 y 85%, respectivamente.

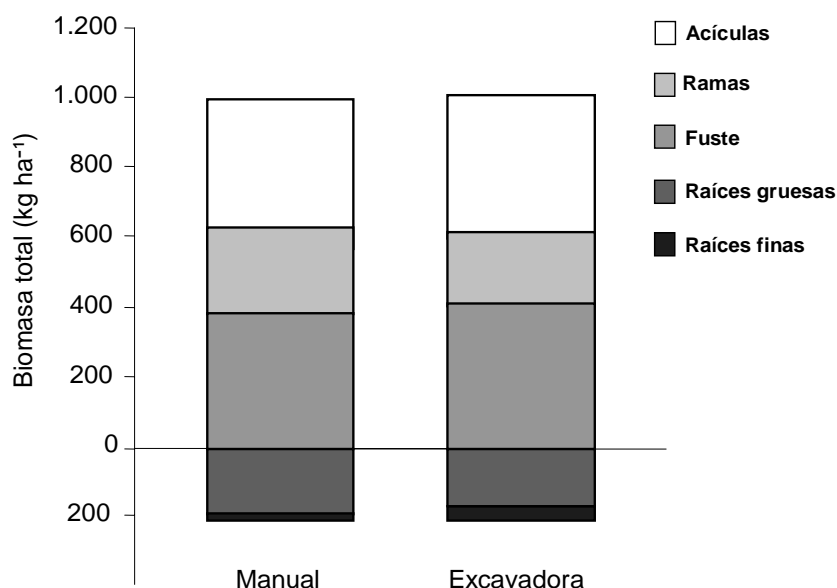


Figura 6. Distribución de la biomasa total para rodales con cultivo manual y excavadora.



Por otra parte, la biomasa total para el rodal cultivado con excavadora es igual a  $1.229 \text{ kg ha}^{-1}$ , donde el 85% del total corresponde a la parte aérea,  $1.044 \text{ kg ha}^{-1}$ . Las raíces finas y gruesas suman un 15% de la biomasa restante. En éste rodal la biomasa de las acículas corresponde a un 39% y la biomasa de las ramas a un 21%. El fuste alcanza el 40% del total de la biomasa aérea, proporciones muy similares al rodal con cultivo manual, donde el porcentaje de corteza y madera dentro de éste corresponden al 16 y 84%, respectivamente. Es importante destacar que ambos rodales en estudio presentaron una cantidad de biomasa total por hectárea muy similar entre sí, a pesar de que la plantación con cultivo mecanizado fue establecida una temporada más tarde.

#### 4.1.4.2 Biomasa de raíces y características morfológicas del sistema radicular

El rodal con cultivo manual al tercer año de crecimiento alcanza una biomasa radicular total para los  $1.289 \text{ árboles ha}^{-1}$  de  $210 \text{ kg ha}^{-1}$ . La masa de raíces gruesas equivale a  $202 \text{ kg ha}^{-1}$  y las raíces finas  $9 \text{ kg ha}^{-1}$ . El rodal con cultivo mecanizado posee al segundo año de crecimiento para la densidad de  $1.106 \text{ árboles ha}^{-1}$  una biomasa radicular total de  $185 \text{ kg ha}^{-1}$ . Donde los individuos presentan  $168 \text{ kg ha}^{-1}$  correspondientes a raíces gruesas, y  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de raíces finas. Ambos rodales presentaron la ausencia de la raíz principal.

De acuerdo a las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) que existen entre los componentes de ambos rodales, en el Cuadro 7 se observa que sólo hay diferencias en el incremento medio de la producción de la biomasa a nivel de follaje (acículas) y a nivel radicular (raíces finas). Para el incremento en raíces finas, las diferencias en porcentaje son notables, el rodal con cultivo mecanizado muestra un 40% más de biomasa que el rodal con cultivo manual (Cuadro 7). Por lo tanto, los individuos que se desarrollan en el rodal con cultivo mecanizado muestran una mayor proporción de acículas y raíces finas (Figura 6 y Cuadro 7).

Cuadro 7. Incrementos medios ( $\text{g año}^{-1}$ ) de componentes de la biomasa para ambos rodales, con cultivo manual y con excavadora.

Incremento medio (g)	Manual n = 3	Excavadora n = 3	Significancia
Acículas*	$100,06 \pm 22,78$	$124,01 \pm 59,96$	0,050
Ramas	$64,12 \pm 23,42$	$64,17 \pm 31,91$	0,275
Fuste	$105,89 \pm 26,00$	$124,55 \pm 46,01$	0,127
Raíces gruesas	$60,77 \pm 19,42$	$50,61 \pm 14,33$	0,275
Raíces finas*	$2,55 \pm 01,08$	$5,06 \pm 01,44$	0,050

\*:  $p \leq 0,05$

En la Figura 7, se presenta la morfología que presentaron las raíces de los individuos extraídos en ambas situaciones (cultivo manual y cultivo con excavadora). Es posible

observar, que en general las raíces gruesas muestran forma no deseable. Las raíces en ambas situaciones muestran curvaturas leves a curvaturas fuertes. Se apreció, como ya se dijo anteriormente, la ausencia de la raíz principal. De la misma forma, las raíces para ambas situaciones presentaron una densidad baja a media.

### Cultivo manual



### Excavadora



Figura 7. Sistema radicular de árboles muestreados de los rodales con cultivo manual y cultivo con excavadora.

## 4.2 Discusión de resultados

### 4.2.1 Estructura diamétrica e incrementos medios de ambos rodales

De las diferentes tendencias que presentaron ambos rodales, el rodal con cultivo manual presentó una agrupación donde los individuos se distribuyen bimodalmente y no en relación a la media de la población, lo que se escapa al comportamiento normal de una plantación. Según la literatura, una plantación con una distribución normal corresponde a rodales coetáneos y formados por árboles de la misma edad, en la que todos los árboles fueron plantados al mismo tiempo, exceptuando alguno de replante, que pueden ser uno, dos o tres años menores, dependiendo de la tasa de crecimiento de la especie y distribuidos sobre y bajo la media, con una concentración alrededor de ésta (Donoso, 1993).

Pese a que la época de establecimiento del rodal con cultivo con excavadora presentó condiciones adversas o desfavorables para los individuos (déficit de precipitaciones y altas temperaturas, ver datos en anexo 7), éste rodal presentó una tendencia normal y más homogénea, que el rodal con cultivo tradicional. Estas diferencias entre las distribuciones de ambos rodales, posiblemente se asocian a distintos grados de intensidad de manejo a la cual se han enfrentado. Diferentes intensidades en los controles de melazas aplicados, y diferentes intensidades sobre la profundidad del suelo afectado.

El rodal con cultivo manual a diferencia del rodal con excavadora fue sometido a cortas de limpieza menos intensas, lo cual podría explicar en parte las diferencias en la distribución de las frecuencias del diámetro. Las malezas presentes en el sitio al momento de la plantación y en la etapa de establecimiento provocan una serie de trastornos en los individuos (Torres, 1996). Estos trastornos se reflejan en el crecimiento de los individuos de la plantación, ya que en la competencia, según Torres (1996), estas malezas compiten por luz, agua, espacio y nutrientes. Esto podría explicar, entonces, el porqué de la distribución de los individuos del rodal con cultivo manual, ya que por competencia algunos individuos de *P. radiata* van quedando suprimidos y así se favorecen las condiciones de crecimiento para los individuos dominantes y resistentes a la vegetación competidora.

En el caso contrario, un tratamiento silvícola adecuado y la ausencia de competencia permitirá a la mayor parte de la plantación enfrentarse a condiciones similares para crecer y de esta manera, distribuirse homogéneamente. Esto obviamente, considerando densidades de plantación no restrictivas y la ausencia de otros factores que afecten el crecimiento. La competencia entonces, puede afectar de muchos modos a la dinámica de la población de las especies que compiten. La dinámica a su vez puede influir sobre la distribución y evolución de las especies, por lo tanto, desempeña una papel muy importante en la estructura de las comunidades ecológicas (Comunidades de divulgación científico técnica, 2005).

Por otra parte, la mayor sobrevivencia entre ambas situaciones corresponde a los individuos del rodal con cultivo manual en comparación al rodal con excavadora 88%

y 76%, respectivamente. De acuerdo a esto, la tasa de mortalidad que presenta el rodal con excavadora es alta, ya que valores de mortalidad mayores a 20% son comúnmente considerados como altos según los criterios aceptados (Murillo y Camacho, 1997).

Ésta alta mortalidad podría deberse a que la temporada de plantación (segunda quincena septiembre 2004) como se dijo anteriormente, coincidió con un déficit de precipitaciones y altas temperaturas, lo que originó que la humedad en el suelo fuera menor que la requerida por las plantas durante las primeras etapas de crecimiento. De acuerdo a los datos meteorológicos entregados por BOPAR S.A., el promedio de las temperaturas medias correspondió a 10°C, con precipitaciones iguales a 116,0 mm.

Los incrementos medios de las variables HT, DAC y AC presentados por los dos rodales en estudio, y considerando sus diferencias significativas, permiten identificar que el cultivo con excavadora otorga a los individuos preliminarmente mayores beneficios. Éstos se ven reflejados en los incrementos medios superiores en el crecimiento a los dos años de establecidos (rodal con cultivo mecanizado), en contraste, con el rodal de cultivo manual que posee una temporada más de establecimiento.

Las mayores diferencias encontradas entre los rodales para los incrementos medios fueron en altura (HT), siendo como se dijo anteriormente el rodal con excavadora el que presentó los más altos crecimientos ( $\approx 29 - 28\%$  más). Esto podría indicar que efectivamente las diferencias en los tipos de cultivo (excavadora v/s cultivo manual) han tenido efectos sobre el crecimiento. Las diferencias existentes para el DAC y AC son menores.

Es importante considerar que el rodal mecanizado posee una mortalidad mayor que el rodal con cultivo manual, por ende, un menor número de individuos y una menor densidad, lo cual podría reflejar los mayores incrementos medios del diámetro a la altura del cuello y el área de copas, ya que estas variables se ven influenciadas por la densidad de los rodales. No obstante, la altura, variable independiente de la densidad, reflejaría que la preparación del suelo, si tendría efectos significativos sobre los individuos en base a la preparación del suelo.

Un estudio realizado por la Forest Nutrition Cooperative (2007), dice que los tratamientos silvícolas tempranos pueden acelerar enormemente el crecimiento temprano de árboles individuales, y consecuentemente reducir el tiempo requerido para alcanzar la completa ocupación del sitio en la mayoría de los sitios. Esto explicaría entonces, que para iguales condiciones de sitio (clima, planta, etc.), las modificaciones en el suelo en base a técnicas de plantación, en este caso el uso de excavadora, influyen principalmente en el crecimiento en altura total (HT) y en menor proporción en el crecimiento en diámetro (DAC) y área de la copa (AC).

#### 4.2.2 Calidades rodal con cultivo manual y excavadora

El comportamiento de las categorías de tres calidades en ambos rodales muestra una tendencia clara. El rodal con cultivo manual presenta una menor calidad y es sobrepasado por el rodal con excavadora por un 17% más de individuos de mejor calidad (calidad 1). Sin embargo, en ambos rodales existen individuos con posibilidades de poder realizarles una corrección de forma (calidad 2) y así poder aumentar el porcentaje de individuos de mejor calidad, en el tiempo. Del total de individuos de calidad 3 del rodal con cultivo manual, el 78% son individuos de buena sanidad que posiblemente, bajo un manejo que corrija sus características de forma, podrían llegar a árboles de calidad 2. El 22% restante, son individuos que presentan forma no deseable y poseen un estado sanitario severo.

Por otra parte, del alto número de individuos de calidad 2 del rodal con excavadora, el 89% son individuos que poseen un fuste sinuoso, por lo cual su forma no es deseable. Sin embargo, son individuos que poseen un estado sanitario favorable, por lo cual, potencialmente podrían llegar a individuos de mejor calidad bajo un régimen de manejo que corrija su forma. Una forma de reestablecer y mejorar las calidades de ambos rodales es una corrección fustal. Según García *et al.* (2002), esta técnica consiste en seleccionar aquellos árboles de buen crecimiento, con bifurcaciones o deformaciones en el fuste, producto de daños causados por efectos del clima (viento, heladas, nieve), animales o plagas, y aplicar un método correctivo para su forma. En su operación, se elige la flecha o rama más vigorosa y recta para su mantención, cortando las demás. Con ello se busca, acelerar el proceso natural de competencia y crecimiento de diversas flechas, seleccionando una, y obtener una buena forma de los árboles, buscando la formación de un fuste único y recto (1/3 de la copa). Por lo general esta actividad puede ser requerida en plantaciones nuevas, donde exista un alto porcentaje de plantas con problemas de flecha (bifurcaciones, multiflecha, curvaturas severas), que derivarán en igual porcentaje de fustes indeseables, afectando la selección futura de los árboles (INFOR, 2006).

De acuerdo a los incrementos medios de los individuos, se identificaron diferencias en las tres categorías por separado (1, 2 y 3), en donde el rodal con cultivo manual presenta en las tres categorías menores incrementos que el rodal con cultivo mecanizado. De esta manera, el rodal tradicional es superado por el rodal mecanizado, en las mejores calidades (1 y 2), por un 28% en el incremento medio en altura (m), por un 27% en el incremento medio en DAC (cm) y por un 38% en incremento medio del AC (m<sup>2</sup>).

Es posible relacionar directamente, el bajo crecimiento medio anual del rodal con cultivo manual con el bajo incremento del área de copas del rodal, lo que trae como consecuencias individuos con menores superficies de copas ocupando el área del rodal y como repuesta a esto una menor superficie foliar. Flores y Allen (2004) identificaron que la productividad de una plantación forestal de rápido crecimiento es determinada básicamente por el área foliar y las relaciones suelo-planta-atmósfera.

#### 4.2.3 Caracterización de la biomasa aérea y radicular, morfología y densidad radicular de ambos rodales

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible observar que el tipo de planta, en este caso cutting, así como también el tipo de establecimiento, pueden ser los causales de los efectos sobre la densidad y forma de la raíz.

Con respecto a la cantidad de biomasa total entre ambos rodales, es importante destacar que ambas situaciones presentaron cantidades similares, aproximadamente  $1.200 \text{ kg ha}^{-1}$ , a pesar de que el cultivo manual fue establecido una temporada antes. Esto quiere decir, que quizás nuevamente el manejo intensivo al momento de establecer una plantación, tiende a influenciar en el crecimiento de la biomasa, ya que mejora las condiciones crecimiento para las plantas. Si nos referimos a la biomasa en forma separada, basándonos en sus dos grandes compartimientos, aérea y radicular, podemos notar algunas diferencias entre los componentes de cada una. La biomasa aérea en ambas situaciones fue igualmente similar en valores totales. Ambos rodales presentaron aproximadamente  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , y de sus componentes principales acículas, ramas y fuste, sólo para el incremento medio de las acículas presentó diferencias importantes entre los dos rodales en estudio. Es relevante destacar que el análisis de la biomasa no se analizó en conjunto con los factores de sitio. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2003), señalan que la masa foliar y la estructura de las copas, poseen un efecto mas significativo con respecto al manejo silvícola que a los recursos del sitio. Esto se ve reflejado sobre la cantidad de biomasa de acículas entre rodales, lo que permitiría destacar otros factores posiblemente influyentes sobre el desarrollo de los individuos.

Por otra parte, la biomasa radicular, presentó diferencias en las cantidades en sus dos componentes, raíces finas y raíces gruesas. La cantidad de raíces gruesas fue mayor en el rodal con cultivo manual, superando al rodal mecanizado por un 17%. La presencia de raíces finas fue mayor en el rodal mecanizado, donde el rodal con cultivo manual se vio superado por casi el doble de biomasa,  $8,5$  a  $16,08 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sin embargo, sólo el incremento medio de las raíces finas presentó diferencias significativas.

Existen en la literatura estudios que dicen al respecto, que la proporción de biomasa de raíces es mayor cuando existen restricciones para las plantas (humedad, nutrientes, etc.) (Guerra *et al.*, 2005). Éste pudiera ser el caso del rodal con excavadora por sus exposiciones más húmedas. No obstante, para reafirmar dichos estudios, se requiere de un mayor énfasis en el análisis del suelo.

Las plantas presentaron raíces curvadas y una densidad baja a media. Esta tendencia morfológica que mostraron los individuos, es característico de plantas de cutting, debido a las características morfológicas de las estacas. De acuerdo a lo dicho por Hartmann y Kester (1971) las raíces forman los primeros años de establecimiento una masa radicular principalmente conformada por raíces secundarias (finas y gruesas), las cuales son originadas por "callos", que son masas irregulares que se forman en el extremo basal de las estacas. Ambas estructuras

originan entonces abultamientos ó “nudos” en el sistema radicular inicial. Sin embargo, este estudio no puede descartar problemas de manipulación el momento del establecimiento de la plantación (falta de capacitación).

## 5. CONCLUSIONES

- En base a la estructura diamétrica de ambos rodales de *Pinus radiata*, se evidenció una diferencia significativa en la forma de la distribución de la frecuencia por clase de diámetros (DAC) en ambas condiciones. Preliminarmente ésta diferencia se asoció a la intensidad de manejo a la cual el cultivo mecanizado fue sometido, mayor control de la competencia y remoción del suelo de mayores volúmenes, otorgando condiciones más homogéneas para el crecimiento de las plantas.
- De acuerdo a la diferencia significativa notablemente mayor del parámetro altura total en el rodal mecanizado con excavadora, es posible establecer la influencia positiva que aporta una preparación de suelo intensiva. Esto, ya que la altura es una variable no afectada por la densidad, a diferencia del diámetro a la altura de cuello y del área de copas, lo que refleja que existen mayores y mejores crecimientos.
- De lo anterior, es posible considerar y mejorar en un estudio posterior, ciertos aspectos del diseño experimental, que disminuyan la posible influencia de otros factores del sitio sobre las respuestas en crecimiento (características topográficas, características químicas y físicas del suelo).
- Se identificaron claras diferencias en la calidad de las plantas en ambos rodales (1 ,2 y 3) siendo mayor en el rodal con cultivo mecanizado. De la misma manera, se identificó preliminarmente cierta correspondencia entre niveles de calidad y crecimiento de los individuos, individuos con mayores calidades (1 y 2) mostraron incrementos igualmente mayores. Los individuos de mejores calidades, se relacionan directamente también con las mayores superficies de copas.
- En ambos rodales se identificó una mala morfología y baja densidad radicular. No se descartan problemas con el tipo de arquitectura radicular de las plantas (cutting) producidos por el manejo en vivero, como también deficiencias en la faenas de establecimiento por falta de capacitación y control. La mala formación radicular, pudiese corregirse dejando las plantas una temporada más en vivero.
- A pesar de que el mayor crecimiento alcanzado por los individuos del rodal con excavadora, otorgue una mayor ganancia futura en la biomasa total, no sería compatible con la forma que se presentan las raíces de los individuos ya que mecánicamente bajo las condiciones climáticas del lugar, los individuos no lograrían mantener en pie una alta biomasa área con una muy baja biomasa radicular.
- Los resultados del presente estudio deben considerarse como preliminares y corresponden a tendencias generales de desarrollo de plantaciones de *Pinus radiata* con este tipo de manejo. Posteriores investigaciones deberían estar enfocadas a comparar situaciones con este tipo de cultivos considerando un análisis y diagnóstico integral del sitio (clima, topografía, exposiciones y suelo), así como también del individuo (análisis fustal, análisis químico del follaje y arquitectura radicular). De la



misma manera, se desconoce la permanencia en el tiempo de los modelos de crecimiento encontrados por este estudio.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Centro de Información de Recursos Naturales, CL (CIREN). 2001. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Estudio agrológico de la provincia de Valdivia, X Región, Chile. Santiago. 199 p.
- Comunidades de divulgación científico técnica. 2005. Competencia. INTERNET: <http://www.elergonomista.com/ecologia/competencia.htm> (Junio 03, 2007).
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. 2 ed. Chile, Editorial Universitaria. p. 520.
- Flores, F. J.; Allen, H. L.; 2004. Efectos del clima y capacidad de almacenamiento de agua del suelo en la productividad de rodales de pino radiata en Chile: un análisis utilizando el modelo 3-PG. Bosque (Valdivia), dic. 2004, vol.25, no.3, p.11-24.
- Forest Nutrition Cooperative (FNC). 2007. Studies at plantation establishment. INTERNET: <http://forestnutrition.org/espanol/regionwidetrial.htm> (Junio 15, 2007).
- Fox, T. R. Sustained productivity in intensively managed forest plantations. Forest ecology and management, Volume 138, Number 1, 1 November 2000, pp. 187 – 202 (16).
- García, E; Helmke, E; Sotomayor, A. 2002. Manejo y Mantención de Plantaciones Forestales. *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* Documento de Divulgación N° 23.
- García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S.; Valdebenito, G. 2000. Establecimiento de plantaciones forestales. INTERNET: <http://www.gestionforestal.cl> (Mayo 19, 2006).
- Grez, R.; Piel, L.; Añazco, R.; Gerding, V.; Schlatter, J.; Romeny, G. 2002. Manual de laboratorio para el análisis de suelo. Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales. Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 144 pp.
- Guerra, C. J.; Gayoso, A. J.; Schlatter, V. J. 2005. Análisis de la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques: Avances en la evaluación de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 2005, vol.26, no.1, p.5-21.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1971. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Editorial Continental, S.A. México. 810 p.

- Huss, E. 1998. Producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill) en sustrato de corteza compostada y aserrín. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 56 p.
- Instituto Nacional Forestal (INFOR). 2005. El sector forestal chileno en una mirada. INTERNET: [www.aldeaforestal.cl](http://www.aldeaforestal.cl) (Mayo 15, 2007).
- Instituto Nacional Forestal (INFOR). 2006. Fortalecimiento e integración comercial de pequeños y medianos productores a través de opciones forestales multipropósito en la Región del Maule. INTERNET: [http://www.infor.cl/centro\\_documentacion/documentos\\_digitales/capitulo\\_II\\_produccion\\_forestales.pdf](http://www.infor.cl/centro_documentacion/documentos_digitales/capitulo_II_produccion_forestales.pdf) (Junio 15, 2007).
- Instituto Nacional Investigación Agropecuaria (INIA). 1985. Suelos volcánicos de Chile. Primera edición. Santiago, Chile. 723 p.
- Krüger, F. 2007. Producción de plantas de *Pinus ponderosa* 1:1 en viveros de Valdivia y Cochrane. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 36 p.
- Meneses, M.; Guzmán, S. 2000. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención de madera libre de nudos en plantaciones de pino radiata en Chile. *Bosque* 21(2):85-93.
- Murrillo, O.; Camacho, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía costarricense* 21(2):189-206.
- Navieras, R. 2007. Repoblaciones Forestales. Guardabosques, el portal de los agentes forestales y de medio ambiente. INTERNET: <http://agentesforestales.es> (Mayo 10, 2007).
- Paredes, G. 2002. Efectos del subsolado en la distribución espacial y temporal del contenido de agua edáfica en una plantación joven de *Pinus radiata* (D. Don), en la zona de Valdivia, Décima Región, Chile. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 49 p.
- Rodríguez, L. R.; Espinosa, B. M.; Real, H. P. 2003. Utilización del modelo 3-PG, un modelo basado en procesos, en el análisis de la productividad de plantaciones de pino radiata manejado con diferentes regímenes silviculturales. *Bosque* (Valdivia), ene. 2003, vol.24, no.1, p.35-45.
- Romano, R. 2002. Estudio comparativo del diámetro de ramas en *Pinus radiata* D. Don con y sin mejoramiento genético. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 44 p.

- Schlatter, J.; Grez, R.; Gerding, V. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 114 p.
- Schlatter, J. 1995. Sistema ordenamiento de la tierra. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 93 p.
- Steuer, H. 2006. Plantaciones forestales. Preparación de sitio para la plantación. Toco madera (Valdivia), Año 1, Ed. 2, pág. 17.
- Toral, I. Manuel; Fratti, B. Angelo; González, R. Luis. Crecimiento estacional y rentabilidad de plantaciones forestales comerciales de pino radiata en suelos de trumao según método de establecimiento. *Bosque (Valdivia)*, 2005, vol.26, no.1, p.43-54.
- Torres, A. 1996. Grado de cobertura y fertilización en el establecimiento de plantaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Bl.), Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. Et Endl.) Oerst.) y Coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst). Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 64 p.
- Torres, E. 1994. Variación de la estructura del suelo por la intensidad y tiempo de uso. Tesis Lic. en Agronomía. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Agrarias. 45 p.
- Vega, G.; Rodríguez, R.; Arenas, S.; García, S.; Mansilla, P.; Vega, P.; Ruiz, A. 1998. Manual de Silvicultura de Pino Insigne. Galicia, España. INTERNET: <http://agrobyte.lugo.es/agrobyte/publicaciones/oregon/indice.html> (Mayo, 25, 2007).
- Yañez, R. 1979. Caracterización física de la estructura de tres grupos de suelos de las provincias de Cautín y Valdivia. Tesis Lic. en Agronomía. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Agrarias. 78 p.

**ANEXO**

**Anexo 1**

**Abstract and keywords**

## ABSTRACT

Two different techniques of establishment (manual cultivation and backhoe cultivation) were applied in two distinct seasons (2003 and 2004), to the UA11 *Pinus radiata* D. DON clone's plantation, property of BOPAR S.A nursery, located in the intermediate depression of San José de la Mariquina, Valdivia's province (X Region) of Chile. The location corresponds to soils of recent volcanic ashes previously utilized for cattle raising.

The objective of the study was to evaluate the development to the second and third year of the *P. radiata*'s plantation, under the two techniques of establishment previously named. In order to achieve this objective it was proposed: evaluating the effect of the techniques of establishment on the development of root collar diameter, crown area, total height, total aerial and root biomass, and root density and morphology.

For the investigation's design, five plots of land of 300 m<sup>2</sup> (20 m x 15 m) were used in each situation. The plots of the mechanized cultivation stand are permanent, and they were established by the nursery's administration, while the plots of the manual cultivation stand are temporary, and they were established during the time that the study lasted for. Only the backhoe cultivation stand has been submitted to cut for clearance.

The utilization of the distinct techniques of establishment, demonstrated that backhoe cultivation acts directly on the growth of variables in point, presenting mean increments significantly superior (29 %) regarding the total height, (27 %) root collar diameter (25 %) and crown area. According to the quantity of the total aerial and root biomass, the mechanized cultivation stand, established a season later than the manual cultivation stand, presented similar quantities to the ones belonging to manual cultivation stand (1.229 kg ha<sup>-1</sup> and 1.253 kg ha<sup>-1</sup> respectively). Nevertheless, the density and morphology presented by both stand's plants did not present great differences, they rather, showed typical root development characteristics of cutting's plants, such like amorphous root mass with absence of the principal root, accompanied of low root density.

Regarding the buckhoe cultivation stand, these previously named characteristics are prejudice to plants, because the root type is not compatible with the great aerial development that the trees have attained, which, do not permit a good rooting and gives as results a mortality bigger than 24%. The survival for the manual cultivation stand is equal to 88%. The backhoe cultivation stand presented the best quality, on the basis of individuals's form and sanity, surpassing in a 17% the manual cultivation stand. Individuals with form problems exist in both stands and through a stem correction they may improve their quality.

**Keywords:** manual cultivation, buckhoe cultivationr, total aerial and root biomass, root density and morphology.

## **Anexo 2**

**Datos origen por parcela rodal con Cultivo manual**



Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Manual

Nº parcela: 1

Pendiente: 30% Ms.n.m: 25 Exposición: Suroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 1. Datos parcela 1

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	210	5,7	0,42	0,38	0,1256	1	1	1
2	200	5,6	0,46	0,42	0,1520	2	2	2
3	200	6	0,44	0,37	0,1288	1	1	1
4	210	6,5	0,44	0,49	0,1697	2	2	2
5	150	5,7	0,44	0,43	0,1485	3	1	2
6	170	4,5	0,5	0,74	0,3018	2	2	2
7	210	7	1,2	1,5	1,4307	2	3	3
8	150	4	0,85	0,64	0,4357	2	3	3
9	110	3,3	0,65	0,68	0,3471	2	3	3
10	80	2,2	0,35	0,4	0,1104	3	3	3
11	215	3,7	1,05	1,06	0,8737	1	2	1
12	150	4,5	0,9	0,93	0,6572	1	3	3
13	150	7	1,6	1,21	1,5496	1	1	1
14	50	2,2	0,3	0,4	0,0962	1	1	1
15	210	6,8	1,5	1,15	1,3782	1	1	1
16	140	4,3	0,8	1,04	0,6644	2	3	3
17	120	3,3	0,63	0,58	0,2873	2	3	3
18	215	6,1	1,45	1,2	1,3782	2	1	1
19	140	3,8	0,9	0,8	0,5672	3	2	3
20	175	4,6	0,95	0,84	0,6288	1	3	2
21	220	6,2	1,45	1,18	1,3574	2	3	3
22	200	5,4	0,9	0,8	0,5672	1	2	1
23	200	5,3	1,2	1,1	1,0382	1	3	2
24	195	5,4	1,25	1,27	1,2463	1	1	1
25	145	3,5	0,7	0,8	0,4416	2	1	1
26	50	2,2	0,4	0,45	0,1418	1	3	2
27	30	1,5	0,06	0,07	0,0033	3	3	3
28	150	3,2	0,74	0,65	0,3792	3	1	2
29	200	6	1,38	0,96	1,0746	1	3	2
30	80	2,1	0,5	0,44	0,1734	2	3	3
31	180	4,5	1,15	0,94	0,8572	2	2	2
32	185	4,8	1	0,88	0,6936	1	2	1
33	110	4,8	0,74	0,58	0,3419	2	3	3
34	140	3,2	0,88	0,8	0,5539	2	3	3
35	120	3,5	0,6	0,72	0,3419	2	2	2
36	175	7,2	1,56	1,2	1,4950	1	3	2

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Manual

Nº parcela: 2

Pendiente: 27% Ms.n.m: 20 Exposición: Noroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 2. Datos parcela 2

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	200	5,7	0,75	0,74	0,4357	1	2	1
2	160	4,5	0,8	0,75	0,4715	2	3	3
3	100	3,5	0,56	0,7	0,3116	2	1	1
4	290	6,8	2,1	2,4	3,9741	1	1	1
5	160	3,5	0,9	0,85	0,6010	3	1	3
6	200	6,7	1,65	1,4	1,8256	2	1	1
7	70	1,6	0,25	0,3	0,0594	1	1	1
8	175	5,7	0,9	0,96	0,6789	2	2	2
9	130	3,8	0,7	0,65	0,3577	3	3	3
10	200	4,9	0,8	0,75	0,4715	1	3	2
11	150	4,1	0,8	0,72	0,4534	2	2	2
12	200	6	1,6	1,3	1,6505	2	3	3
13	210	6	1,1	1	0,8655	1	3	2
14	155	4	1	0,84	0,6644	2	2	2
15	70	2,2	0,3	0,3	0,0707	2	3	3
16	210	7	1,55	1,44	1,7545	1	1	1
17	200	6,4	1,1	1,1	0,9499	1	2	1
18	70	2,2	0,2	0,35	0,0594	3	3	3
19	130	3,7	0,68	0,74	0,3957	2	3	3
20	175	3,5	0,85	0,85	0,5672	2	2	2
21	160	4,5	0,94	0,9	0,6644	3	2	3
22	130	3,2	0,6	0,7	0,3317	1	1	1
23	180	5,9	1,1	1,2	1,0382	1	3	2
24	200	6,7	1,26	1	1,0024	1	1	1
25	95	2,5	0,4	0,46	0,1451	3	2	3
26	200	5,6	1,35	1,1	1,1780	2	3	3
27	100	2,1	0,45	0,56	0,2002	3	1	2
28	195	4,8	1,1	1,05	0,9072	2	2	2
29	50	2,5	0,15	0,15	0,0177	1	2	1
30	110	3,2	0,5	0,56	0,2205	2	2	2
31	210	5,8	1,1	1,25	1,0838	3	3	3
32	125	3,5	0,47	0,67	0,2550	2	3	3
33	110	1,9	0,62	0,58	0,2826	1	2	1
34	140	3	0,6	0,67	0,3165	1	1	1
35	200	5,7	1,2	1,1	1,0382	2	1	1
36	200	5,8	1,18	1,2	1,1116	1	3	2
37	200	6,5	1,5	1,35	1,5940	1	2	1

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Manual

Nº parcela: 3

Pendiente: 25% Ms.n.m: 35 Exposición: Suroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 3. Datos parcela 3

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	60	2	0,3	0,28	0,0660	1	1	1
2	110	3,2	0,6	0,58	0,2733	1	1	1
3	160	4,4	0,89	0,86	0,6010	2	3	3
4	200	7	1,25	1,03	1,0202	2	3	3
5	210	6,4	1,2	1,1	1,0382	1	1	1
6	190	4,8	1,13	1,2	1,0654	3	1	2
7	120	2,5	0,5	0,6	0,2375	2	2	2
8	270	7,3	1,6	1,5	1,8860	1	2	1
9	250	5,6	1,4	1,1	1,2266	2	3	3
10	175	4	0,78	0,75	0,4594	1	1	1
11	150	4	0,7	0,7	0,3847	2	1	1
12	80	2,2	0,37	0,35	0,1017	2	2	2
13	195	5,4	1,07	0,99	0,8328	1	2	1
14	250	3,2	1,28	1,1	1,1116	1	1	1
15	250	6,8	1,47	1,9	2,2288	1	2	1
16	260	6,5	1,15	1,29	1,1684	2	1	1
17	240	7	1,44	1,28	1,4519	1	3	2
18	240	6,7	1,68	1,3	1,7428	1	3	2
19	250	6,8	0,39	1,1	0,4357	1	1	1
20	200	5,7	0,96	0,8	0,6079	2	2	2
21	300	8	2,04	1,7	2,7451	1	2	2
22	85	2,2	0,4	0,7	0,2375	3	2	3
23	200	5,7	1,25	1	0,9935	1	2	1
24	195	5	1,13	1	0,8904	1	3	2
25	200	6,5	1,35	1,05	1,1304	2	3	3
26	215	6,7	1,5	1,3	1,5386	3	2	3
27	210	6,4	1,5	1,3	1,5386	1	1	1
28	200	7,2	1,3	0,9	0,9499	3	3	3
29	195	5,4	1,2	0,95	0,9072	1	3	2
30	200	5,6	1,1	0,93	0,8087	1	2	1
31	230	6,4	1,4	1,2	1,3267	1	2	1
32	215	6,4	1,2	1,1	1,0382	1	2	1
33	110	3,4	0,7	0,68	0,3737	2	2	2
34	40	1,6	0,2	0,18	0,0283	3	3	3
35	150	3,4	0,78	0,7	0,4299	1	3	2
36	200	7	1,6	1,2	1,5386	1	3	2
37	250	7,3	1,67	1,35	1,7899	1	2	1
38	215	6,5	1,35	1,4	1,4841	1	1	1

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Manual

Nº parcela: 4

Pendiente: 23% Ms.n.m: 30 Exposición: Noroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 4. Datos parcela 4

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	175	3,5	0,85	0,85	0,5672	2	2	2
2	160	4,5	0,94	0,9	0,6644	3	2	3
3	130	3,2	0,6	0,7	0,3317	1	1	1
4	180	5,9	1,1	1,2	1,0382	1	3	2
5	200	6,7	1,26	1	1,0024	1	1	1
6	95	2,5	0,4	0,46	0,1451	3	2	3
7	200	5,6	1,35	1,1	1,1780	2	3	3
8	100	2,1	0,45	0,56	0,2002	3	1	2
9	195	4,8	1,1	1,05	0,9072	2	2	2
10	50	2,5	0,15	0,15	0,0177	1	2	1
11	110	3,2	0,5	0,56	0,2205	2	2	2
12	210	5,8	1,1	1,25	1,0838	3	3	3
13	125	3,5	0,47	0,67	0,2550	2	3	3
14	110	1,9	0,62	0,58	0,2826	1	2	1
15	140	3	0,6	0,67	0,3165	1	1	1
16	200	5,7	1,2	1,1	1,0382	2	1	1
17	200	5,8	1,18	1,2	1,1116	1	3	2
18	200	6,5	1,5	1,35	1,5940	1	2	1
19	160	4,5	0,94	0,9	0,6644	3	2	3
20	130	3,2	0,6	0,7	0,3317	1	1	1
21	180	5,9	1,1	1,2	1,0382	1	3	2
22	200	6,7	1,26	1	1,0024	1	1	1
23	95	2,5	0,4	0,46	0,1451	3	2	3
24	200	5,6	1,35	1,1	1,1780	2	3	3
25	100	2,1	0,45	0,56	0,2002	3	1	2
26	195	4,8	1,1	1,05	0,9072	2	2	2
27	50	2,5	0,15	0,15	0,0177	1	2	1
28	110	3,2	0,5	0,56	0,2205	2	2	2
29	210	5,8	1,1	1,25	1,0838	3	3	3
30	125	3,5	0,47	0,67	0,2550	2	3	3
31	110	1,9	0,62	0,58	0,2826	1	2	1
32	140	3	0,6	0,67	0,3165	1	1	1
33	200	5,7	1,2	1,1	1,0382	2	1	1
34	200	5,8	1,18	1,2	1,1116	1	3	2
35	200	6,5	1,5	1,35	1,5940	1	2	1

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Manual

Nº parcela: 5

Pendiente: 35% Ms.n.m: 20 Exposición: Suroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 5. Datos parcela 5

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	220	6,2	1,45	1,18	1,3574	2	3	3
2	200	5,4	0,9	0,8	0,5672	1	2	1
3	200	5,3	1,2	1,1	1,0382	1	3	2
4	195	5,4	1,25	1,27	1,2463	1	1	1
5	145	3,5	0,7	0,8	0,4416	2	1	1
6	50	2,2	0,4	0,45	0,1418	1	3	2
7	30	1,5	0,06	0,07	0,0033	3	3	3
8	150	3,2	0,74	0,65	0,3792	3	1	2
9	200	6	1,38	0,96	1,0746	1	3	2
10	80	2,1	0,5	0,44	0,1734	2	3	3
11	180	4,5	1,15	0,94	0,8572	2	2	2
12	185	4,8	1	0,88	0,6936	1	2	1
13	110	4,8	0,74	0,58	0,3419	2	3	3
14	140	3,2	0,88	0,8	0,5539	2	3	3
15	120	3,5	0,6	0,72	0,3419	2	2	2
16	175	7,2	1,56	1,2	1,4950	1	3	2
17	210	5,7	0,42	0,38	0,1256	1	1	1
18	200	5,6	0,46	0,42	0,1520	2	2	2
19	200	6	0,44	0,37	0,1288	1	1	1
20	210	6,5	0,44	0,49	0,1697	2	2	2
21	150	5,7	0,44	0,43	0,1485	3	1	2
22	170	4,5	0,5	0,74	0,3018	2	2	2
23	210	7	1,2	1,5	1,4307	2	3	3
24	150	4	0,85	0,64	0,4357	2	3	3
25	110	3,3	0,65	0,68	0,3471	2	3	3
26	80	2,2	0,35	0,4	0,1104	3	3	3
27	215	3,7	1,05	1,06	0,8737	1	2	1
28	150	4,5	0,9	0,93	0,6572	1	3	3
29	150	7	1,6	1,21	1,5496	1	1	1
30	50	2,2	0,3	0,4	0,0962	1	1	1
31	210	6,8	1,5	1,15	1,3782	1	1	1
32	140	4,3	0,8	1,04	0,6644	2	3	3
33	120	3,3	0,63	0,58	0,2873	2	3	3
34	215	6,1	1,45	1,2	1,3782	2	1	1
35	140	3,8	0,9	0,8	0,5672	3	2	3

### **Anexo 3**

**Datos origen por parcela rodal con Excavadora**

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Excavadora

Nº parcela: 1

Pendiente: 18% Ms.n.m: 64 Exposición: Suroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 1. Datos parcela 1

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	97	2,5	0,41	0,49	0,1590	2	3	3
2	98	3,7	0,48	0,86	0,3524	2	2	2
3	103	3,2	0,62	0,66	0,3215	1	3	2
4	111	4	0,7	0,76	0,4183	2	2	2
5	127	4,4	0,84	0,82	0,5408	1	3	2
6	142	5,2	0,98	0,9	0,6936	1	3	2
7	153	4,1	0,92	0,78	0,5672	1	2	1
8	166	4,5	1,02	0,93	0,7462	1	3	2
9	159	4,2	0,88	0,77	0,5343	1	2	1
10	121	4,6	0,93	0,98	0,7159	1	1	1
11	162	4,5	0,98	0,83	0,6429	1	3	2
12	130	4,1	0,7	0,66	0,3630	1	3	2
13	151	4	0,74	0,83	0,4837	1	2	1
14	170	5,1	1,15	1,26	1,1398	1	2	1
15	123	5,1	1,13	1,15	1,0202	1	2	1
16	115	4,5	0,92	0,85	0,6148	1	2	1
17	131	4,5	1,02	0,93	0,7462	1	1	1
18	105	4	0,88	0,94	0,6501	1	3	2
19	120	4,1	0,9	0,98	0,6936	1	3	2
20	106	5,1	0,51	0,69	0,2826	2	3	3
21	150	4,1	0,83	0,94	0,6148	1	2	1
22	94	3,5	1,1	1,1	0,9499	3	3	3
23	136	4,7	1,14	1,03	0,9241	1	3	2
24	147	5,1	0,8	0,78	0,4899	1	3	2
25	102	4	0,68	0,72	0,3847	1	1	1
26	95	3,2	0,92	0,88	0,6359	2	3	3
27	117	4,5	0,76	0,76	0,4534	1	2	1
28	115	3,3	1	1,03	0,8087	1	1	1
29	168	4,9	0,6	0,58	0,2733	1	3	2
30	105	3,3	0,82	0,86	0,5539	1	2	1
31	133	4,1	0,93	0,9	0,6572	1	3	2
32	100	4,1	0,88	0,8	0,5539	1	1	1
33	114	4,1	0,9	0,75	0,5343	1	2	1

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Excavadora

Nº parcela: 2

Pendiente: 11,5% Ms.n.m: 69 Exposición: Suroeste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 2. Datos parcela 2

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	179	5,3	1,14	1,26	1,1304	1	2	1
2	127	3,8	0,93	0,85	0,6218	1	3	2
3	145	4	0,98	0,94	0,7235	2	3	3
4	120	4,3	0,95	0,88	0,6572	1	2	1
5	184	5,9	1,3	1,42	1,4519	1	3	2
6	140	4,8	1,08	1,15	0,9759	1	1	1
7	193	5,4	1,14	0,93	0,8409	1	3	2
8	163	4,8	0,83	0,85	0,5539	1	2	1
9	100	3	0,58	0,54	0,2462	1	2	1
10	181	5,7	1,02	1,05	0,8409	1	3	2
11	85	2,1	0,4	0,48	0,1520	3	3	3
12	97	3,4	0,8	0,74	0,4654	1	2	1
13	165	5,5	0,83	0,74	0,4837	2	3	3
14	115	3,8	0,82	0,88	0,5672	1	3	2
15	134	4,4	1,1	1,12	0,9672	1	3	2
16	112	4,5	0,77	0,8	0,4837	1	1	1
17	215	5,6	1,22	1,03	0,9935	1	2	1
18	137	4,8	0,84	0,7	0,4654	1	3	2
19	111	3,2	0,6	0,68	0,3215	2	3	3
20	204	5,3	1	0,94	0,7386	1	3	2
21	163	5,6	1,02	1,13	0,9072	1	2	1
22	150	4,5	0,88	0,83	0,5739	1	2	1
23	148	4,9	1,15	1,19	1,0746	1	3	2
24	138	4,5	0,82	0,93	0,6010	1	2	1
25	193	4,5	1,15	1,12	1,0113	1	2	1
26	153	5,4	1,18	1,04	0,9672	1	2	1
27	202	5,4	1,2	1,28	1,2070	1	3	2
28	207	6	1	1,25	0,9935	2	2	2
29	162	5,3	1,08	1,06	0,8987	1	2	1
30	135	4,1	0,9	1	0,7085	1	2	1
31	84	4,8	0,86	0,88	0,5942	1	3	2



Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Excavadora

Nº parcela: 3

Pendiente: 18% Ms.n.m: 58 Exposición: Sureste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 3. Datos parcela 3

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	145	3,5	0,62	0,58	0,2826	1	1	1
2	128	4	0,7	0,68	0,3737	1	3	2
3	125	3,2	0,8	0,58	0,3737	2	3	3
4	155	4,5	0,57	0,63	0,2826	1	1	1
5	168	4,3	1	1,05	0,8247	2	3	3
6	165	5,4	1,28	1,37	0,3782	1	3	2
7	229	6	0,67	0,46	0,2506	3	2	3
8	150	3,5	0,7	0,64	0,3524	1	2	1
9	126	4	0,78	0,67	0,4126	2	3	3
10	149	4,6	1,06	1,08	0,8987	1	3	2
11	155	5,1	1,18	1,04	0,9672	1	3	2
12	145	4,9	0,98	0,95	0,7310	1	3	2
13	225	4,9	0,94	1,1	0,8167	1	3	2
14	140	4,8	0,95	0,9	0,6717	1	1	1
15	183	4	0,57	0,59	0,2641	2	2	2
16	105	2,5	0,5	0,52	0,2042	2	1	1
17	142	4,5	0,78	0,72	0,4416	1	1	1
18	168	5,7	1,19	1,3	1,2168	1	1	1
19	152	3,8	0,92	0,85	0,6148	1	2	1
20	183	5,4	1,12	1,02	0,8987	2	1	1
21	191	5,4	1,15	1,2	1,0838	2	3	3
22	153	4,8	0,92	1	0,7235	1	3	2
23	178	5,7	1,2	1,18	1,1116	1	3	2
24	187	4,9	1,05	1,08	0,8904	2	2	2
25	127	4,3	0,68	0,65	0,3471	1	3	2
26	122	4,9	1,14	1,12	1,0024	1	3	2
27	211	5,4	1,05	1,3	1,0838	1	1	1
28	137	4,5	0,9	0,58	0,4299	1	1	1
29	170	5,1	1,1	1,17	1,0113	1	1	1
30	202	5,4	1,3	1,18	1,2070	1	1	1
31	122	3,7	0,78	0,8	0,4899	1	3	2
32	190	4,3	0,86	0,93	0,6288	1	1	1
33	178	4	1	1,05	0,8247	1	3	2
34	110	3,4	0,73	0,66	0,3792	1	2	1

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Excavadora

Nº parcela: 4

Pendiente: 11% Ms.n.m: 56 Exposición: Sur

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 4. Datos parcela 4

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	245	5,4	1,2	1,28	1,2455	1	2	1
2	174	6	1,1	1,07	0,9536	1	3	2
3	186	4,6	0,82	0,9	0,5991	2	3	3
4	150	6	1,48	1,7	2,0478	1	3	2
5	226	5,6	1,5	1,6	1,9460	1	2	1
6	145	3,9	1,3	1,88	2,0478	1	1	1
7	209	5,6	1,2	1,38	1,3479	1	2	1
8	208	5,9	1,6	1,65	2,1389	1	1	1
9	200	5,1	1,42	1,28	1,4762	1	3	2
10	179	4,8	1,25	1,28	1,2962	1	1	1
11	226	5	1,18	1,09	1,0435	1	2	1
12	135	4,3	1,08	0,9	0,7939	1	1	1
13	84	6	1,28	1,3	1,3479	1	2	1
14	108	3,5	0,8	0,78	0,5055	1	2	1
15	179	5,3	1,1	1,23	1,0994	1	3	2
16	140	5,4	1,07	1	0,8677	1	3	2
17	152	5	0,94	1	0,7621	1	3	2
18	165	5,3	1,2	1,3	1,2656	1	1	1
19	192	5,1	1,3	1,1	1,1654	1	3	2
20	140	4	1,08	0,9	0,7939	1	2	1
21	165	4,3	0,63	0,76	0,3913	1	3	2
22	142	4,5	1	0,85	0,6931	1	1	1
23	135	4,3	0,97	1,08	0,8510	1	3	2
24	127	5,1	1,13	1,22	1,1183	2	3	3
25	175	4,9	1,09	1,03	0,9101	1	3	2
26	181	4,5	0,9	0,83	0,6061	1	2	1
27	110	4,1	1,04	0,8	0,6856	2	2	2
28	120	1,9	0,7	0,6	0,3422	2	2	2
29	224	5	1,37	1,3	1,4436	1	2	1
30	115	6,4	1,58	1,6	2,0478	1	3	2
31	183	4,9	1,08	1	0,8761	2	1	1
32	221	5,7	1,3	1,28	1,3479	1	3	2
33	224	5,8	1,32	1,26	1,3479	1	3	2
34	216	5,6	1,08	1	0,8761	1	1	1

Fecha: 23 de Mayo del 2006

Situación: Excavadora

Nº parcela: 5

Pendiente: 6% Ms.n.m: 48 Exposición: Sureste

Superficie: 300 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m)

Cuadro 5. Datos parcela 5

Nº arb	Altura (cm)	DAC (cm)	eje x (m)	eje y (m)	AC (m <sup>2</sup> )	Sanidad	Forma	Calidad
1	181	4,1	0,85	0,83	0,5539	1	3	2
2	242	5,6	1,4	1,1	1,2266	1	3	2
3	150	3,8	0,9	0,83	0,5874	1	2	2
4	197	3,8	0,98	1,1	0,8491	1	1	1
5	262	4	0,98	1,06	0,8167	1	1	1
6	165	3,8	0,9	0,8	0,5672	1	1	1
7	180	4,5	0,78	0,73	0,4475	1	1	1
8	210	4	0,8	0,76	0,4776	1	1	1
9	110	2,2	0,5	0,56	0,2205	1	3	2
10	174	4,5	1,18	1,2	1,1116	1	1	1
11	205	5,7	1,36	1,18	1,2661	2	3	3
12	179	3,8	0,99	1,05	0,8167	1	1	1
13	160	4,4	0,95	0,88	0,6572	1	1	1
14	170	4,1	0,74	0,98	0,5806	1	2	1
15	121	3,8	0,77	0,85	0,5150	2	1	1
16	203	5,3	1,42	1,28	1,4307	1	3	2
17	175	3,9	0,1	0,83	0,1697	1	2	1
18	235	4,5	0,87	0,9	0,6148	1	2	1
19	170	4,4	0,98	1	0,7694	1	2	1
20	212	4,1	1,1	1,1	0,9499	1	2	1
21	188	4,1	1,2	1,05	0,9935	1	3	2
22	184	4,1	1,1	1,18	1,0202	1	3	2
23	202	4,1	1,1	1	0,8655	2	3	3
24	170	3,8	0,78	0,86	0,5278	1	2	1
25	133	3,5	0,86	0,93	0,6288	1	3	2
26	235	4,9	1,4	1,38	1,5167	1	1	1
27	155	3,8	0,89	0,8	0,5605	2	1	1
28	170	4	1,06	1,12	0,9327	1	2	1
29	183	3,8	0,88	0,99	0,6863	2	3	3
30	202	3,2	0,8	0,77	0,4837	3	2	3
31	129	4,5	1,06	1,1	0,9156	2	3	3
32	176	3,2	0,84	0,82	0,5408	1	3	2
33	184	3,2	0,84	0,84	0,5539	1	3	2

## **Anexo 4**

### **Resultados biomasa aérea y radicular rodal con cultivo manual**

Cuadro 1. Formulario biomasa aérea

Nº de árbol: 1

DAC (cm): 3

Situación: Cultivo manual

Componentes	Peso seco gr.
Ramas	144,41
Acículas	260,71
Fuste	288,93
<b>Total</b>	<b>694,05</b>

Componente	Peso seco gr.
Rodela 1/3	0,22
Rodela 2/3	1,67
Rodela 3/3	5,28

Componente	Peso seco gr.
Corteza 2/3	0,1
Corteza 3/3	0,36
Corteza 3/3	0,72

Componente	Peso seco gr.
Madera 1/1	0,12
Madera 2/3	1,31
Madera 3/3	4,56

Cuadro 2. Formulario biomasa radicular

Nº árbol: 1

DAC (cm): 3

Situación: Cultivo manual

Raíces finas gr. ( $\leq 2$ mm.)	Raíces gruesas gr. ( $>2$ mm.)	Total (gr.)
11,36	202,2	<b>213,56</b>

Raíz principal (*)	Densidad radicular (**)	Forma de la raíz (**)
Ausencia	baja - media	No aceptable

(\*): Presencia o ausencia de la raíz principal

(\*\*): De acuerdo a la pauta de evaluación sugerida en la metodología

Cuadro 3. Formulario biomasa aérea

Nº de árbol: 2

DAC (cm): 4

Situación: Cultivo manual

Componentes	Peso seco gr.
Ramas	159,66
Acículas	256,15
Fuste	258,1
<b>Total</b>	<b>673,91</b>

Componente	Peso seco gr.
Rodela 1/3	0,23
Rodela 2/3	1,39
Rodela 3/3	3,59

Componente	Peso seco gr.
Corteza 2/3	0,06
Corteza 3/3	0,34
Corteza 3/3	0,53

Componente	Peso seco gr.
Madera 1/1	0,17
Madera 2/3	1,05
Madera 3/3	3,06

Cuadro 4. Formulario biomasa radicular

Nº árbol: 2

DAC (cm): 4

Situación: Cultivo manual

Raíces finas gr. ( $\leq 2$ mm.)	Raíces gruesas gr. ( $>2$ mm.)	Total (gr.)
5,29	116,72	<b>122,01</b>

Raíz principal (*)	Densidad radicular (**)	Forma de la raíz (**)
Ausencia	baja - media	No aceptable

(\*): Presencia o ausencia de la raíz principal

(\*\*): De acuerdo a la pauta de evaluación sugerida en la metodología

Cuadro 5. Formulario biomasa aérea

Nº de árbol: 3

DAC (cm): 5

Situación: Cultivo manual

Componentes	Peso seco gr.
Ramas	273,02
Acículas	379,1
Fuste	405,97
<b>Total</b>	<b>1.058,09</b>

Componente	Peso seco gr.
Rodela 1/3	0,38
Rodela 2/3	2,37
Rodela 3/3	8,83

Componente	Peso seco gr.
Corteza 2/3	0,16
Corteza 3/3	0,41
Corteza 3/3	0,98

Componente	Peso seco gr.
Madera 1/1	0,22
Madera 2/3	1,96
Madera 3/3	7,85

Cuadro 6. Formulario biomasa radicular

Nº árbol: 3

DAC (cm): 5

Situación: Cultivo manual

Raíces finas gr. ( $\leq 2$ mm.)	Raíces gruesas gr. ( $>2$ mm.)	Total (gr.)
6,3	228,03	<b>234,33</b>

Raíz principal (*)	Densidad radicular (**)	Forma de la raíz (**)
Ausencia	baja - media	No aceptable

(\*): Presencia o ausencia de la raíz principal

(\*\*): De acuerdo a la pauta de evaluación sugerida en la metodología

## **Anexo 5**

### **Resultados biomasa aérea y radicular rodal con excavadora**



Cuadro 1. Formulario biomasa aérea

Nº de árbol: 1

DAC (cm): 3

Situación: Excavadora

Componentes	Peso seco gr.
Ramas	131,77
Acículas	272,03
Fuste	233,44
<b>Total</b>	<b>637,24</b>

Componente	Peso seco gr.
Rodela 1/3	0,57
Rodela 2/3	2,11
Rodela 3/3	4,84

Componente	Peso seco gr.
Corteza 2/3	0,19
Corteza 3/3	0,47
Corteza 3/3	0,74

Componente	Peso seco gr.
Madera 1/1	0,38
Madera 2/3	1,64
Madera 3/3	4,1

Cuadro 2. Formulario biomasa radicular

Nº árbol: 1

DAC (cm): 3

Situación: Excavadora

Raíces finas gr. ( $\leq 2$ mm.)	Raíces gruesas gr. ( $>2$ mm.)	Total (gr.)
11,03	107,22	<b>118,25</b>

Raíz principal (*)	Densidad radicular (**)	Forma de la raíz (**)
Ausencia	baja - media	No aceptable

(\*): Presencia o ausencia de la raíz principal

(\*\*): De acuerdo a la pauta de evaluación sugerida en la metodología

Cuadro 3. Formulario biomasa aérea

Nº de árbol: 2

DAC (cm): 4

Situación: Excavadora

Componentes	Peso seco gr.
Ramas	131,77
Acículas	272,03
Fuste	233,44
<b>Total</b>	<b>637,24</b>

Componente	Peso seco gr.
Rodela 1/3	0,7
Rodela 2/3	4,19
Rodela 3/3	5,97

Componente	Peso seco gr.
Corteza 2/3	0,2
Corteza 3/3	0,75
Corteza 3/3	0,72

Componente	Peso seco gr.
Madera 1/1	0,5
Madera 2/3	3,44
Madera 3/3	5,19

Cuadro 4. Formulario biomasa radicular

Nº árbol: 2

DAC (cm): 4

Situación: Excavadora

Raíces finas gr. ( $\leq 2$ mm.)	Raíces gruesas gr. ( $>2$ mm.)	Total (gr.)
14,92	155,25	<b>170,17</b>

Raíz principal (*)	Densidad radicular (**)	Forma de la raíz (**)
Ausencia	baja - media	No aceptable

(\*): Presencia o ausencia de la raíz principal

(\*\*): De acuerdo a la pauta de evaluación sugerida en la metodología

Cuadro 5. Formulario biomasa aérea

Nº de árbol: 3

DAC (cm): 5

Situación: Excavadora

Componentes	Peso seco gr.
Ramas	302,87
Acículas	579,68
Fuste	507,73
<b>Total</b>	<b>1.390,28</b>

Componente	Peso seco gr.
Rodela 1/3	0,74
Rodela 2/3	6,24
Rodela 3/3	8,75

Componente	Peso seco gr.
Corteza 2/3	0,21
Corteza 3/3	0,93
Corteza 3/3	1,27

Componente	Peso seco gr.
Madera 1/1	0,53
Madera 2/3	5,31
Madera 3/3	7,48

Cuadro 6. Formulario biomasa radicular

Nº árbol: 3

DAC (cm): 5

Situación: Excavadora

Raíces finas gr. ( $\leq 2$ mm.)	Raíces gruesas gr. ( $>2$ mm.)	Total (gr.)
19,63	193,02	<b>212,65</b>

Raíz principal (*)	Densidad radicular (**)	Forma de la raíz (**)
Ausencia	baja - media	No aceptable

(\*): Presencia o ausencia de la raíz principal

(\*\*): De acuerdo a la pauta de evaluación sugerida en la metodología

## **Anexo 6**

### **Tablas de rodal**

Cuadro 1. Tabla de rodal cultivo manual

Clase diamétrica DAC (cm)	Marca clase	N (arb/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)
[1,5 - 2,0]	1,75	56	0,0134
]2,0 - 2,5]	2,25	133	0,0530
]2,5 - 3,0]	2,75	11	0,0066
]3,0 - 3,5]	3,25	178	0,1474
]3,5 - 4,0]	3,75	89	0,0981
]4,0 - 4,5]	4,25	89	0,1260
]4,5 - 5,0]	4,75	78	0,1378
]5,0 - 5,5]	5,25	111	0,2404
]5,5- 6,0]	5,75	200	0,5191
]6,0 - 6,5]	6,25	133	0,4089
]6,5 - 7,0]	6,75	167	0,5961
]7,0 - 7,5]	7,25	33	0,1375
]7,5 - 8,0]	7,75	11	0,0524
Total		1.289	2,5366

Cuadro 2. Tabla de rodal excavadora

Clase diamétrica DAC (cm)	Marca clase	N (arb/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)
[1,5 - 2,0]	1,75	7	0,0016
]2,0 - 2,5]	2,25	26	0,0105
]2,5 - 3,0]	2,75	7	0,0039
]3,0 - 3,5]	3,25	107	0,0884
]3,5 - 4,0]	3,75	187	0,2062
]4,0 - 4,5]	4,25	300	0,4254
]4,5 - 5,0]	4,75	153	0,2713
]5,0 - 5,5]	5,25	187	0,4037
]5,5- 6,0]	5,75	127	0,3291
]6,0 - 6,5]	6,25	7	0,0202
Total		1.106	1,7604

## **Anexo 7**

**Datos metereológicos estación Cayumapu, Valdivia (X Región de Los Lagos)**

Fecha: septiembre 2004

Ms.n.m: 25

Lat: 39° 43' S Long: 73° 06' O

Temperatura (°C), precipitación (mm), Velocidad viento (km/h)

Cuadro 1. Datos metereológicos, septiembre 2004

Día	Temperatura media	Temperatura máx.	Temperatura mín.	Precipitaciones	Velocidad viento	Dirección
1	10,4	20,9	3,6	0,2	0,5	OSO
2	8,8	16,8	2,3	0,2	0,0	ESE
3	10,8	18,3	5,4	11,6	0,7	N
4	11,3	16,7	7,8	12,0	4,7	NO
5	8,7	13,5	6,1	37,2	1,4	ENE
6	7,5	12,9	2,7	4,8	4,6	OSO
7	6,0	15,4	0,6	2,6	0,6	SSE
8	6,9	16,8	1,7	0,2	0,4	ESE
9	7,8	18,1	-0,9	0,2	1,1	S
10	9,3	19,7	0,7	0,0	0,0	N
11	8,6	22,9	-1,3	0,2	0,3	ENE
12	11,4	23,7	2,1	0,0	0,0	N
13	10,5	17,6	5,6	1,2	3,7	OSO
14	10,4	20,0	1,7	0,0	1,4	S
15	10,5	22,5	0,2	0,0	0,1	NO
16	9,4	20,8	0,6	0,2	1,2	N
17	11,4	17,1	6,4	15,2	10,2	N
18	8,0	15,0	2,3	14,2	4,2	NO
19	6,3	16,4	0,0	0,2	0,5	NO
20	7,8	19,6	-2,2	0,2	1,0	S
21	8,4	17,2	1,2	1,6	0,6	ONO
22	9,8	16,3	5,6	1,4	0,9	OSO
23	10,0	14,7	5,5	6,6	0,6	NO
24	13,6	21,5	7,8	0,6	1,2	PSO
25	12,4	17,9	7,6	0,8	0,1	ONO
26	14,2	22,2	10,0	2,0	0,4	ONO
27	13,8	20,8	8,7	2,2	3,2	OSO
28	12,1	22,4	2,2	0,0	1,1	S
29	10,6	21,3	2,6	0,0	1,2	OSO
30	12,5	21,3	7,2	0,4	1,6	NO
	<b>10,0</b>	<b>23,7</b>	<b>-2,2</b>	<b>116,0</b>	<b>48,3</b>	<b>NO</b>