



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Análisis de crecimiento de dos
familias clonales de *Pinus radiata* (D. Don) en
un ensayo establecido a diferentes
espaciamientos.**

Patrocinante: Sra. Alicia Ortega Z.

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

FRANCISCO ALEJANDRO NÚÑEZ CONTRERAS

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sra. Alicia Ortega Z.	6,4
Informante 1:	Sr. Gonzalo Paredes V.	6,0
Informante 2:	Sr. Víctor Sandoval V.	6,0

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.

Sra. Alicia Ortega Z.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por todo el apoyo y confianza que siempre me han brindado no solo a lo largo de mis estudios sino en todo momento. Agradezco también a mi profesora patrocinante Sra. Alicia Ortega por toda su valiosa ayuda a lo largo de toda mi formación profesional.

Como olvidar a mis grandes amigos y compañeros de tan hermosas vivencias: Chico Sando, Vitoko, Kakaroto, a mi primo Sebastián y en forma muy especial a José el cual yo sé está muy contento por este logro.

También agradezco a todas las personas que me acogieron de excelente forma en Valdivia, a Verdifrut, Sra. Cristina y Don Carlos, por nombrar algunos.

Finalmente agradezco a Mabelita por todo su amor, cariño y confianza, durante todos estos años.

*A mis padres Jorge Y Marta
A mis hermanos Jorge y Natalia
Y a mi gran amigo José.*

INDICE DE MATERIAS

Página

1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO TEÓRICO	2
2.1	2.1 Generalidades sobre crecimiento y volumen	2
2.1.1	<i>Crecimiento</i>	2
2.1.2	<i>Funciones de volumen</i>	2
2.2	Algunas consideraciones sobre espaciamiento inicial	3
2.3	Síntesis sobre el programa de mejoramiento genético de <i>Pinus radiata</i> en Chile	4
2.4	Generalidades sobre los ensayos de genética forestal	4
3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	5
3.1	MATERIAL	5
3.1.1	<i>Localización e información general del ensayo analizado</i>	5
3.1.2	<i>Diseño</i>	6
3.1.3	<i>Tratamientos</i>	6
3.2	MÉTODO	8
3.2.1	<i>Análisis de la información</i>	8
3.2.2	<i>Variables seleccionadas para el análisis</i>	8
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1	Estadística descriptiva	11
4.2	Estimación de volumen	11
4.3	Análisis gráfico	12
4.4	Análisis de varianza (ANDEVA)	16
4.5	Diferencias de medias	18
4.6	Comparación volumétrica entre familias para diferentes densidades	22
5	CONCLUSIONES	23
6	BIBLIOGRAFÍA	24
	ANEXOS	
	1 Abstract and keywords	
	2 Estadísticas descriptivas para ambas familias	
	3 Diferencias medias para modelos de estimación de volumen	
	4 Volumen para ambas familias	
	5 Gráficos de distribución del área basal y DMC para ambas familias en la séptima medición	
	6 Análisis de varianza	
	7 Análisis de varianza para entre familias para área basal, DMC, Altura total y volumen	

INDICE DE CUADROS

INDICE DE CUADROS		Página
Cuadro 1	Localización e información general del ensayo	5
Cuadro 2	Año de cada medición y edad correspondiente	5
Cuadro 3	Resumen de espaciamientos y número de árboles utilizados en el estudio	7
Cuadro 4	Modelos estimadores de volumen	11
Cuadro 5	Significancia estadística de funciones de volumen	11
Cuadro 6	Nº de árboles/ha y su espaciamiento correspondiente	14
Cuadro 7	Probabilidades (valor P) para ambas familias	16
Cuadro 8	Agrupamiento según espaciamiento de área basal para ambas familias	19
Cuadro 9	Agrupamiento según espaciamiento de DMC para ambas familias	19
Cuadro 10	Agrupamiento según espaciamiento de volumen/ha para ambas familias	20
Cuadro 11	Agrupamiento según espaciamiento de volumen individual para ambas familias	20
Cuadro 12	Diferencia de volumen por hectárea entre bloques para ambas familias en la séptima medición.	24
Cuadro 13	Diferencia de volumen individual entre bloques para ambas familias en la séptima medición	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1	Diseño general del ensayo	7
Figura 2	Comportamiento del DAC para ambas familias	12
Figura 3	Comportamiento de la Altura total para ambas familias	13
Figura 4	Comportamiento del DAP para ambas familias	14
Figura 5	Comportamiento en volumen/ha para ambas familias	15
Figura 6	Comportamiento en volumen individual para ambas familias	15
Figura 7	Comportamiento del volumen en orden ascendente de ambas familias a diferentes densidades	22

RESUMEN EJECUTIVO

En el fundo Escuadrón perteneciente a Forestal Mininco (VIII Región), se realizó un estudio de un ensayo combinado de genética-espaciamento inicial de dos familias clonales de *Pinus radiata* de siete años de edad, instalados en el año 1994.

El estudio tuvo como objetivo analizar y comparar el crecimiento en volumen de dichas familias provenientes de los clones 23 y 40, las cuales poseen una ganancia genética en volumen de 23% y 10% respectivamente.

Los resultados permitieron establecer que la altura total, diámetro medio cuadrático y área basal presentan tendencias de crecimiento similares a las mostradas por el volumen, ya que estas variables están directamente relacionadas en la estimación de éste último.

Así también se pudo establecer que el espaciamento en una plantación afecta en forma significativa el crecimiento en área basal, diámetro medio cuadrático y volumen, sin importar si dicho espaciamento está entre hileras o entre árboles sobre la hilera.

A nivel de hectárea el volumen presenta mayores valores en los menores espaciamentos (150 m³/ha), en cambio a nivel individual los mayores volúmenes se presenta en los mayores espaciamentos (0.066 m³), lo que indica que a nivel hectárea influye directamente el número de árboles por sobre el tamaño individual de éstos.

Finalmente, las ganancias genéticas en volumen establecidas para los clones 23 y 40 (23% y 10% respectivamente) no se presentan al establecer dicho material en forma operativa, es decir, no es posible demostrar fehacientemente que se manifiesten dichas ganancias, ya que no existen diferencias significativas en volumen entre ambas familias para las distintas densidades probadas.

Palabras claves: *Pinus radiata*, clones, ganancia genética.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile se han desarrollado diversos programas de mejoramiento genético, con el fin de responder a las exigencias de los diferentes mercados de la madera y con ello mantener al rubro forestal dentro de las principales actividades económicas del país.

Dichos programas de mejoramiento genético poseen diversas etapas y ordenamientos temporales, pero que convergen en el objetivo de obtener una evolución positiva o ganancia cualitativa y cuantitativa de diferentes características o atributos de los árboles, como por ejemplo, diámetro, altura, diámetro de ramas, rectitud del fuste, volumen, etc.

Un ejemplo de ello son los programas de mejoramiento genético iniciados comúnmente por la selección de árboles plus, pasando por diversas etapas que permiten depurar el material original, dando pie a la propagación del mismo y de este modo poder realizar pruebas que permiten efectuar una jerarquización de la calidad del material genético mejorado (ranking) para finalmente probar en forma operativa los resultados del programa.

Es así como Fundación Chile junto con las empresas pertenecientes a la cooperativa sobre modelos de simulación de crecimiento de *Pinus radiata* han establecido un ensayo combinado de genética – espaciamiento inicial en el cual se desea conocer si las familias de dos clones con diferentes ganancias genéticas mantienen dicho comportamiento al ser establecidas a diversos espaciamientos iniciales y que a su vez permite establecer como objetivo general analizar el comportamiento en crecimiento de dos familias clonales de *Pinus radiata* que poseen algún grado de mejoramiento genético, establecidos en un ensayo que presenta diferentes espaciamientos iniciales y con ello determinar si las ganancias genéticas iniciales se manifiestan a diferentes densidades o espaciamientos.

Para ello es necesario desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- Describir y analizar las características de crecimiento y desarrollo en base a las variables dasométricas más usuales: DAP, altura, área basal y volumen.
- Determinar las diferencias en crecimiento existentes dentro de cada familia como entre familias para los diferentes espaciamientos.
- Determinar si las diferencias mostradas por el material genético se manifiestan efectivamente, en cuanto a volumen, para las diferentes densidades establecidas en el ensayo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades sobre crecimiento y volumen

2.1.1 Crecimiento

El crecimiento es el fenómeno biológico de aumento de tamaño en el tiempo, involucrando formación, diferenciación y expansión de nuevas células, tejidos u órganos, tomando para el caso de todos los seres vivos, una forma sigmoídea (Cabezas, 1997).

El crecimiento en el caso de los árboles puede estar influenciado por la especie, características genéticas, condiciones del sitio, espaciamiento inicial, etc. lo cual es necesario considerar en estudios de crecimiento. Es posible diferenciar tres etapas en el crecimiento acumulado: un estadio juvenil donde el crecimiento es primero lento y luego acelerante, un estadio de madurez con un crecimiento constante y un estadio de senescencia con un crecimiento desacelerante para llegar a una asíntota (Cabezas, 1997).

2.1.2 Funciones de volumen

La expresión básica para la cuantificación de madera más empleada en la actualidad es el volumen de madera, hasta un diámetro superior, que corresponde al diámetro límite de comercialización o el índice de utilización.

El volumen sólido de un árbol, se refiere al volumen de madera total que éste implica y que generalmente se expresa en metros cúbicos (m^3), mientras que el volumen aserrable corresponde al volumen de madera aserrada que se puede obtener de un árbol o rodal. Para determinar el volumen de un rodal se puede medir directamente cada árbol y sumar estos valores, procedimiento impracticable en rodales extensos (Husch et al, 1972; Cailliez, 1980) citados por Lobos, 1994.

Según Daniel *et al.*, 1982 el volumen total es una expresión válida para expresar el crecimiento del árbol. No así el volumen aserrable, debido a que es afectado por los supuestos de utilización que invalidan las tendencias de crecimiento.

El volumen de los árboles individuales es obtenido por ecuaciones de volumen o visto desde tablas de volumen. Se distinguen dos tipos de funciones de volumen; las que dependen solo del diámetro, funciones locales y las que dependen del diámetro y de otro parámetro que generalmente corresponde a la altura, funciones generales (Cabezas, 1997).

Por otro lado existen ventajas definitivas en el uso del crecimiento en área basal ya que se obtiene sólo por medición directa del diámetro. En cambio, el volumen incorpora además los errores de obtención de altura y a veces forma (Prodan *et al*, 1997).

Otros autores (citados por Lobos, 1994) prefieren el uso del área basal sobre el volumen, toda vez que el área basal es una medida directa y, por lo tanto, presentaría menos errores que el volumen, ya que éste se estima a partir del diámetro, la altura y eventualmente la forma, incorporando así errores en tres mediciones.

Hush *et al.*, 1972 señalan que la determinación del crecimiento en área basal y volumen son los de mayor interés.

2.2 Algunas consideraciones sobre espaciamiento inicial

El espaciamiento de una plantación afecta las opciones de manejo y al producto final en cualquier rotación. La producción de trozas aserrables, pulpables o como material para bioenergía, por ejemplo, pueden ser optimizados de acuerdo a diferentes espaciamientos iniciales en función a los diferentes requerimientos del producto final. La selección del espaciamiento inicial afecta la ocupación del sitio, el tamaño medio del rodal y la calidad de la madera, todos ellos componentes claves en la economía de la plantación (Pinkard, E. A y Neilsen, W. A, 2003)

Los estudios de respuestas al espaciamiento inicial se han centrado generalmente en el crecimiento en altura, diámetro y volumen. Estos factores son importantes en la determinación del volumen, tamaño de trozas, el volumen de extracción de los raleos y la oportunidad de estos últimos.

La mayoría de los estudios de espaciamiento han concluido que la producción total de madera aumenta a medida que aumenta la densidad del rodal (Niemistö, 1995; Bernardo *et al.*, 1998; Neilsen y Gerrand, 1999) citados por Pinkard, E. A y Neilsen, W. A, 2003, aunque según Smith *et al.*, 1997, citados por el mismo autor a densidades muy altas la producción de madera podría decrecer.

Según un estudio de procedencias realizados por Raebild *et al.*, 2002 en que se prueba material con algún grado de mejoramiento genético, es válido para la mayoría de los análisis usar los valores medios por parcela, esto es porque, el crecimiento de árboles independientes en la parcela no pueden ser analizados como observaciones independientes a menos que el ensayo se haya establecido con parcelas de árbol independiente (un árbol una parcela). Es un error común utilizar datos de árbol independiente cuando pueden ser aplicados los datos promedios.

Adicionalmente en ensayos con parcelas de árboles múltiples debería tratarse de eliminar el efecto borde.

2.3 Síntesis sobre el programa de mejoramiento genético de *Pinus radiata* en Chile

En Chile el programa de mejoramiento genético de *P. radiata* y otras especies ha sido dirigido por la Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal (CMGF), formada en 1976 por la asociación de la Universidad Austral de Chile (UACH), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), y varias empresas forestales (actualmente también la integra el Instituto Forestal – INFOR) (Varhola, 2001)

Las etapas propuestas inicialmente para poner en marcha el programa de mejoramiento genético para *P. radiata* fueron:

- 1) Selección de árboles semilleros.
- 2) Creación de áreas productoras de semilla.
- 3) selección de árboles plus para formación de huertos semilleros de semillas y clonales.
- 4) Establecimiento de ensayos de progenie.
- 5) Fases avanzadas (huertos semilleros de segunda y tercera generación) (Delmastro, 1976).

El programa ha cumplido hasta el año 2001 las primeras cuatro etapas, además de realizar cruces controladas de población elite y propagación vegetativa de familias de hermanos completos (con fines operacionales) (Varhola, 2001)

Hasta el 2001 la CMGF cuenta con una población base de 703 árboles plus de *P. radiata* evaluados a través de de 115 ensayos de progenie repartidos en nueve zonas de crecimiento identificadas en Chile para la especie (Pérez *et al.*, 1999; Droppelmann *et al.*, 1999 citados por Varhola, 2001).

2.4 Generalidades sobre los ensayos de genética forestal

En los ensayos genéticos forestales, uno de los objetivos fundamentales del diseño experimental es posibilitar la evaluación de las diferencias genéticas reales entre familias (Balocchi y De Veer, 1994).

Por otro lado el diseño de los ensayos genéticos en el área forestal normalmente es complicado debido a que se desean lograr varios objetivos en forma simultánea. Los objetivos más comunes para los ensayos genéticos son los siguientes (Bridwater *et al.*, 1983) citados por (Balocchi y De Veer, 1994) :

- 1) Ensayos de progenie: evaluación del valor genético de los padres.
- 2) Estimación de parámetros genéticos.
- 3) Producción de una población base.
- 4) Estimación de ganancia genética.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 MATERIAL

3.1.1 Localización e información general del ensayo analizado

El resumen del ensayo utilizado en este estudio en cuanto a su localización en coordenadas U.T.M. y huso, además de información acerca del nombre, año de instalación y periodo de tiempo en que se han realizado las mediciones se entrega en el cuadro 1.

Cuadro 1. Localización e información general del ensayo.

Empresa	Nombre ensayo	Año instalación	Nº Sub-ensayos	Nº mediciones	UTM latitud	UTM longitud	Huso
F. Mininco	Escuadrón	1994	6	7	5.912.969	667.117	18

El ensayo está constituido por dos familias provenientes del clon 23 y 40, en donde el clon 23 posee un 23% de ganancia genética en volumen por sobre un 10% del clon 40¹. Dichas familias poseen un total de tres repeticiones o bloques cada una, resultando así un total de seis subensayos.

Los subensayos poseen diferente número de mediciones, los cuales se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Año de cada medición y edad correspondiente.

Medición	Año	Edad
1	1994	1
2	1995	2
3	1996	3
4	1997	4
5	1998	5
6	1999	6
7	2000	7

Para ambas familias, en las cuatro primeras mediciones se registraron solamente el DAC y la altura total, y es a partir de la quinta medición donde se comenzó a registrar la variable DAP. Además la altura total se midió para todos los árboles por parcela solamente hasta la quinta medición.

¹ Comunicación personal con Juan Guillermo Arntz, Forestal Mininco

3.1.2 Diseño

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar en que el espaciamiento o densidad de la plantación y las familias clonales se consideran como tratamientos.

Se distribuyeron 16 parcelas al azar en tres bloques, o repeticiones, por tratamiento.

Los tratamientos están definidos por la distancia entre hileras, sobre la hilera. Además cada bloque cuenta con dos familias mejoradas genéticamente (familia clon 23 y familia clon 40).

3.1.3 Tratamientos

Los tratamientos se distribuyen al interior de cada bloque de manera aleatoria. Los niveles considerados para los factores definidos son:

- Factor espaciamiento (distancia entre hileras): 2, 3, 4 y 6 metros
- Factor espaciamiento (distancia entre árboles sobre la hilera): 2, 3, 4 y 6 metros

Estos niveles se combinan generando 16 posibles espaciamientos.

Como material genético se emplearon las familias de los clones 23 y 40 (factor de comparación de diferencias entre familias), repitiendo en cada uno los 16 espaciamientos definidos, obteniendo 32 tratamientos en un total de 96 parcelas.

Cuadro 3. Resumen de espaciamientos y número de árboles utilizados en el estudio.

Espaciamiento (metros)	Número parcelas	Número de árboles/há	Número de árboles/parcela
2x2	1	2.500	49
2x3	1	1.667	49
2x4	1	1.250	49
2x6	1	833	49
3x2	1	1.667	49
3x3	1	1.111	49
3x4	1	833	49
3x6	1	556	49
4x2	1	1.250	49
4x3	1	833	49
4x4	1	625	49
4x6	1	417	49
6x2	1	833	49
6x3	1	556	49
6x4	1	417	49
6x6	1	278	49

Para los resultados se utilizó la sobrevivencia de árboles de cada parcela, es decir, se descuenta la mortalidad.



Figura 1. Diseño general del ensayo.

No se contemplan intervenciones adicionales (tratamientos) que afecten a los árboles, por lo menos hasta que comience la competencia. Esto no implica que dejen de realizarse otras prácticas culturales usuales, como lo son la aplicación de herbicidas y el control de agentes patógenos.

3.2 MÉTODO

3.2.1 Análisis de la información

El análisis de la información se centró en revisar las principales variables que permiten describir el crecimiento en volumen, junto con detectar las diferencias existentes entre las familias de ambos clones para los diferentes espaciamientos y finalmente conocer si existen diferencias volumétricas entre familias para los espaciamientos establecidos en el ensayo.

3.2.2 Variables seleccionadas para el análisis

Las variables seleccionadas para el análisis por familia y espaciamiento corresponden a DAC (diámetro a la altura de cuello), diámetro a la altura del pecho (1,3 m de altura desde el suelo) o DAP, junto a altura total de los individuos medidos directamente o a través de la generación de alturas faltantes, área basal, diámetro medio cuadrático (DMC) y volumen.

- Estadística descriptiva

Se realizó una distribución de frecuencias para la variable DAC para cada bloque de las primeras cuatro mediciones, para la variable DAP desde la quinta medición y finalmente para todas las mediciones de altura total.

Además se realizó una estadística descriptiva: media aritmética y desviación estándar de las variables ya mencionadas, con la finalidad de describir y detectar la existencia de valores anómalos.

- Estimación de volumen y de altura total

La estimación de alturas totales se realizó mediante una proyección de crecimiento, a través del *software* de simulación Radiata plus 5.0, en donde se utilizó como edad inicial de simulación la quinta medición, proyectándola hasta la medición número nueve.

Para la estimación de volumen se utilizó el software estadístico SYSTAT 8.0 donde se probarán modelos adecuados para la especie y que estén en función de los atributos registrados como el DAP y la altura total, definiéndose el modelo general como:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = f(\text{DAP, altura})$$

- Gráfica

Se realizó un análisis gráfico que permita conocer las distribuciones entre las variables DAC (diámetro a la altura de cuello), DAP (diámetro a la altura del pecho), altura, DMC (diámetro medio cuadrático), área basal y volumen.

- Análisis de Varianza

Este análisis se realizó para el DMC, Altura total, área basal y volumen a través del software estadístico Info Stat/P versión 2005 y con ello identificar si existen diferencias significativas entre bloques, espaciamientos y familias en forma independiente, para la séptima medición, considerando un nivel de significancia de 95%.

El modelo a analizar será:

$$X_{jk} = \mu + E_j * B_k * F_i + \varepsilon$$

Donde:

X_{jk} : Variable del modelo

μ : Media muestral

E_j : Espaciamientos

B_k : Bloques

F_i : Familias

ε : Error

Para ello se probaron las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): no existen diferencias significativas entre bloques de cada familia.

Hipótesis alternativa (H1): al menos 1 bloque difiere significativamente de los demás.

Y para el caso de los tratamientos (familias y espaciamiento) se probarán las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): no existen diferencias significativas entre tratamientos (espaciamiento) de cada familia.

Hipótesis alternativa (H1): al menos 1 tratamiento difiere significativamente de los demás.

Hipótesis nula (H0): no existen diferencias significativas entre tratamientos (Familias) para los espaciamientos probados.

Para realizar una comparación de medias y así complementar y validar los análisis de varianza se utilizó el *test* de Tukey mediante el cual se identificaron las diferencias existentes entre los espaciamientos probados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estadística descriptiva

La estadística descriptiva para las variables DAC, DAP y Altura total la cuál se sintetiza en media aritmética y desviación estándar se encuentra en el anexo 1.

Además se realizó una depuración de la base de datos en que se pudo corroborar que no existen datos anómalos que pudieran afectar los análisis posteriores.

4.2 Estimación de volumen

Para la estimación de volumen se probaron los siguientes modelos (Cuadro 4)

Cuadro 4. Modelos estimadores de volumen (m^3).

Modelo	Fuente
(1) $b_0 + b_1 D^2 H + b_2 D^2$	(Prodan <i>et al</i> , 1997)
(2) $b_0 - b_1 H - b_2 D^2 + b_3 D^2 H$	(Peters <i>et al</i> , 1985)
(3) $-b_0 (D^{b_1}) H$	(Prodan <i>et al</i> , 1997)
(4) $b_0 + b_1 D + b_2 H$	(Prodan <i>et al</i> , 1997)

Donde:

D: DAP (cm)

H: Altura total (m)

La selección del modelo estimador de volumen se realizó mediante la significancia estadística que presente el modelo en base al error estándar de estimación (EEE) y coeficiente de determinación (R^2) (cuadro 5.)

Cuadro 5. Significancia estadística de funciones de volumen.

Modelo	Coefficiente de determinación	Error de Estimación (m^3)
1	99,94	0,00330
2	99,95	0,00326
3	99,97	0,04520
4	85,90	0,05230

Los tres primeros modelos presentan los mayores coeficientes de determinación y menor error, en comparación al modelo cuatro; además los modelos tres y cuatro presentaron resultados negativos en la estimación volumétrica.

En cuanto a los dos primeros modelos, se seleccionó el que presentara la menor diferencia promedio entre el volumen observado con el estimado, resultando así seleccionado el modelo dos (ver anexo 2).

Por lo tanto la estimación volumétrica se obtuvo a través del siguiente modelo:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.00160 - 0.00025 H - 0.00001 D^2 + 0.00004 D^2 H$$

Donde:

D: DAP (cm.)

H: Altura total (m.)

El resultado de la estimación volumétrica se resume en forma separada para el clon 23 y 40 tanto en sus bloques como en sus mediciones, cuyo detalle se entrega en anexo 3.

4.3 Análisis gráfico

La variable DAC (diámetro a la altura de cuello) se midió sólo en las primeras cuatro mediciones, la cual como es de esperar presenta un aumento gradual desde el momento de la instalación (año 1994) con valores bajo los 2 cm hasta alcanzar en la medición cuatro aproximadamente los 10 cm (figura 2).

También es posible observar que la familia del clon 40, a partir del tercer año, presenta una superioridad en las dimensiones de diámetro de cuello, lo que indica un mayor crecimiento a temprana edad del clon 40 pero dicha información por si sola no permite inferir un mayor crecimiento total de una familia sobre otra.

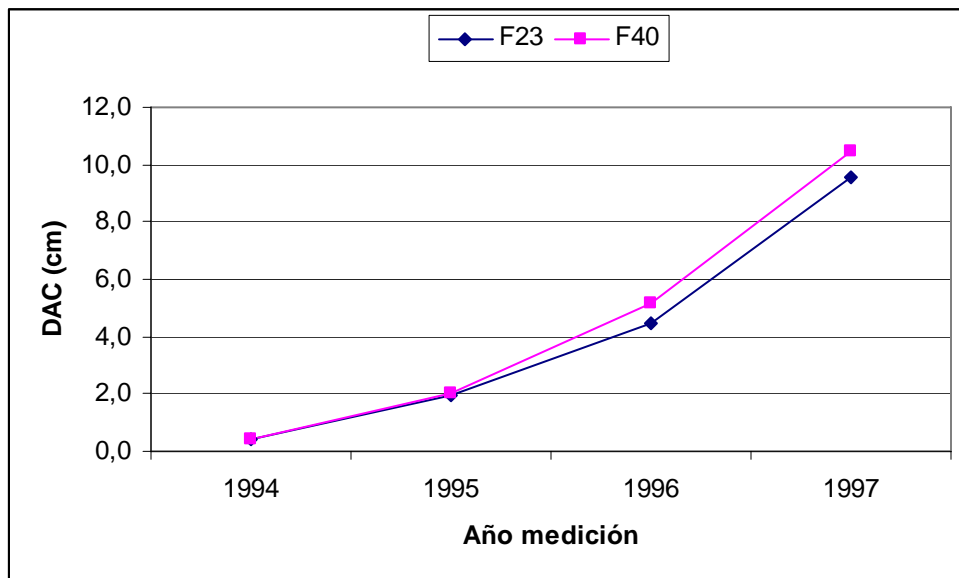


Figura 2. Comportamiento del DAC para ambas familias

En cuanto a la altura total (figura 3), que fue medida directamente para todos los individuos de cada parcela hasta la quinta medición, momento desde el cuál se realizó una estimación de altura totales mediante una proyección de crecimiento de dicho atributo.

La distribución de las alturas totales, como es de esperar, presentan un notorio aumento en función de la edad de los árboles, alcanzando así los 9,6 m a los 7 años desde su instalación.

Al comparar el crecimiento en altura es posible ver una superioridad de la familia del clon 40 a partir del año 1996 corroborando el comportamiento presentado por el DAC.

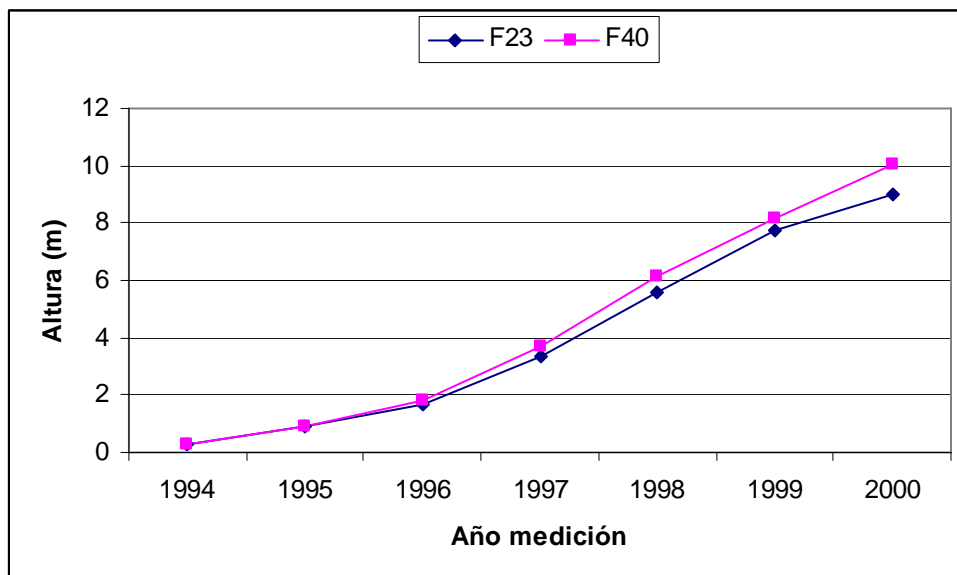


Figura 3. Comportamiento de la Altura total para ambas familias.

Con respecto al DAP (figura 4) éste fue registrado sólo a partir de la quinta (año 1998) hasta la séptima medición (año 2000) para las familias de ambos clones.

El comportamiento del diámetro a la altura del pecho (DAP) presenta igualmente un aumento gradual en sus dimensiones (cm) pero en forma menos marcada en comparación al DAC o la altura total, partiendo en la medición cinco con valores que superan los 10 cm hasta alcanzar los 17,3 cm. a la séptima medición.

A diferencia de la tendencia mostrada por el diámetro de cuello en que la familia del clon 40 mostraba mayores dimensiones que la familia del clon 23, el DAP presenta menores diferencias en las dimensiones de ambas familias, alcanzando una total igualdad al momento de la séptima medición.

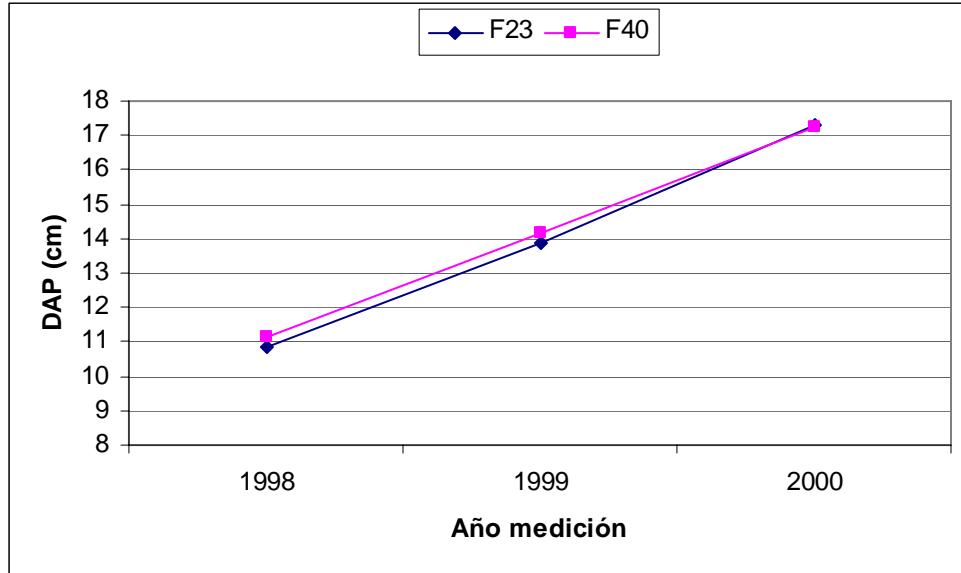


Figura 4. Comportamiento del DAP para ambas familias

Los espaciamientos que corresponden a una misma densidad (por ejemplo 2x4 y 4x2) se encuentran resumidos en una sola cantidad de número de árboles por hectárea como se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. N° de árboles/ha y su espaciamiento correspondiente.

Número árboles/hectárea	Espaciamientos (m)
2.500	2x2
1.667	2x3 – 3x2
1.250	2x4 – 4x2
1.111	3x3
883	6x2 – 2x6 – 3x4 – 4x3
625	4x4
556	6x3 – 3x6
417	6x4 – 4x6
278	6x6

Como se observa en la figura 5, existe una tendencia a la disminución en volumen (m^3/ha) a medida que disminuye la densidad, lo que indica que el comportamiento en crecimiento volumétrico a nivel de rodal, está fuertemente influenciado por el número de árboles más que por el tamaño individual de éstos, alcanzando alrededor de 160 y 40 m^3/ha en la mayor y menor densidad respectivamente, es decir está influyendo en forma directa la densidad de plantación.

Además es posible observar en la figura 5 que la familia del clon 40 presenta mayores volúmenes que la familia del clon 23 a excepción de las densidades extremas y en la densidad de 625 árboles/ha.

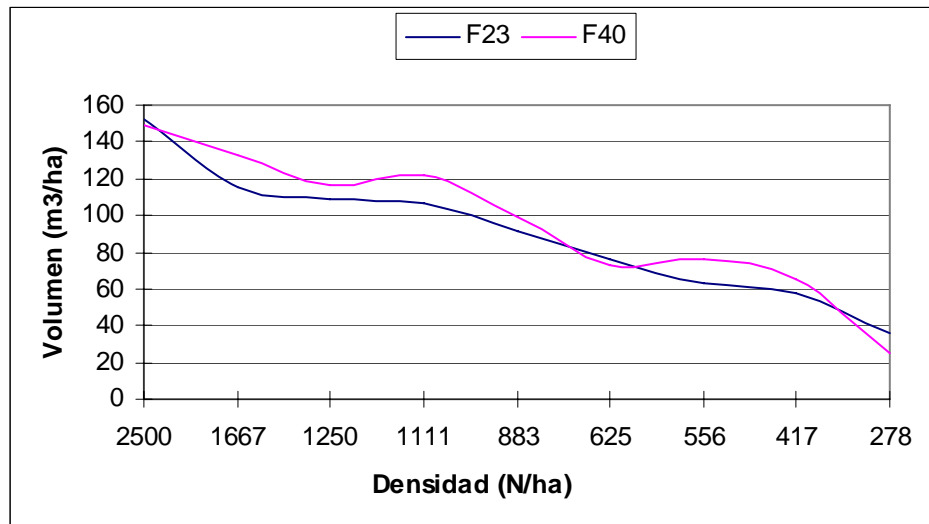


Figura 5. Comportamiento en volumen/ha para ambas familias.

En la figura 6 se puede observar un comportamiento inverso a lo presentado por el volumen a nivel de hectárea, en donde los mayores volúmenes se encuentran en las mayores densidades, en cambio a nivel individual los mayores volúmenes se encuentran en las menores densidades, por lo que a mayor espaciamiento mayor desarrollo volumétrico individual, es decir, la competencia está inhibiendo el crecimiento individual de cada árbol, lo cual se podría equiparar a través del establecimiento de diferentes densidades, en donde es posible conjugar el número de árboles a establecer y las posibles dimensiones requeridas.

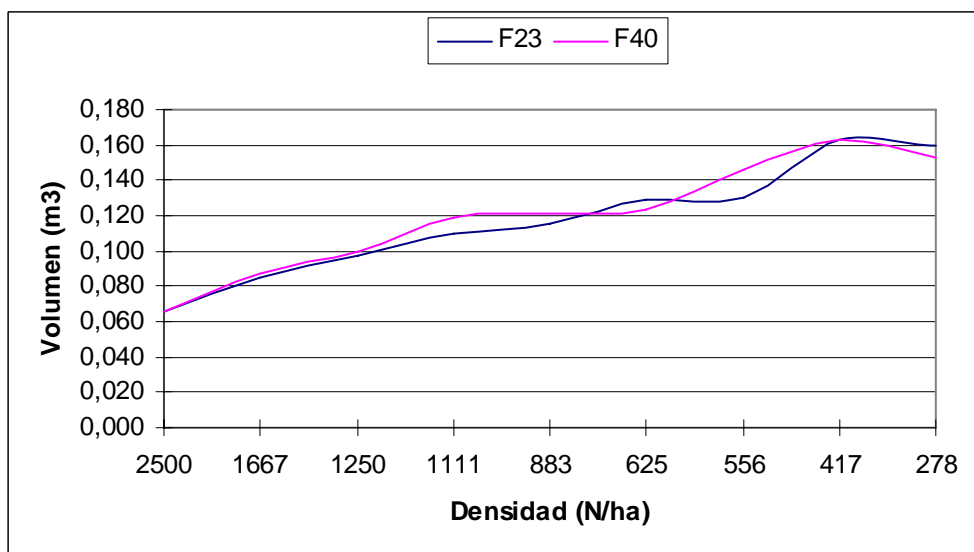


Figura 6. Comportamiento en volumen individual para ambas familias.

Junto con los resultados de volumen se entregan (en anexo 4) los gráficos que muestran las distribuciones del área basal y del diámetro medio cuadrático que permiten comprobar si existe un comportamiento similar al mostrado por el volumen.

Como es de esperar la distribución del área basal se presenta de forma similar al volumen ya que éste posee una estrecha relación con dicho parámetro, es decir, el área basal estaría en directa relación con el volumen.

En cuanto al diámetro medio cuadrático, éste presenta un comportamiento diferente al presentado por el volumen y área basal, mostrando una tendencia a aumentar a medida que disminuye la densidad, es decir, explica de mejor forma el crecimiento individual de los árboles.

4.4 Análisis de varianza (ANDEVA)

Los ANDEVA se realizaron para las variables área basal (m^2/ha), altura total (m), diámetro medio cuadrático (cm) y volumen (m^3/ha e individual), los cuales en forma detallada se encuentran en el anexo 5.

Si bien el volumen es la variable principal a comparar entre familias, se consideran las demás variables por ser las que componen e influyen directamente en las estimaciones del volumen.

Para el caso del área basal se puede observar que la familia del clon 23 presenta una menor homogeneidad entre bloques que la familia del clon 40, pero en el caso del espaciamiento éste presenta diferencias significativas en ambas familias (cuadro 7).

Cuadro 7. Probabilidades (valor P) para ambas familias

Variable	Factor	Valor P Familia 23	Valor P Familia 40
Área basal	Bloque	0,0266	0,0719
	Espaciamiento	0,0001	0,0001
Diámetro medio cuadrático	Bloque	0,0469	0,8980
	Espaciamiento	0,0001	0,0002
Altura total	Bloque	0,0014	0,1160
	Espaciamiento	0,1230	0,1100
Volumen/hectárea	Bloque	0,0048	0,0001
	Espaciamiento	0,0001	0,0001
Volumen individual	Bloque	0,0001	0,0074
	Espaciamiento	0,0001	0,0001

Además se desea conocer si existen diferencias significativas entre ambas familias, para así poder comprobar las posibles diferencias volumétricas, que en el caso del área basal se obtuvo una probabilidad de 0,738 lo que indica que no existen diferencias significativas entre las familias de ambos clones en el área basal, cuyo detalle se observa en el anexo 6.

Además es posible observar en el cuadro 7, el DMC presenta diferencias significativas entre bloques sólo para la familia del clon 23, lo que corrobora lo mostrado a través del área basal. Dicho comportamiento se puede deducir ya que el diámetro medio cuadrático es una expresión posible de determinar directamente a través del área basal

Dentro del mismo cuadro es posible observar que el espaciamiento muestra diferencias significativas para ambas familias, por lo que dicha variable está influenciada por la densidad de plantación.

Al revisar la existencia de diferencias entre las familias se obtuvo una probabilidad de 0,733 lo que al igual que para el área basal no presenta diferencias en dicho parámetro.

Para la altura total se presenta un comportamiento similar para ambas familias, el cual muestra que no existen diferencias para los distintos espaciamientos iniciales, lo cual permite inferir que la densidad de plantación no afecta de mayor forma el crecimiento en altura de los árboles. También se puede observar que para los bloques de la familia del clon 40 no se observan diferencias significativas, lo que confirma el comportamiento observado para área basal y DMC, lo que podría indicar una mayor homogeneidad en el crecimiento de los individuos de los bloques de la familia del clon 40.

Para el caso de la altura total se obtuvo una probabilidad de 0,006 lo que indica la existencia de diferencias entre ambas familias, lo que podría indicar posibles diferencias volumétricas ya que la altura total está influyendo directamente en la estimación de volumen.

Al analizar el comportamiento del volumen se puede observar que al probar diferentes espaciamientos éste presenta diferencias significativas para ambas familias, lo que demuestra que el crecimiento volumétrico está en directa relación con el espaciamiento o densidad de plantación (cuadro 7).

Al comparar los resultados con el resto de las variables analizadas se puede inferir que éste presenta un comportamiento similar al área basal y al DMC. Igualmente es válido destacar que aunque el comportamiento de la altura total no se presente en forma similar al resto de las variables, igualmente influye en las estimaciones de volumen, ya que este último es el resultado de la interacción entre variadas expresiones de diámetro y altura, pero dichas diferencias en altura no se alcanzan a plasmar en forma significativa sobre el volumen.

En cuanto a si existen diferencias volumétricas tanto a nivel individual como a nivel de hectáreas entre las familias, éste se entrega al final de los resultados acompañado de figuras que permitan apreciar las diferencias.

El comportamiento del volumen a nivel individual igualmente presenta diferencias significativas tanto entre bloques como entre espaciamientos, lo que también permite deducir que está directamente influenciado por la densidad de plantación.

4.5 Diferencias de medias

Posterior al análisis de varianza, para cada variable, se realizó la prueba de diferencias entre medias de Tukey, el cual incorpora el promedio y la varianza de cada variable para cada espaciamiento y bloque.

Los espaciamientos que generan las mismas densidades (ejemplo 2X3 y 3X2) no presentan diferencias entre ellos, lo que permite concluir que la distancia entre filas o hileras, generando la misma densidad, no tiene influencia en el desarrollo de ninguna de las variables analizadas.

Por otra parte, y como una forma de resumir dichos resultados, se presentan los siguientes cuadros que expresan los agrupamientos de densidades y bloques, con el fin de visualizar la consistencia o inconsistencia de dichos agrupamientos, por variable y familia para la séptima medición.

Los espaciamientos que generan igual densidad (2x3 y 3x2 por ejemplo) sólo se menciona uno de los dos.

En los cuadros 9, 10, 11 y 12 se presentan los agrupamientos que presentaron diferencias según espaciamiento de área basal (m^2/ha), diámetro medio cuadrático (cm) y volumen (m^3/ha) para la séptima medición de las familias 23 y 40.

Del cuadro 8 se puede observar que existe un agrupamiento entre las menores densidades representados por el espaciamiento 6x6 m.

Después se presenta un agrupamiento que está constituido por los espaciamientos que van desde 4x4 a 6x4m formando así los grupos 2 y 3. Finalmente las mayores densidades presentan un agrupamiento representado entre los espaciamientos 3x2 y 2x2m.

Cuadro 8. Agrupamiento según espaciamiento de área basal para ambas familias

ÁREA BASAL (m ² /ha)		
Grupo	M7 F23	M7 F40
1	6x6	6x6
2	4x4	4x4
	6x3	6x2
	6x4	6x3
3		6x4
	3x3	3x2
	4x2	3x3
	4x3	4x2
4	6x2	4x3
4	3x2	2x2
5	2x2	

El diámetro medio cuadrático (DMC), a diferencia del área basal sólo presenta 2 grandes grupos, lo que indicaría que el rango de valores en que varían las medias presenta menores fluctuaciones con los diferentes espaciamientos (cuadro 9).

Cuadro 9. Agrupamiento según espaciamiento de DMC para ambas familias

DMC (cm)		
Grupo	M7 F23	M7 F40
1	2X2	2X2
	3X2	3X2
	3X3	3X3
	4X2	4X2
	4X3	4X3
	6X2	6X2
	6X6	6X6
2	4X4	4X4
	6X3	6X3
	6X4	6X4

Por otro lado tenemos que para el volumen a nivel de hectárea (cuadro 10), al igual que en área basal, existe un mayor número de grupos que difieren entre sí, de los cuales se destacan el grupo 1 de la familia 40 (6x6 m), el cual expresa claramente el efecto del mayor espaciamiento, es decir, la ausencia de competencia.

La familia 23 también experimenta cambios en su volumen de acuerdo al espaciamiento, pero este cambio es más perceptible en los espaciamientos menores

Cuadro 10. Agrupamiento según espaciamiento de volumen/ha para ambas familias

VOLUMEN (m ³ /ha)		
Grupo	M7 F23	M7 F40
1	6x3	
	6x4	
	6x6	6x6
2	3x3	4x4
	4x2	6x3
	4x3	6x4
	4x4	
	6x2	
3		3x3
		4x2
		4x3
	3x2	6x2
4		3x2
	2x2	2x2

A diferencia con el volumen/hectárea, se puede observar en el cuadro 11 que el volumen individual posee una menor sensibilidad a cambiar con los diferentes espaciamientos, lo que se expresa en la cantidad de grupos que se forman y a los valores del volumen individual que fluctúan entre 0,06 y 0,19 m³/árbol para ambas familias, aunque el mayor rendimiento se presentó en los menores espaciamientos, por efecto de una incipiente competencia.

Además se destaca que existe un comportamiento inverso en el crecimiento en volumen con respecto a nivel de hectárea porque se manifiesta un mayor rendimiento con menores espaciamientos, es decir, tiene mayor incidencia el número de árboles por sobre el tamaño de cada uno de ellos. Los rendimientos por hectárea tienen una mayor dispersión por el efecto del número de árboles. Estos valores fluctúan entre 36 y 150 m³/ha aproximadamente.

Cuadro 11. Agrupamiento según espaciamiento de volumen individual para ambas familias

VOLUMEN (m ³)		
Grupo	M7 F23	M7 F40
1	2x2	2x2
	2x3	2x3
	2x4	2x4
2	3x3	3x3
	4x3	4x3
	6x2	4x4
	6x3	6x2
3	4x4	6x3
	6x4	6x4
	6x6	6x6

En cuanto a las repeticiones se puede observar en el cuadro 12 que para la familia del clon 40 se perciben diferencias significativas entre los tres bloques, a diferencia de la familia del clon 23 en donde es el bloque 1 el que difiere del resto de las repeticiones.

Es importante destacar que si bien es cierto en la figura 2 (diseño del ensayo) aparece el bloque 3 de la familia del clon 40 con diferencias en la disposición en terreno, es el bloque 1 de la familia del clon 23 que sistemáticamente difiere del resto de los bloques, lo que podría deberse a un error de codificación o identificación al registrar el material utilizado en el ensayo, es decir, el bloque 3 de la familia 40 correspondería al bloque 1 de la familia 23.

Cuadro 12. Diferencia de volumen por hectárea entre bloques para ambas familias en la séptima medición.

Volumen (m ³ /ha)				
Familia clon 23		Familia clon 40		
Bloques		Bloques		
1		1		
	2		2	
	3			3

En cuanto a las diferencias entre bloques para ambas familias en volumen individual (cuadro 13) se puede observar que el bloque 1 poseen una diferencia menos marcada en comparación al volumen a nivel de hectárea, ya que para la familia del clon 23, el bloque 1 muestra un posible agrupamiento con el bloque 3.

Cuadro 13. Diferencia de volumen individual entre bloques para ambas familias en la séptima medición.

Volumen (m ³)			
Familia clon 23		Familia clon 40	
Bloques		Bloques	
1		1	
3	3		2
	2		3

4.6 Comparación volumétrica entre familias para diferentes densidades.

Finalmente se presenta una jerarquización u ordenamiento ascendente en cuanto al volumen o crecimiento del material probado según los espaciamientos establecidos.

Se puede observar en la figura 7, la familia del clon 23 presenta un mayor volumen en los extremos de densidad (278 y 2.500 árboles/ha), además se puede desprender que la familia del clon 40 presenta una leve superioridad volumétrica por sobre la familia del clon 23, lo cual permite inferir que al establecer las familias a nivel operacional no se manifiesta en forma significativa la existencia de una ganancia genética en volumen de un 23% por sobre un 10% del clon 23 sobre el clon 40.

Con la finalidad de conocer si las diferencias observadas en la figura 7 son significativas, se realizó un análisis de varianza que arrojó una probabilidad de 0,75 lo que indica que las diferencias volumétricas entre familias no son significativas, por lo que no se estarían manifestando los valores de ganancia genética del clon 23 por sobre el clon 40.

Además se puede observar en la figura 7 que en las densidades medias y extremas es posible encontrar una superioridad de la familia del clon 23 por sobre el 40, lo que permitiría establecer un rango de densidades en donde es posible se manifiesten las ganancias genéticas ya mencionadas.

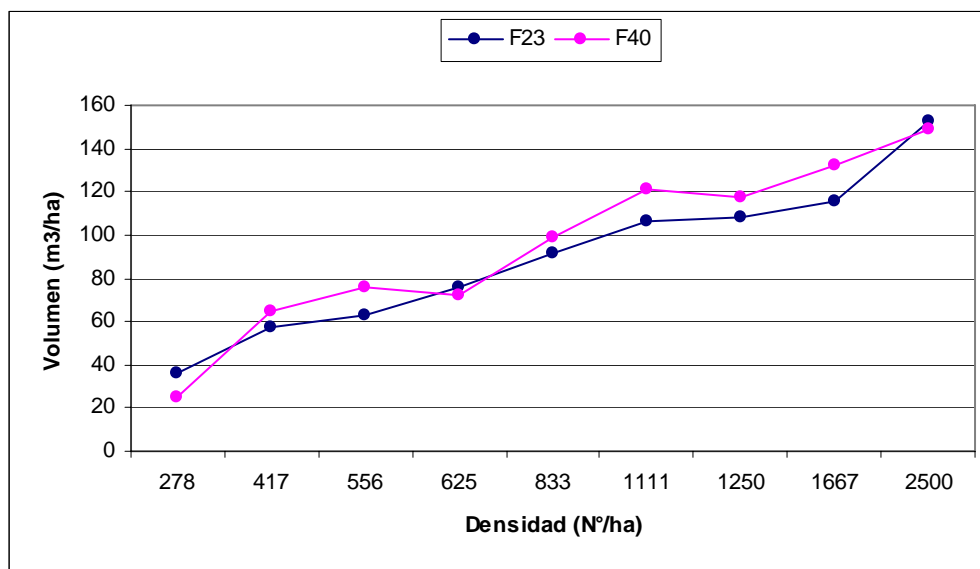


Figura 7. Comportamiento del volumen en orden ascendente de ambas familias a diferentes densidades.

5. CONCLUSIONES

El crecimiento en volumen presenta un comportamiento similar al mostrado por el área basal y diámetro medio cuadrático, debido a la fuerte influencia de estas variables independientes al momento de realizar estimaciones volumétricas.

En general la altura media, no presenta diferencias significativas a distintos espaciamientos, lo cual corrobora que es una variable que no está influenciada por la densidad de la plantación, es decir, no manifiesta un efecto por competencia. El único espaciamiento que manifiesta una leve diferencia es el 6x6 m, tratamiento en que la altura es menor, lo cual podría indicar que para la escasa edad de los árboles (7 años) en que se evaluó la información aún no presenta un marcado cierre de copas.

A partir de la variable altura total en forma independiente no es posible deducir un comportamiento en cuanto a volumen, ya que éste es una característica que depende de los incrementos tanto en altura como en diámetro.

El espaciamiento en una plantación afecta en forma significativa el crecimiento en área basal, diámetro medio cuadrático y volumen, sin importar si dicho espaciamiento está entre hileras o entre árboles sobre la hilera.

Entre bloques, para la familia del clon 40, no se presentan diferencias significativas. En el caso de la familia del clon 23, el bloque 1 sistemáticamente difiere por sobre el resto, lo cual podría explicarse por la forma irregular que éste presenta en terreno, aunque no se descarta un posible error en la asignación del número de este bloque en las codificaciones posteriores, hecho que no se pudo constatar.

A nivel de hectárea el volumen presenta mayores valores en los menores espaciamientos, en cambio a nivel individual los mayores volúmenes se presenta en los mayores espaciamientos, lo que indica que a nivel hectárea influye directamente el número de árboles por sobre el tamaño individual de éstos.

Las ganancias genéticas en volumen establecidas para los clones 23 y 40 (23% y 10% respectivamente) no se demuestran al establecer dicho material en forma operativa.

A raíz de lo anterior no es posible demostrar fehacientemente que se manifiesten las ganancias genéticas de los clones 23 y 40, ya que no existen significativas diferencias en volumen entre ambas familias para las diferentes densidades probadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Cabezas, C. 1997. Caracterización y análisis de crecimiento de un renoval puro de *Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst., en la cordillera de Los Andes, provincia de Valdivia. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 80p.
- Balocchi, C; De Veer, Ch. 1994. Manual de ensayos genéticos. Concepción, Bioforest S.A. 120 p.
- Daniel *et al.* 1982. Principios de silvicultura. 1º edición. McGraw-Hill. México. 89p.
- Delmastro, R. 1976. Proposición de un programa cooperativo de mejoramiento genético entre la Universidad Austral de Chile, instituciones y empresas forestales. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 53p.
- Husch, B., Ch. Millar and T.W.Beers. 1972. Forest mensuration. The Ronald Pres Co., New Cork. U.S.A.
- Info Stat/P versión 2005 p.1 Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Estadística y Diseño FCA.
- Lobos, M. 1994. Evaluación de crecimiento de *Pinus radiata* (D. DON) en plantaciones sometidas a silvopastoreo. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 47 p.
- Prodan *et al.* 1997. Mensura forestal. Serie investigación y Educación en Desarrollo Sostenible Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 561p.
- Peters *et al.* 1985. Manual N° 13. Compendio de tablas auxiliares para el manejo de plantaciones de Pino insigne. INFOR, Chile. 140p.
- Pinkard, E; Neilsen, W. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to inicial spacing: implications for thinning. Tasmania, Australia Forest Ecology and Maagement 172 (2003) 215-227.
- Proyecto Modelo Nacional de Simulación de *Pinus radiata* Versión 5.0 (estudiantil) Copyright 1998. Concepción, Chile.
- Raebild *et al.* 2002. Statistical analysis of data from provenance trials. Guidelines and technical notes N° 63. Danida Forest Seed Centre, Humleback, Denmark. 28 p.

Varhola, A. 2001. Evaluación de un ensayo de progenie de polinización abierta de uninodales de *Pinus radiata*. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 36p.

ANEXOS

Anexo 1
Abstract and keywords

Abstract and keywords

A combined experiment of genetics and initial spacing with two clonal families of seven year old *Pinus radiata*, planted in 1994, was performed on the “Escuadrón” farm in the VII Region of Chile, belonging to Forestal Mininco.

The aim of the experiment was to analyze and compare growth, measured in volume, of the families originated from clones 23 and 40, which possess a genetic gain in volume of 23% and 10% respectively.

The results have allowed to determine that the total height, mean square diameter and basal area present similar growth tendencies to the ones shown when measured by volume, since these variables are directly related in the estimation of the latter.

In the same way it was determined that the spacing of a plantation affects the growth in basal area, mean square diameter and volume in a significant way, without difference when the spacing is done either between or within the rows.

On a per-hectare basis the volume presents the highest values for the smaller spacings (150 m³/ha). On the contrary, on an individual level the highest volumes occurred in the larger spacings (0,066 m³), which indicates that on a per-hectare level the number of trees has more influence than their individual size.

Finally, the genetic gains in volume determined for clones 23 and 40 (23% and 10% respectively) do not express themselves when these materials are established in an operative way, i.e. it is not possible to demonstrate confirmatively that these gains will manifest themselves in commercial plantings since there were no significant differences in volume between both families for the different plant-densities that were tried.

Keywords: *Pinus radiata*, clone, genetic gain.

ANEXO 2.
Estadísticas descriptivas para ambas familias

Estadística descriptiva para los tres bloques de las familias del clon 23

BLOQUE 1 FAMILIA 23					
Medición	Año	DAC (mm) DAP (mm)	Desviación Estándar (mm)	Altura (cm)	Desviación Estándar (mm)
1	1994	3,8	0,8	26,5	5,3
2	1995	21,7	4,6	95,4	15,7
3	1996	48,9	12,2	172,8	37,0
4	1997	100,6	15,3	352,0	55,0
5	1998	115,3	18,7	585,6	72,8
6	1999	142,8	19,6	803,4	82,9
7	2000	176,3	23,7	803,4	99,3

BLOQUE 2 FAMILIA 23					
Medición	Año	DAC (mm.) DAP (mm.)	Desviación Estándar (mm.)	Altura (cm.)	Desviación Estándar (mm.)
1	1994	3,7	0,9	26,7	5,4
2	1995	18,4	3,9	86,1	16,5
3	1996	43,5	11,7	165,3	37,1
4	1997	88,8	15,8	328,3	52,0
5	1998	102,2	19,0	543,8	71,4
6	1999	135,6	20,0	748,3	83,1
7	2000	169,7	24,6	935,2	110,9

BLOQUE 3 FAMILIA 23					
Medición	Año	DAC (mm) DAP (mm)	Desviación Estándar (mm)	Altura (cm)	Desviación estándar(mm)
1	1994	4,1	0,8	27,5	4,6
2	1995	18,2	3,3	87,5	16,7
3	1996	42,2	11,9	165,4	37,9
4	1997	97,3	20,6	321,0	61,3
5	1998	108,2	18,2	543,4	74,7
6	1999	138,1	20,1	778,3	90,7
7	2000	172,8	24,0	955,7	101,8

Estadística descriptiva para los tres bloques de las familias del clon 40

BLOQUE 1 FAMILIA 40					
Medición	Año	DAC (mm.) DAP (mm.)	Desviación Estándar (mm.)	Altura (cm.)	Desviación Estándar(mm)
1	1994	4,3	0,8	26,9	4,9
2	1995	19,5	2,4	90,6	15,0
3	1996	54,3	9,8	194,8	35,7
4	1997	104,8	13,2	389,9	54,0
5	1998	110,5	18,7	638,5	71,8
6	1999	145,1	18,5	846,3	80,8
7	2000	178,4	21,6	1043,8	101,4

BLOQUE 2 FAMILIA 40					
Medición	Año	DAC (mm.) DAP (mm.)	Desviación Estándar (mm.)	Altura (cm.)	Desviación Estándar (mm.)
1	1994	4,0	0,8	26,1	5,0
2	1995	22,3	4,0	93,1	13,7
3	1996	53,8	9,4	182,2	32,6
4	1997	106,0	13,3	375,3	51,2
5	1998	113,0	14,1	626,6	62,8
6	1999	141,3	15,7	836,4	70,3
7	2000	168,6	17,6	1028,6	91,8

BLOQUE 3 FAMILIA 40					
Medición	Año	DAC (mm.) DAP (mm.)	Desviación Estándar (mm.)	Altura (cm.)	Desviación Estándar (mm.)
1	1994	4,0	0,9	27,9	4,1
2	1995	18,9	2,4	87,7	14,8
3	1996	47,4	11,0	171,6	36,6
4	1997	102,2	16,6	338,7	56,2
5	1998	109,9	19,5	573,6	75,3
6	1999	138,7	20,4	768,0	84,6
7	2000	171,0	23,0	941,9	100,0

ANEXO 3.
Diferencias medias para modelos de estimación de volumen

Diferencia media entre los volúmenes observados y estimados para los modelos 1 y 2.

Modelo	Diferencia promedio (m ³)	Desviación estándar (m ³)
1	0.01505	0,01793
2	0.01467	0,01715

ANEXO 4
Volumen para ambas familias

Volumen (m³/ha) para cada espaciamiento y repetición de la séptima medición de la familia del clon 23.

Parcela	Espaciamiento (metro x metro)	BLOQUE 1 Volumen (m ³ /ha)	BLOQUE 2 Volumen (m ³ /ha)	BLOQUE 3 Volumen (m ³ /ha)
1	2X2	171,783	125,042	159,903
2	2X3	126,035	116,127	96,655
3	2X4	122,949	104,233	84,205
4	2X6	91,684	95,066	70,812
5	3X2	116,647	106,529	129,928
6	3X3	124,355	89,293	105,616
7	3X4	108,278	87,531	87,206
8	3X6	79,451	52,563	70,549
9	4X2	109,357	121,520	108,284
10	4X3	86,765	86,435	102,934
11	4X4	79,035	76,530	72,386
12	4X6	67,146	51,919	52,470
13	6X2	96,171	92,604	87,413
14	6X3	77,453	52,384	45,981
15	6X4	58,300	51,101	62,246
16	6X6	38,088	33,131	38,040

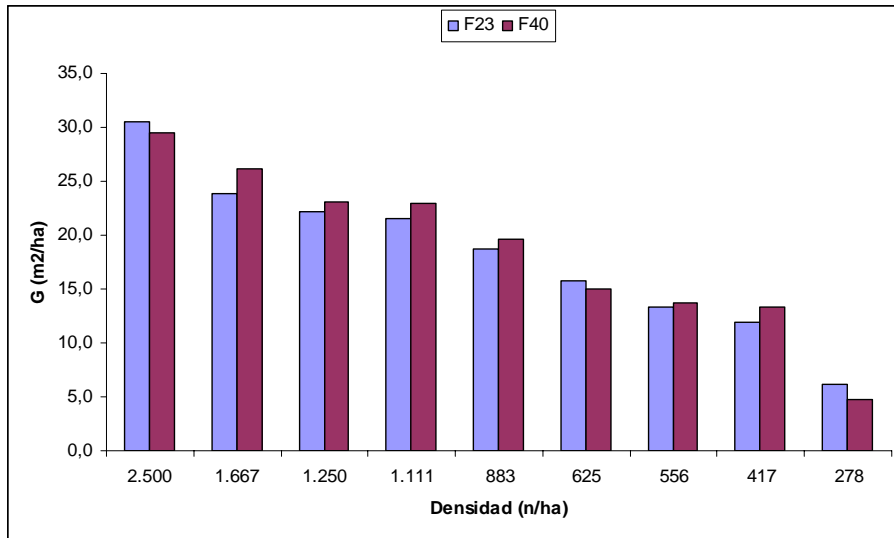
Volumen (m³/ha) para cada espaciamiento y repetición de la séptima medición de la familia del clon 40.

Parcela	Espaciamiento (metro x metro)	BLOQUE 1 Volumen (m ³ /ha)	BLOQUE 2 Volumen (m ³ /ha)	BLOQUE 3 Volumen (m ³ /ha)
1	2X2	165,249	154,591	126,004
2	2X3	131,235	140,225	115,730
3	2X4	135,864	108,153	99,432
4	2X6	108,694	105,860	79,129
5	3X2	161,606	119,371	127,420
6	3X3	141,740	102,872	119,972
7	3X4	129,231	105,234	83,967
8	3X6	82,151	62,815	72,793
9	4X2	137,732	115,538	105,054
10	4X3	114,016	96,309	82,866
11	4X4	90,974	65,952	60,972
12	4X6	62,618	79,676	54,839
13	6X2	106,855	94,628	83,936
14	6X3	88,568	71,835	77,428
15	6X4	70,393	69,119	52,831
16	6X6	43,664	No medido	30,865

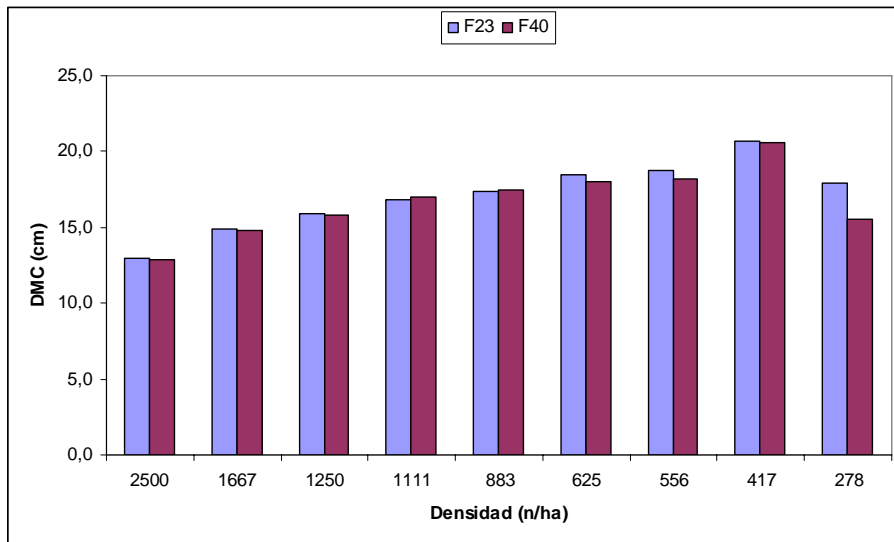
ANEXO 5

Gráficos de distribución del área basal y DMC para ambas familias en la séptima medición.

ÁREA BASAL



DMC



ANEXO 6
Análisis de varianza

ANDEVAS

- Análisis de varianza para área basal

ANDEVA área basal entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 23 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	1.648,81	17	96,99	24,47	0,0001
Espaciamiento	1.616,30	15	107,75	27,18	0,0001
Bloque	32,51	2	16,26	4,10	0,0266
Error	118,92	30	3,96		
Total	1.767,73	47			

ANDEVA área basal entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 40 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	1.645,94	17	96,82	18,73	0,0001
Espaciamiento	1.616,10	15	107,74	20,84	0,0001
Bloque	29,84	2	14,92	2,89	0,0719
Error	149,91	29	5,17		
Total	1.795,85	46			

- Análisis de varianza para la altura

ANDEVA para altura entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 23 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	7,80	17	0,46	2,41	0,0171
Espaciamiento	4,67	15	0,31	1,64	0,1225
Bloque	3,13	2	1,56	8,21	0,0014
Error	5,72	30	0,19		
Total	13,52	47			

ANDEVA para altura entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 40 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	59,13	17	3,48	1,76	0,0864
Espaciamiento	49,94	15	3,33	1,68	0,1101
Bloque	9,19	2	4,60	2,32	0,1156
Error	59,40	29	1,98		
Total	118,53	46			

- Análisis de varianza para diámetro medio cuadrático por hectárea

ANDEVA para diámetro medio cuadrático entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 23 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	212,27	17	12,49	4,69	0,0001
Espaciamiento	194,21	15	12,95	4,87	0,0001
Bloque	18,06	2	9,03	3,39	0,0469
Error	79,84	30	2,66		
Total	292,11	47			

ANDEVA para diámetro medio cuadrático entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 23 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	189,94	17	11,17	4,21	0,0003
Espaciamiento	189,36	15	12,62	4,76	0,0002
Bloque	0,57	2	0,29	0,11	0,8982
Error	76,90	29	2,65		
Total	266,84	46			

- Análisis de varianza para volumen por hectárea

ANDEVA volumen por hectárea entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 23 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	40.310,33	17	2.371,20	18,77	0,0001
Espaciamiento	38.689,81	15	2.579,32	20,41	0,0001
Bloque	1.620,52	2	810,26	6,41	0,0048
Error	3.790,46	30	126,35		
Total	44.100,79	47			

ANDEVA volumen por hectárea entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 40 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	42.886,03	17	2.522,71	25,08	0,0001
Espaciamiento	37.871,82	15	2.524,79	25,10	0,0001
Bloque	5,014,21	2	2.507,11	24,93	0,0001
Error	2.916,54	29	100,57		
Total	45.802,57	46			

- Análisis de varianza para volumen por árbol individual

ANDEVA volumen árbol individual entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 40 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	0,04	17	0,0023	14,49	0,0001
Espaciamiento	0,04	15	0,0024	14,69	0,0001
Bloque	0,0042	2	0,0021	13,01	0,0001
Error	0,0047	29	0,00016		
Total	0,04	46			

ANDEVA volumen árbol individual entre bloques y espaciamentos de la familia del clon 23 en la séptima medición.

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F valor	P valor
Modelo	0,04	17	0,0023	12,66	0,0001
Espaciamiento	0,04	15	0,0025	13,57	0,0001
Bloque	0,0021	2	0,0011	5,81	0,0074
Error	0,01	30	0,00018		
Total	0,04	47			

ANEXO 7

Análisis de varianza para entre familias para área basal, DMC, Altura total y volumen

ANDEVA entre familias para DMC.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Familia	0,508	1	0,508	0,119	0,733
Error	128,568	30	4,286		

ANDEVA entre familias para Área basal.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Familia	4,351	1	4,351	0,114	0,738
Error	1.145,743	30	38,191		

ANDEVA entre familias para Altura total.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Familia	1,127	1	1,127	8,941	0,006
Error	3,738	30	0,126		

ANDEVA entre familias para Volumen/ha.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Familia	145,085	1	145,085	0,105	0,750
Error	0,0002	16	1.385,965		