



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus nitens* de 5 – 7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la Región de Los Lagos.

Patrocinante: Sr. Víctor Sandoval V.

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

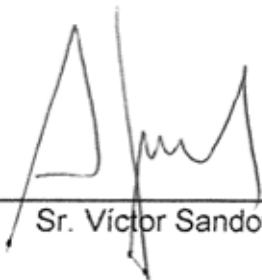
VÍCTOR MANUEL BARRERA BARRERA

VALDIVIA
2006

CALIFICACION DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

			Nota
Profesor Guía	:	Sr. Víctor Sandoval Vásquez	6.0
Informante	:	Sr: Víctor Gerding Salas	5.0
Informante	:	Sra: Rosa Alzamora Mallea	5.9

El Profesor Guía acredita que la 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. Víctor Sandoval V.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la culminación de este trabajo. En primer lugar agradecer al Profe Víctor Sandoval por el apoyo incondicional durante mi permanencia en la carrera; a la Profesora Rosa Alzamora por la buena onda y atención prestada para el buen término del presente trabajo; Al Profesor Víctor Gerding por la disposición y atención prestada durante el desarrollo del trabajo.

A toda mi familia, por el apoyo incondicional para hacer este sueño realidad, en especial a Cecilia que creyó y confió en mi para sacar esta carrera adelante, aunque el sueño costo un poco pero en fin..... termine.

Primero que nada agradecer a mi amigo, cumpa, pinche wey Osvaldo (chikitito) por el constante apoyo en las noches de estudio y de carrete. A mis ex compañeros de casa Hugo y Huililo que en conjunto formamos una familia a todo trapo, saludo en forma especial a la Flakita que también es parte de esta meta cumplida.

Como olvidar a Pancho, Emilio, Ortiz, Chico Sando, Marcos (torito), Claudio (kakaroto), Olate (uyuuuuy), Feñun, y en especial a José Nuñez que aunque ya no estas, siempre estarás presente con nosotros. A todos ustedes y a muchos que faltan este agradecimiento de corazón por todos los momentos vividos juntos. Además acordarse de que esta amistad recién comienza.

A mis compañeros de trabajo Karla, Jorge, Berna, Sandra, Appel, Annette, por su apoyo, paciencia, consejos y buena onda en general, tanto en oficina como en terreno.

A mi Madre Isabel

Hermanos

Abuelos

Valentina

ÍNDICE DE MATERIAS

		Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Caracterización de <i>Eucalyptus nitens</i>	3
2.2	Evaluación del crecimiento y rendimiento	3
2.3	Densidad del rodal	4
2.4	Sitio	4
2.5	Fertilización	5
2.6	Funciones de volumen	6
3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
3.1	Caracterización del ensayo en el área de estudio	7
3.2	Establecimiento del ensayo	8
3.3	Diseño experimental	9
3.4	Base de información dasométrica	9
3.5	Análisis de datos	10
3.5.1	Análisis estadístico del crecimiento en diámetro	11
3.5.2	Análisis de área basal	12
3.5.3	Determinación del volumen	12
4.	RESULTADOS	13
4.1	Crecimiento en diámetro	13
4.2	Crecimiento del área basal	17
4.3	Crecimiento volumétrico	19
5.	DISCUSION	21
6.	CONCLUSIONES	24
7.	BIBLIOGRAFIA	25

ANEXOS

- 1 *Abstract and Keywords*
- 2 Ubicación del predio Pichimaule, en la Provincia de Llanquihue, Décima Región.
Distribución de ensayos y ubicación de tratamientos
- 3 Densidades de los tratamientos antes y después del raleo
- 4 Resultados de salida comparaciones múltiples entre tratamientos, variable DAP, para el total, 400, 200, 100 árboles mayores por hectárea.
- 5 Datos utilizados para el cálculo de volumen de los tratamientos B0 y R0.

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Especificaciones de los diferentes tratamientos utilizados en el estudio	9
Cuadro 2. Indicadores de ajuste y error para las funciones seleccionadas (Minte, 2004)	12
Cuadro 3. DAP medio, para los tratamientos en diferentes edades para el total de los árboles y para los mayores 400, 200 y 100 árboles/hectárea.	13
Cuadro 4. Área basal por hectárea, para los tratamientos en los diferentes años edades para el total de los árboles y para los mayores 400, 200 y 100 árboles/hectárea	17
Cuadro 5. Crecimiento volumétrico de dos tratamientos, a los cinco y seis años de edad	19

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento en DAP, para <i>E. nitens</i> en los diferentes años de estudio, para los tres mejores tratamientos, donde (a) representa los cinco años; (b) seis años y (c) siete años de edad.	16
---	----

RESUMEN EJECUTIVO

En el año 1996 se estableció en el predio Pichimaule (localidad de Tegualda, comuna de Fresia, X Región) un ensayo de fertilización con la especie *Eucalyptus nitens*.

En ese contexto, y considerando la importancia que *E. nitens* está tomando en el sector forestal chileno, se planteó y desarrolló un estudio cuyo objetivo general es evaluar el crecimiento en un lapso de cinco a siete años de edad, en función de seis tratamientos con diferente manejo nutricional. Los objetivos específicos son evaluar y comparar el crecimiento en DAP y área basal en los seis tratamientos, considerando la densidad inicial de plantación, 400, 200 y 100 árboles mayores por hectárea. Además de comparar el incremento volumétrico de dos tratamientos en los cinco y seis años.

Los inventarios dasométricos de la plantación a la edad de cuatro, cinco y seis años, permitieron calcular el área basal (AB) y volumen. También se consideró la información de inventarios posteriores con y sin raleo, registrados a la edad de 6 años y a los 7 años como último año de medición.

En resumen, al realizar un *ranking* entre los seis tratamientos del estudio y seleccionando los tres mejores, los resultados indican, que en los tres años de estudio destacan los tratamientos Testigo con fertilización posplantación (T1, cinco años), Testigo sin fertilizar (T0, seis años) y Roca con fertilización pre y posplantación (R1, siete años), sin embargo existen diferencias entre posiciones en los diferentes años y densidades analizadas. A pesar de las leves ventajas de unos tratamientos sobre otros, no existen diferencias significativas en el crecimiento en DAP y área basal, en las diferentes edades y densidades estudiadas.

Finalmente los tratamientos Bifox (B0) y Roca (R0) ambos con fertilización preplantación, no mostraron efectos significativos en las variables de crecimiento. Además al convertir el volumen total de ambos tratamientos en productos pulpables la diferencia es de 4 MR, lo que a esta edad no significaría un ingreso económico considerable, sin embargo se hace necesario realizar en estudios posteriores una proyección del crecimiento para ver si estas diferencias aumentan o disminuyen, considerando que el objetivo de la empresa propietaria es la producción de madera aserrada.

Palabras clave: crecimiento, fertilización, densidad, volumen

1. INTRODUCCIÓN

En Chile se han establecido más de 300.000 ha de plantaciones de varias especies de *Eucalyptus*, siendo *Eucalyptus globulus* la de mayor participación (80%), seguido por *Eucalyptus nitens* (20%). *Eucalyptus nitens* resulta ser una de las especies más exitosas en cuanto a crecimiento, así lo confirma el proyecto de introducción de especies del Instituto Forestal (INFOR, 2004). Estos estudios indican que entre las Regiones del Bío-Bío y Los Lagos (VIII a X) *E. nitens* presenta incrementos entre 30 y 45 m³/ha por año, en comparación a los 25 m³/ha por año presentados por *E. globulus*. En la Región de Los Lagos se han medido individuos de *E. nitens* con 40 cm de diámetro a los 11 años de edad, registrándose además, incrementos marginales entre los tres y cuatro años de edad de 70 m³/ha por año (INFOR, 2004).

El concepto básico de recurso renovable se deriva de la propiedad de crecimiento y cualquier planificación encierra este concepto (Prodan *et al.*, 1997). El término rendimiento es usado en el ámbito forestal con diferentes calificadores, como por ejemplo: rendimiento anual corriente, rendimiento medio, rendimiento final o rendimiento sostenido. Cada uno de estos términos tiene una diferente connotación para los silvicultores, sin embargo como definición general, implica la acumulación de un incremento disponible, en un tiempo definido, con un propósito particular. Más precisamente, el término rendimiento implica la cantidad total de madera que puede ser cosechada en cierto tiempo.

Los factores que influyen en el crecimiento de los individuos son determinados por sus características genéticas, su interrelación con el medio ambiente (clima, suelo) y características topográficas, cuya suma representa el concepto de sitio, además de la respuesta a los diferentes tratamientos silviculturales que se apliquen (Prodan *et al.*, 1997). Generalmente se asocia la necesidad de fertilizar una plantación forestal con la deficiencia de elementos nutritivos en el suelo. Ello es válido pero sólo en forma parcial, ya que la aplicación de fertilizantes debe considerar muchos otros aspectos. Frecuentemente la decisión de fertilizar se basa únicamente en la evaluación del estado nutritivo del suelo, y de allí que los resultados puedan ser nulos o incluso negativos para el crecimiento, en vez de incrementarlo (Gerding, 1997).

En ese contexto, y considerando la importancia que *E.nitens* está tomando en el sector forestal chileno, se plantea y desarrolla un estudio cuyo objetivo general es evaluar su crecimiento en un lapso de cinco a siete años de edad, en función de seis tratamientos con diferente manejo nutricional en la Región de Los Lagos.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Evaluar y comparar el crecimiento periódico del diámetro del fuste a 1,3 m del suelo (DAP) y área basal de *E. nitens* en seis tratamientos con diferentes manejos nutritivos, a los cinco, seis y siete años de edad para la totalidad de la densidad, 400, 200, y 100 árboles mayores por hectárea.
- Determinar el perfil volumétrico en dos periodos, para dos tratamientos del ensayo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caracterización de *Eucalyptus nitens*

Eucalyptus nitens pertenece al género *Eucalyptus*, subgénero *Symphyomyrtus*, que es el grupo taxonómico más plantado de los *Eucalyptus* en el mundo (Tibbits *et al.*, 1997). Es una especie con tronco recto, con corteza lisa que se desprende en tiras; las ramas son de sección cuadrada y con mala poda natural. Alcanza alturas entre los 41 y 92 m y diámetro a la altura de pecho entre 0,9 y 1,2 m (Lama, 1976).

“Esta especie crece en forma natural en zonas montañosas del sudeste de Australia entre los 30 y 38° S, con un rango de altitud entre 600 m s.n.m. en Victoria y 1.500 m s.n.m. en *New South Wales*. En su lugar de origen la especie se desarrolla en un clima templado de altura, con temperaturas medias que en verano oscilan entre 21 y 24°C y en invierno entre -5 y 2°C, con 50 a 120 heladas al año. La precipitación media anual fluctúa entre 750 y 1.500 mm. Una de las ventajas de *E. nitens* es su resistencia a las bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta -12°C sin morir. Esto le ha permitido ser la especie más forestada en la Región de Los Lagos” (Géldrez, 2005).

“Los mejores crecimientos para esta especie se han encontrado en suelos arcillosos bien drenados y profundos, y en suelos francos. No obstante en su área de dispersión crece en una gran variedad de condiciones edáficas. Entre los atributos favorables de la especie, se reconocen: crecimiento inicial rápido, tolerancia a las heladas, tolerancia al manejo de las plantas a raíz libre en vivero, aparente inmunidad al daño producido por roedores y capacidad de rebrotar. A su vez, la principal desventaja es la producción tardía de semillas” (Aparicio, 2001).

2.2 Evaluación del crecimiento y rendimiento

Los modelos de crecimiento y rendimiento basan su estimación en relaciones funcionales entre aspectos del crecimiento y variables como: composición, densidad, distribución espacial, diámetro promedio, edad, sitio, área basal, volumen, distribución diamétrica, número de árboles y otras variables de rodal. Estos modelos se definen como un sistema de ecuaciones que intenta representar el desarrollo de los árboles y rodales en función del tiempo (Gilabert, 1994).

Existe una gran cantidad de modelos de crecimientos que hace imposible el análisis metodológico de cada uno de ellos, por lo tanto, los modelos de crecimiento se pueden clasificar, según Vanclay (1994), de acuerdo al nivel de detalle de información inicial que requieren y que proporcionan, dando origen a tres grandes grupos: modelos de rodal, modelos de clases de tamaño, modelos de árbol individual. En el caso específico de los modelos de rodal estos son de estructura simple y requieren como variables de entrada para la predicción del crecimiento algunos parámetros poblacionales tales como el número de árboles por unidad de

superficie, área basal y volumen actual, es por ello que la información que entregan sobre el rodal futuro es más general debido a que requieren poca información. Dentro de esta categoría existe un tipo de modelo conocido como método de distribuciones diamétricas que estiman la distribución diamétrica a través de funciones de distribución.

2.3 Densidad del rodal

En un rodal, el grado de cubrimiento de copas y el nivel de utilización del sitio son evaluados cuantitativamente a través de dos tipos de expresiones:

- a) densidad del rodal, la cual es una medida directa de las estadísticas de algún parámetro del rodal, como número de árboles o área basal por hectárea.
- b) Índices de densidad, son medidas que involucran una comparación del rodal existente, con alguna norma que ha sido establecida considerando un producto objetivo.

La importancia de la densidad radica en que dentro de ciertos límites, mientras mayor sea el espacio disponible por árbol, debido a la menor competencia, más rápido podrá crecer. Cambios en la densidad pueden afectar el rendimiento en volumen de un sitio y el tamaño de los árboles (Brack y Word, 1997).

2.4 Sitio

Según Clutter *et al.*, (1992), el crecimiento y rendimiento de un rodal coetáneo está largamente determinado por cuatro factores:

- Edad del rodal
- La productividad innata del sitio o calidad de sitio
- La cantidad de la productividad innata que se encuentra ocupada. Este factor de ocupación de sitio, puede asociarse con el concepto de densidad del rodal.
- Tratamientos silviculturales aplicados

Uno de los factores que se pueden manejar son los tratamientos silviculturales que están destinados a mejorar las condiciones del suelo para lograr una mayor productividad de las especies. Entre estos tratamientos se encuentran la preparación del sitio, el control de malezas y la fertilización.

- a) Preparación del sitio, permite un mejoramiento de la infiltración del suelo, su aireación, retención de humedad, reducción de la compactación y potencionamiento del desarrollo radicular.

b) Control de malezas, el objetivo es eliminar la competencia de malezas por luz, agua y nutrientes, permitiendo aumentar la sobrevivencia y el desarrollo de la plantación.

c) Fertilización, este tratamiento cuyo objetivo es aportar al suelo nutrientes requeridos por la planta, estimula el desarrollo de la planta, permitiendo ocupar mejor el suelo y aprovechar más eficientemente el agua y los nutrientes disponibles (INFOR-CORFO, 1989).

2.5 Fertilización

Los objetivos de la fertilización son entregar el complemento nutricional necesario para que las plantas se desarrollen adecuadamente y tenga un rápido crecimiento (Toro, 1995). Naturalmente, en la medida que el suelo es menos fértil requiere más fertilizaciones. En todos los casos resulta fundamental considerar la época de fertilización de acuerdo con las características del sitio (clima, suelo), para el mejor aprovechamiento del fertilizante. Especial cuidado se debe tener respecto del aprovechamiento de la humedad del suelo. También debe tenerse en cuenta que la fertilización es una decisión económica y el éxito de ella depende del nivel de respuesta (valorizada en términos económicos) y del costo incurrido en esta medida de manejo (Gerding, 1997).

Fertilización durante la preparación del suelo: Consiste en la aplicación de fertilizantes de baja solubilidad, o con menor riesgo de pérdida por lixiviación, durante la preparación física del suelo (subsulado, arado) previa al establecimiento de la plantación. En general se trata de productos como rocas fosfóricas u otros fertilizantes fosfatados que servirán de apoyo nutricional por largos períodos (varios años) a la plantación. Otras fertilizaciones en esta ocasión dependen de la época en que se plantará posteriormente, para evitar pérdidas por lixiviación. Este tipo de fertilización es recomendable para suelos pobres, erosionados o agotados nutricionalmente por el uso anterior, en los cuales es necesaria una preparación física del suelo.

Fertilización localizada al plantar: Es la fertilización que se realiza al momento de plantar o hasta algunas semanas posteriores a la plantación, durante el primer año o período de crecimiento. El fertilizante se localiza en el hoyo de plantación o cercano a la planta recién plantada. Es muy importante la localización adecuada del fertilizante para no provocar daños e incluso la muerte de las plantas; esto depende varios factores como el tipo de fertilizante, la dosis, el tipo de suelo y la época de fertilización. Esta fertilización puede considerarse como una aplicación *preventiva*, ya que pretende suplir las deficiencias nutricionales antes que éstas se expresen en el crecimiento de la plantación.

Fertilización correctiva: Consiste en la aplicación de fertilizantes cuando ya se ha expresado una deficiencia nutritiva en forma de síntomas visuales o ha sido

diagnosticada a través de análisis foliar. En tal caso puede corregirse dicha deficiencia tempranamente a través de fertilización, ya que tales deficiencias se manifiestan más frecuente e intensamente en la fase de crecimiento acelerado de la plantación (en sus primeros años).

Fertilización productiva: En este caso la fertilización tiene por objetivo aumentar la producción de madera. Para ello dicha fertilización debe realizarse, normalmente, a continuación de otras intervenciones silviculturales como los raleos y podas, para asegurar espacio suficiente (con recursos como agua y luz) a los árboles remanentes. De esta manera los árboles pueden reaccionar a la fertilización con un incremento o mejoramiento de su copa y, consecuentemente, con un aumento del volumen de madera. Estas fertilizaciones generalmente se asocian al primer raleo (raleo a desecho o raleo no comercial) y al segundo raleo (raleo comercial), cuando la plantación todavía tiene una edad relativamente joven para reaccionar eficientemente (Gerding, 1997).

2.6 Funciones de volumen

Las funciones de volumen han sido ampliamente utilizadas en el procesamiento de inventarios forestales, tanto en bosque nativo como en plantaciones. Las funciones de volumen han sido empleadas por ser fáciles de ajustar y de utilizar, al entregar volúmenes en forma directa, sin necesidad de complejos cálculos matemáticos.

La mayoría de las funciones han sido diseñadas para especies de fustes excurrentes (coníferas), utilizando combinaciones de variables simples de medir tales como el *Dap*, altura total (*Ht*) y en algunos casos un factor de forma (*f*) (Higuera, 1994). La forma funcional de estos modelos es en general del tipo:

$$\text{Volumen} = f(\text{DAP}, \text{Ht}, f) \quad [1]$$

Donde: V = Volumen; DAP = Diámetro a la altura del pecho; Ht = Altura total; f = Factor de forma

En Chile, se han desarrollado funciones estáticas de apoyo a la obtención de las variables agregadas a nivel de rodal, obteniendo un modelo de volumen de árbol individual, modelo de ahusamiento y modelo de altura (INFOR, 2004).

A continuación se entrega la ecuación de volumen para árboles individuales (Bahamondes *et al.*, 1995)

$$V = -0,00198 + 0,000026756 * D^2 * H \quad [2]$$

Donde: V = Volumen individual en m^3 ssc para un $\text{IU} = 5$ cm; D = DAP (cm); H = altura total (m).

El modelo de volumen es utilizado para generar tablas de volumen aplicables a *E. nitens*. Estas tablas, de doble entrada tienen por finalidad entregar el volumen de un árbol en base a parámetros de fácil medición (diámetro y altura) y poder realizar proyecciones de rendimiento.

No obstante que *Eucalyptus nitens* es una especie latifoliada, el comportamiento de su crecimiento en cultivos monoespecíficos es excurrente, por lo cual es factible utilizar funciones de volumen de este tipo.

Numerosos estudios incorporan la razón de copas como variables predictoras en funciones de volumen. Higuera (1994) utiliza la altura de comienzo de copa (*Hcc*) en la ecuación de regresión lineal múltiple para la estimación del volumen ajustada para *Pinus silvestris* L. y *Picea abies* L. La función tiene la forma:

$$V = b_1 * Dap^2 + b_2 Dap^2 * H + b_3 Dap * H^2 + b_4 * H^2 + b_5 * Hcc^2 \quad [3]$$

Donde: V = Volumen total del fuste; Dap = Diámetro a la altura del pecho; H = Altura total del árbol; Hcc = Altura del comienzo de la copa viva; b_i = Constantes de regresión.

En otros países ha sido ajustado este modelo encontrándose que la incorporación de la variable altura comienzo de copa (*Hcc*) fue estadísticamente significativa (Higuera, 1994); para este estudio se cuenta con la medición de dicha variable por lo tanto se estudió la significancia de este modelo para la especie en cuestión (Minte, 2004).

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Caracterización del ensayo en el área de estudio.

El ensayo evaluado en este estudio es parte de los Proyectos FONDECYT 1010174 y Universidad Austral de Chile y DID-S-200024 “Manejo nutritivo de *E. nitens* hasta la etapa de culminación cuantitativa del incremento corriente anual, en suelo rojo arcilloso de la X Región¹”, que fue establecido en el predio Pichimaule, de propiedad de Purstinger-Ludwig y Cía. Ltda., situado a una altitud aproximada de 200 m s.n.m. en la precordillera de la Costa de la Región de Los Lagos, provincia de Llanquihue, en el noroeste de la comuna de Fresia (Anexo 2).

“El clima del sector corresponde al de costa occidental con influencia mediterránea de acuerdo a la clasificación de Köppen (Aparicio, 2001). Existe una frecuencia de 20 a 30 heladas anuales, con un período libre de este fenómeno en el año de 150 a 200 días y una temperatura mínima de -6°C. El régimen de la humedad anual es moderado, con una precipitación de 1.600 a 2.000 mm anuales, lo que marca un excedente para el consumo de la vegetación. No obstante, en verano aumenta la

¹ Actual Región de Los Lagos

evapotranspiración, por lo cual el índice de humedad estival disminuye” (Aparicio, 2001).

El área de estudio se caracteriza por terrenos de topografía de lomajes y colinas, en posición intermedia. El sustrato geológico corresponde a conglomerados volcánicos andesíticos y basálticos, muy alterados, ocasionalmente asociados a tobas volcánicas andesíticas y basálticas. Antes del establecimiento del ensayo el predio se destinaba a ganadería extensiva con praderas naturales, aunque presenta un historial agrícola previo (Leiva, 2000).

3.2 Establecimiento del ensayo

Antes de establecer la plantación se realizó en marzo de 1996 un control químico de malezas preplantación, en toda la superficie del ensayo (32,7 ha), con diferentes productos y en mayo del mismo año se subsoló a 50 cm de profundidad en líneas de plantación. En mayo y junio de 1996 se cultivó el suelo superficial en las líneas de subsolado (1,2 m de ancho) y se aplicó la fertilización preplantación con productos fosforados (rocas fosfóricas).

En junio del mismo año se seleccionaron plantas con una altura de 25-30 cm y un diámetro de 4 mm, provenientes de contenedores con semilla de *Macalyster*, Victoria Central, Australia, para ser plantadas a una densidad de 1.626 plantas por hectárea (aproximadamente 4,1 x 1,5 m de espaciamiento). Para la fertilización efectuada en octubre de 1996 el producto se incorporó en dos bandas de 40 cm de largo y 5 cm de profundidad a una distancia de 5-10 cm de las plantas. Luego se aplicó fertilizantes en los años 1997 y 1999 en dosis determinadas en función del análisis de la oferta del suelo, de la fertilización preplantación y de la demanda que se espera por parte de la plantación. Lo anterior originó seis diferentes tratamientos de fertilización que se detallan en el Cuadro 1.

Específicamente, la fuente de nitrógeno fue urea, de fósforo fue superfosfato triple y de potasio fue sulfato de potasio; para zinc y el cobre fueron sulfatos y para el boro, boronatocalcita. Para la fertilización realizada en septiembre de 1997, el producto fue aplicado en fajas sobre el suelo junto a las hileras de árboles.

La última fertilización se realizó al voleo en toda la superficie del rodal y en este caso la fuente de nitrógeno fue supernitro y para el fósforo el mismo superfosfato triple.

Cuadro 1. Especificaciones de los diferentes tratamientos utilizados en el estudio

Aplicación (preplantación)	Fecha de Fertilización (posplantación)			Tratamiento
	Octubre 1996	Septiembre 1997	Agosto 1999	
BIFOX (8 ha)	Sin fertilizar	Sin fertilizar	Sin fertilizar	B0
	135 g/planta de NPK (20:25:5) + micronutrientes	48 kg ha ⁻¹ P, 45 N, 10 K B, Cu y Zn	100 kg ha ⁻¹ P y 230 kg ha ⁻¹ N	B1
ROCA FOSFÓRICA CAROLINA DEL NORTE	Sin fertilizar	Sin fertilizar	Sin fertilizar	R0
	135 g/planta de NPK (20:25:5) + micronutrientes	48 kg ha ⁻¹ P, 45 N, 10 K B, Cu y Zn	100 kg ha ⁻¹ P y 230 kg ha ⁻¹ N	R1
CONTROL (8,6 ha)	Sin fertilizar	Sin fertilizar	Sin fertilizar	T0
	135 g/planta de NPK (20:25:5) + micronutrientes	96 kg ha ⁻¹ P, 45 N, 10 K B, Cu y Zn	112 kg ha ⁻¹ P y 230 kg ha ⁻¹ N	T1

3.3 Diseño experimental

El diseño empleado corresponde a un diseño dirigido en bloques con dos repeticiones por tratamiento. El diseño de bloques dirigido fue elegido dado las condiciones del sitio homogéneo² y además de la facilidad operativa en el proceso de mediciones que requería la empresa propietaria. En cada tratamiento indicado en el Cuadro 1, se instalaron unidades experimentales (U.E) en forma de rectángulo de 29 * 42 m, con una superficie aproximada de 1.218 m², donde cada U.E incluyó 150 árboles aproximadamente.

La distribución e información sobre fertilización de las parcelas del ensayo se encuentra en anexo 2.

3.4 Base de información dasométrica

El ensayo de fertilización considera seis tratamientos (cuadro 1) donde se midieron las variables DAP, área basal y se estimó el volumen para este trabajo específico. El levantamiento de información dasométrica de los tratamientos a la edad de cuatro, cinco y seis años, permitió definir la estructura diamétrica, área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) de los ensayos. Por otra parte se incluyó información de inventarios

² Gerding, V. 2005. Universidad Austral de Chile, Inst. de Silvicultura. Comunicación personal

posteriores con y sin raleo, registrados a la edad de seis y siete años como último año de medición. Además se consideró para el análisis, el espaciamiento, altura, diámetro altura de tocón (DAT), y funciones de volumen obtenidos por Minte (2004), quien efectuó el desarrollo de estas funciones en el rodal estudiado.

Las variables empleadas en este estudio fueron las siguientes:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP): Variable de importancia dado que sufre cambios con la edad de los individuos, también de fácil medición y permite comparar el desarrollo de los individuos en respuesta a los distintos tratamientos.
- Área basal (AB - m²/ha): Indicador de productividad y ocupación del sitio por parte del rodal:

$$AB = (\pi / 40.000) * DMC^2 * N \text{ (m}^2\text{/ha)} \quad [4]$$

Donde el DMC representa el diámetro medio cuadrático de cada tratamiento (cm), N el número de árboles por hectárea.

- Volumen (m³/ha): El volumen total por unidad de superficie es la expresión más práctica para comparar la productividad.
- Altura total (H - m): Es la variable con mayor cambio con la edad de los individuos, resulta de fácil medición y permite la comparación del desarrollo de los individuos como respuesta de los tratamientos.

3.5 Análisis de datos

Para el análisis de crecimiento se consideraron individuos con DAP mayores a 10 cm, excluyendo los árboles menores a esa categoría por ser una población no representativa para el objetivo del estudio.

Las variables DAP y área basal se analizaron a los cinco, seis y siete años de edad y el volumen a los cinco y seis años. El DAP fue sometido a pruebas estadísticas (Levene) para determinar su normalidad y homogeneidad de varianzas. El efecto de los factores principales, se determinó mediante análisis de varianza (ANOVA) y las comparaciones a posteriori (*post hoc*), entre medias mediante la prueba de Tukey o su equivalente Games – Howell. Las diferencias fueron consideradas significativas con $p < 0,01$. El análisis incluyó el crecimiento en DAP, área basal y volumen, considerando todos los árboles, 400, 200 y 100 árboles mayores equivalentes por hectárea. Para el proceso de datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 10.0 para Windows.

Cabe considerar para resultados y análisis posteriores de las variables en estudio, que de acuerdo a los inventarios en los diferentes tratamientos, se consideró una densidad de 1.500 árboles/ha a la edad de cuatro y cinco años. Posteriormente, a la edad de cinco años (mes de junio) se practicó un raleo, oportunidad en la cual se realizó un inventario de espaciamiento para determinar la densidad residual del rodal después de la intervención. De acuerdo a esta información, se consideró una densidad residual de 750-800 árboles/ha después del raleo, densidad que se mantiene a los seis y siete años de edad, con una extracción de 700 árboles/ha.

3.5.1 Análisis estadístico del crecimiento en diámetro

En el diseño planteado se utilizó estadística descriptiva simple y de comparación de uso común a través de la técnica análisis de varianza. En este caso se describió cada variable y en algunas (DAP) se realizaron comparaciones temporales entre ellas. El análisis permitió determinar diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

Primero se planteó la hipótesis nula, que corresponde a la inexistencia de diferencias significativas en la variable en estudio (DAP) entre los distintos tratamientos, versus la hipótesis alternativa que sí existen diferencias significativas entre tratamientos:

$$H_0: \mu_1 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{12} \text{ v/s } H_1: \mu_1 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{12}$$

Existen distintos métodos estadísticos para resolver esta hipótesis, los cuales están condicionados a la homogeneidad de varianza que poseen los datos. En este esquema primero se realizó una prueba de homogeneidad de la varianza que también se conoce con el nombre de homocedasticidad.

Se planteó una nueva hipótesis, donde H_0 dice que las varianzas del DAP son homogéneas versus H_1 que las varianzas del DAP son heterogéneas:

$$H_1: \delta_1 = \delta_4 = \delta_5 = \delta_8 = \delta_9 = \delta_{12} \text{ v/s } H_1: \delta_1 \neq \delta_4 \neq \delta_5 \neq \delta_8 \neq \delta_9 \neq \delta_{12}$$

Para probar la hipótesis anterior se utilizó el estadístico de Levene, el cual permite contrastar la hipótesis referida a varianzas poblacionales similares (Sokal y Rohlf, 1979). De esta forma, si el estadístico Levene indicó inexistencia en la homogeneidad de la varianza entre los tratamientos estudiados, se utilizó una prueba de Tukey o su equivalente Games – Howell, la cual por sus características de robustez no se ve condicionada a la homogeneidad absoluta de las varianzas de los tratamientos a estudiar³.

3.5.2 Análisis del área basal

A partir de los diámetros medidos se calculó el DMC para cada tratamiento en estudio, el cual permitió obtener los valores totales del AB para cada uno de los tratamientos, de esta forma se obtuvo el área basal continua a los cinco, seis y siete años de edad. Así se pudo comparar y analizar las respuestas de crecimiento de esta variable en cada tratamiento.

3.5.3 Determinación del volumen

El volumen total por unidad de superficie es la expresión más práctica para comparar la productividad. Dentro de este contexto se evaluó el comportamiento en crecimiento volumétrico de dos tratamientos en un periodo de dos años (cinco y seis años de edad). Para cumplir con este objetivo se utilizaron los datos obtenidos en inventarios anteriores, donde se cuenta con las variables necesarias para comparar y analizar los tratamientos en estudio.

Para el cálculo del volumen total por tratamiento en el año cinco y seis se utilizó las funciones de volumen para árboles individuales ajustadas y validadas por Minte (2004), ya que es una función de fácil aplicación y que presentó buenos resultados al ser comparadas con otras funciones (cuadro 2).

Cuadro 2. Indicadores de ajuste y error para la función de volumen (Minte, 2004)

Modelo	R^2	$S_{y,x}$	$Remc$	$Difa$
$Y = -0,0717 + 119,5290 * ABdap^2 + 0,008 * Ht$ [5]	0,987	0,001	0,010	0,001

Volumen total ($m^3/\text{árbol}$)

Donde: Y = volumen total ($m^3/\text{árbol}$)
 $ABdap$ = área basal del DAP (m^2/ha)
 Ht = altura total del árbol (m)

³ Vergara. G. 2006. Universidad Austral de Chile, Inst. de Estadística. Comunicación personal

4. RESULTADOS

4.1 Crecimiento en diámetro

El DAP no mostró diferencias significativas en los tratamientos con roca y testigo en los diferentes años de estudio, considerando la densidad inicial de plantación (cuadro 3). Sin embargo, existieron diferencias de crecimiento diametral a los cinco años de edad entre Bifox (B0) y testigo (T1), esto es atribuible a una mejor respuesta al fertilizante por el testigo, siendo este último el que presenta los mejores crecimientos en el año 2001, vale decir a los cinco años de edad. Esta tendencia se mantiene al comparar los 400, 200, 100, árboles mayores equivalentes por hectárea en donde los testigos con fertilizantes hidrosolubles (T1) y sin fertilizar (T0) presentaron un crecimiento en diámetro equivalente (similar) a los ensayos de roca y Bifox.

Cuadro 3. DAP medio, para los tratamientos en diferentes edades para el total de los árboles y para los mayores 400, 200 y 100 árboles/hectárea.

Año 2001 (5 años de edad)									
DAP (cm)	Total		400			200		100	
Tratamiento	Media ± S	Dif (*)	Media ± S	Dif (*)		Media ± S	Dif (*)		
B0	14,5 ± 2,42	a	17,4 ± 1,04	a b	e f	18,2 ± 0,85	a b c	18,8 ± 0,65	a b
B1	15,3 ± 2,58		18,4 ± 0,97	a		19,1 ± 0,89	d	19,8 ± 0,66	c
RO	14,9 ± 2,34		17,7 ± 0,79	c d	g	18,3 ± 0,62	e f g	18,7 ± 0,75	
R1	15,2 ± 2,81		18,7 ± 1,06	c e		19,5 ± 0,84	a d e	20,2 ± 0,63	d e
T0	15,3 ± 2,99		19,2 ± 1,62	b d		20,4 ± 1,56	b f	21,6 ± 1,06	a c d
T1	15,8 ± 2,82	a	19,3 ± 1,44		f g	20,1 ± 1,42	c g	21,4 ± 1,37	b e
Año 2002 (6 años de edad)									
B0	18,5 ± 3,16		20,74 ± 1,32	a		21,8 ± 0,75		22,4 ± 0,51	a
B1	18,0 ± 3,17		20,5 ± 1,71	b		21,6 ± 1,26		22,8 ± 0,63	b
RO	17,6 ± 2,36		19,2 ± 1,56	a b c d e		20,4 ± 1,27	a b c	21,4 ± 0,86	b c d e
R1	19,0 ± 3,18		21,3 ± 1,55	c d		22,5 ± 1,09	a	23,4 ± 0,95	c
T0	18,3 ± 3,82		21,5 ± 2,03	d		22,9 ± 1,42	b	24,2 ± 0,97	a d
T1	18,4 ± 3,65		21,3 ± 2,07	e		22,9 ± 1,71	c	24,1 ± 1,73	e
Año 2003 (7 años de edad)									
B0	20,0 ± 3,94		24,0 ± 1,29	a		24,9 ± 1,27	a	25,8 ± 1,31	a
B1	20,3 ± 3,74		23,9 ± 1,69	b		24,9 ± 1,46	b	26,0 ± 1,44	b
RO	20,2 ± 3,80		24,6 ± 1,29	c		25,6 ± 1,04	c	26,3 ± 1,15	
R1	21,0 ± 4,61		26,1 ± 1,67	a b c d e		27,3 ± 1,38	a b c	28,44 ± 1,18	a b
T0	20,3 ± 4,77		24,6 ± 1,99	d		26,2 ± 1,44		27,4 ± 1,26	
T1	21,1 ± 3,90		24,4 ± 2,05	e		27,8 ± 2,01		27,2 ± 1,98	

(*) significancia ($p < 0,01$), según prueba de Games –Howell.

(**) significancia ($p < 0,01$), según prueba de Tukey.

Mismas letras compartiendo casillero indican diferencias significativas entre tratamientos.

A los cinco años de edad el testigo sin fertilizar (T0) presentó un incremento medio anual del DAP de 4,1 cm en los 200 árboles más gruesos por hectárea y de 4,3 cm en lo 100 árboles/ha de mayor diámetro. A los seis años de edad el testigo (T0) y el

tratamiento solo con fertilización posplantación (T1) presentaron crecimientos en diámetro superiores al resto de los tratamientos. Esta tendencia se mantiene al evaluar las diferentes densidades, con incrementos medios anuales cercanos a los 3,5 cm. Estos resultados obtenidos en T0 y al ser comparado con el resto de los tratamientos, reflejan la capacidad productiva potencial del sitio.

A los seis años de edad después de la extracción de individuos por efecto del raleo, el cuadro 3 muestra que el tratamiento con mayor número de individuo por hectárea es T1 con 841 árboles/ha, seguido del tratamiento Bifox con fertilización pre y posplantación (B1) con 809 árboles/ha, el tratamiento con menor densidad es roca (R0), con 683 árboles/ha.

En la densidad inicial después del raleo (750-800 árboles remanentes por hectárea) a los seis años, no se producen diferencias significativas entre tratamientos. En la evaluación de los 400 árboles mayores por hectárea el tratamiento roca con fertilización preplantación (R0) es el que más difiere con el resto ya que el crecimiento en DAP es cercano a los 19 cm, en comparación con el de mayor crecimiento (T1), el cual presenta un DAP de 21,5 cm. Sin embargo, roca fertilización pre y posplantación (R1) presenta mejores crecimientos de DAP en comparación con R0, en las diferentes densidades evaluadas.

A los siete años de edad, y analizando los 400 árboles mayores por hectárea, el tratamiento R1 es el que presenta mejores crecimientos en DAP con un incremento anual corriente de 3,7cm. Estos resultados se mantienen al comparar los 200 y 100 árboles mayores por hectárea con un valor de incremento medio anual que supera los 4 cm.

En resumen, al realizar un *ranking* entre los seis tratamientos y seleccionando los tres mejores, los resultados indican que en los tres años de estudio destacan los tratamientos T1, T0 y R1. Sin embargo, existen diferencias entre posiciones en los diferentes años y densidades analizadas. Es así como en el año cinco, el mejor crecimiento lo obtiene testigo solo con fertilización posplantación (T1) esto evaluando el total de la densidad inicial de plantación (15,8 cm) y los 400 árboles más gruesos (19,3 cm), al analizar los 200 y 100 árboles mayores, el tratamiento testigo sin fertilizar (T0), es el que tiene los mejores crecimientos en diámetro. El tratamiento roca con fertilización pre y posplantación (R1) es el que tiene menor crecimiento en DAP. Sin embargo, y tal como da cuenta el cuadro 3, a pesar de las leves ventajas de unos tratamientos sobre otros, no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos al analizar la densidad inicial, 400, 200 árboles más gruesos. Donde si existen diferencias significativas entre los tratamientos es al analizar los 100 árboles mayores.

A los seis años de edad los mejores tratamientos se repiten (T1, T0, R1), sin embargo existe un cambio en el ranking, resultando ahora el siguiente orden en términos de valores en DAP, donde sobresalen T0, T1 y R1. Destacándose T0 como el mejor tratamiento al analizar los 400, 200 y 100 árboles mayores, sin embargo existen diferencias significativas entre los tratamientos solo al analizar los 400 árboles más gruesos. El efecto de la roca fosfórica se hace notar a los siete años de edad, ya que se manifiestan en forma más clara en el mediano y largo plazo, particularmente con un aumento de la productividad de la plantación (Barros *et al.*, 1992). Los resultados avalan esta teoría ya que R1 presenta los mejores resultados al evaluar la densidad inicial, 400 y 100 árboles más gruesos por hectárea, pero cabe destacar que tampoco existen diferencias significativas entre los tres mejores tratamientos.

Al analizar diferentes densidades discriminadas por valores de DAP, a una misma edad se observa que a medida que se disminuye en densidad de árboles/ha y se enfoca el crecimiento en los más gruesos, resultó que las desviaciones estándar por tratamiento disminuyen y la plantación tiende a distribuirse normalmente (figura 1).

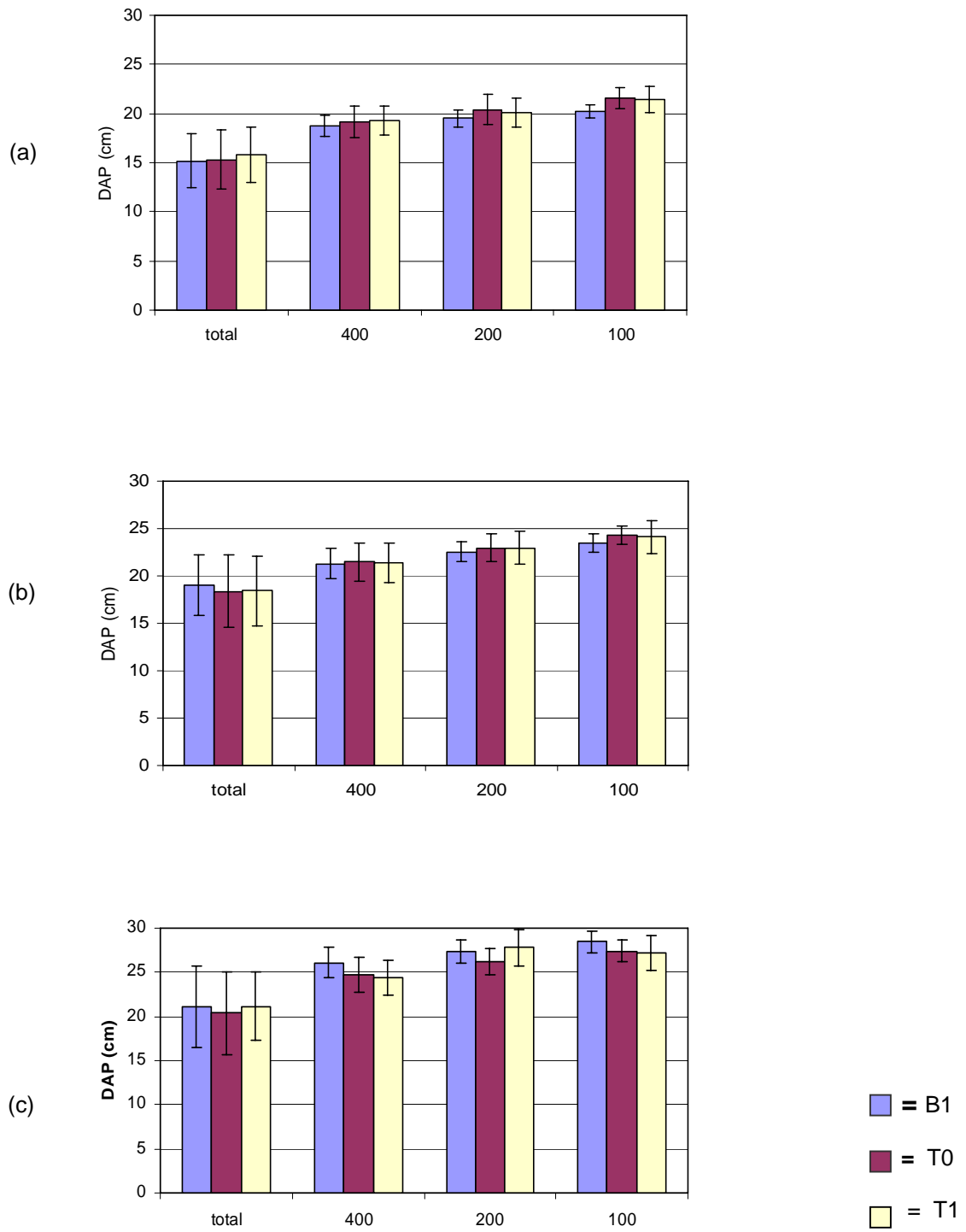


Figura N° 1. Crecimiento en DAP, para *E. nitens* en los diferentes años de estudio, para los tres mejores tratamientos. (a) cinco años; (b) seis años y (c) siete años de edad. Líneas sobre barras corresponden a las desviaciones estándar de los datos

4.2 Crecimiento del área basal

En el cuadro 4 se presentan los resultados del crecimiento en área basal total, para cada tratamiento, en las diferentes densidades y edades estudiadas.

Cuadro 4. Área basal por hectárea, para los tratamientos en los diferentes años edades para el total de los árboles y para los mayores 400, 200 y 100 árboles/hectárea

AB (m ² /ha) , año 2001 (cinco años de edad)				
Tratamiento	Total	400	200	100
B0	24,5	9,5	5,2	2,7
B1	27,5	10,6	5,7	3,0
R0	25,8	9,8	5,2	2,7
R1	28,1	11,0	5,9	3,2
T0	28,6	11,6	6,5	3,6
T1	30,8	11,7	6,5	3,5
año 2002 (seis años de edad)				
Tratamiento	Total	400	200	100
B0	19,8	13,5	7,4	3,9
B1	21,3	13,3	7,3	4,1
R0	17,0	11,6	6,5	3,6
R1	21,8	14,3	8,0	4,3
T0	21,7	14,6	8,3	4,6
T1	23,2	14,4	8,3	4,6
año 2003 (siete años de edad)				
Tratamiento	Total	400	200	100
B0	23,3	18,2	9,8	5,2
B1	27,1	18,1	9,7	5,3
R0	22,8	19,1	10,3	5,4
R1	27,2	21,5	11,7	6,3
T0	26,9	19,2	10,8	5,9
T1	30,5	18,8	10,5	5,8

Al observar el Cuadro 4, se tiene que en el año 2001, es decir, a los cinco años de edad el tratamiento testigo con fertilización posplantación (T1) tiene una mayor densidad con 1.515 árboles/ha, y el tratamiento roca con fertilización preplantación (R0), es el que tiene el menor número de individuos con 1.447 árboles/ha. Los mayores valores de área basal, para el total de la densidad a los cinco años de edad son para el tratamiento T1 con 30,8 m²/ha y el tratamiento con menor área basal es Bifox con fertilización preplantación (B0), con 24,55 m²/ha. Estas diferencias son atribuibles a la densidad en donde T1 tiene una densidad de 1.515 árboles/ha y B0 1.451 árboles /ha.

Los tratamientos que consideran roca con fertilización pre y posplantación (R1) y testigo sin fertilización (T0), tienen similares crecimientos de área basal con valores cercanos a los 28 m²/ha, resultado que nuevamente ratifica la capacidad productiva potencial del sitio.

A los seis años de edad después de efectuado el raleo del 50% de la densidad inicial y analizando el total de la densidad, es el tratamiento testigo (T1), el que tiene la mayor ocupación dentro del sitio con un área basal de 23,25 m²/ha, esto se debe a que este tratamiento es el que tiene el mayor número de árboles, con 841 individuos distribuidos por hectárea.

Al evaluar los 400, 200 y 100 árboles mayores por hectárea, que presentan el mejor desempeño en DAP, a los seis años de edad, se observó que el comportamiento de los tratamientos en crecimiento de área basal es similar a los resultados obtenidos al analizar el DAP (Cuadro 4).

El efecto del raleo se ve reflejado claramente a los siete años de edad, en donde el crecimiento se concentra en el fuste. Para el total de la densidad el tratamiento T1, es el que presenta el mejor rendimiento en área basal con 30,58 m²/ha (841 árboles/ha), valor que apenas es un 10% superior en comparación con sus competidores. Finalmente el Cuadro 4 deja ver una diferencia de 3 m²/ha entre el tratamiento T1 y roca con fertilización pre y posplantación (R1), sin embargo la diferencia de individuos para el total de la densidad entre ambos tratamientos es de 95 árboles. Al calcular el área basal media por individuo para comparar ambos tratamientos bajo un parámetro común, los resultados son similares con un valor de 0,0365 m²/árbol (746 árboles/ha) y 0,0363 m²/árbol (841 árboles/ha), para los tratamientos R1 y T1 respectivamente, lo indica que los árboles del tratamiento R1 tienen un mayor crecimiento en diámetro.

Al hacer un ordenamiento de los tres mejores tratamientos, dentro de los seis seleccionados para el estudio, se obtuvo como resultante los tratamientos T1, T0 y R1 son los que destacan. Los tratamientos testigos son los que tienen la mayor área basal en los años cinco y seis, esto evaluando las diferentes densidades. Sin embargo, en el año siete, después del raleo, el tratamiento roca (R1) es el que domina al analizar los 400, 200 y 100 árboles mayores, resultados que se ratifican al analizar el crecimiento en diámetro.

4.3 Crecimiento volumétrico

La elección de comparar estos dos tratamientos es a partir de los resultados obtenidos en el crecimiento del DAP, en donde ambos tratamientos, es decir, Bifox (B0) y roca (R0), solo tienen fertilización preplantación y presentan valores de DAP similares a los cinco años de edad, esta información fue presentada en el cuadro 3.

El cuadro 5 presenta los resultados volumétricos por hectárea para los dos tratamientos, evaluados a los cinco y seis años de edad, utilizando para estos cálculos la función de volumen 5 presentada en análisis de datos.

Cuadro 5. Volumen de dos tratamientos, a los cinco y seis años de edad.

Año 2001 (cinco años de edad)				
Volumen total (m ³ /ha)				
Tratamiento	Total	400	200	100
B0	120,2	51,2	26,4	14,6
R0	145,1	62,4	31,2	23,0
Año 2002 (seis años de edad)				
Volumen total (m ³ /ha)				
B0	117,4	85,8	48,7	26,0
R0	130,9	92,0	53,2	29,4

A los cinco años de edad existe una diferencia de 52 individuos entre tratamientos con una densidad inicial de 1.451 y 1.503 árboles/ha para los tratamientos roca (R0) y Bifox (B0), respectivamente. Al tomar en cuenta el volumen medio individual, como parámetro más ilustrativo de las dimensiones de los árboles, se obtiene para el año 2001 un volumen medio individual para el total de la densidad de 0,082 m³ y 0,096 m³ para los tratamientos B0 y R0 respectivamente, valores que difieren por tener los tratamientos diferentes densidades.

Existe un incremento medio anual a los cinco años de edad de 29,03 m³/ha/año en el tratamiento roca (R0), en comparación con el incremento medio anual de 24,5 m³/ha/año del tratamiento Bifox (B0). Este resultado es solo atribuible al mayor número de individuos por hectárea que presenta B0, ya que los crecimientos en diámetro a la misma edad en ambos tratamientos son similares (cuadro 3).

Al evaluar los 200 árboles mayores por hectárea, a los cinco años de edad, existe un volumen medio individual similar entre tratamientos con un valor que fluctúa entre 0,13 y 0,15 m³ /individuo.

Analizando los tratamientos a los seis años de edad, después de efectuarse la extracción del 50% de la densidad inicial por efecto de un raleo, el tratamiento R0 (746 árboles/ha) sigue teniendo un mayor volumen por hectárea, aunque la diferencia volumétrica con respecto al tratamiento B0 (715 árboles/ha) se reduce notablemente en comparación a los cinco años de edad. Aunque existe una disminución de la densidad, los tratamientos presentan valores volumétricos levemente menores con respecto a la densidad total antes de la intervención de un 2,4% (B0) y un 10% (R0), en relación a los seis años de edad.

5. DISCUSION

La alta demanda nutritiva de las plantaciones forestales durante su establecimiento y primeras etapas de crecimiento, puede ser satisfecha con la fertilidad natural del suelo. No obstante, cuando, los suelos presentan deficiencias o cuando se desea potenciar el crecimiento, se debe recurrir a la fertilización. Dicha actividad puede ser hecha antes del establecimiento (preplantación) o durante el desarrollo de la plantación, conocida como fertilizaciones posplantación (Schlatter *et al.*, 2001).

La fertilidad natural del suelo depende del material de origen y de las condiciones climáticas. Los suelos utilizados en la producción forestal son manejados en general dentro del concepto de la fertilidad actual (condiciones naturales), a diferencia del sector agrícola para el cual se busca lograr la fertilidad potencial (mejoramiento por cultivo del suelo). Por ello es fundamental para la producción forestal contar con un método analítico integral, que permita al productor adecuar las especies forestales, como también su manejo, a las condiciones naturales del suelo para lograr un buen rendimiento.

Para este estudio, el área corresponde a un suelo con uso histórico forestal, que fue habilitado para usos agrícolas y ganaderos.. De este modo, se hizo necesario la aplicación de rocas fosfóricas (preplantación), ya que el análisis de suelo arrojó un suelo fuertemente ácido, rico en materia orgánica, pobre en fósforo y bases (Leiva, 2000). Las aplicaciones de fósforo, tal como se realizó en el ensayo con rocas fosfóricas, tendrían un rol importante en la fertilización correctiva de cultivos permanentes como son praderas y los árboles en suelos ácidos (Pritchett, 1990; Rodríguez, s/f).

De esta forma, los resultados del análisis llevaron a realizar aplicaciones de roca fosfórica, con esto se esperaba un mejor desempeño en los tratamientos con roca. En tal sentido, los resultados de crecimiento obtenidos en el estudio comprobaron que no existen diferencias significativas al analizar los diferentes tratamientos, edades y densidades, donde el tratamiento con mejor respuesta al crecimiento en diámetro a los siete años de edad correspondió a roca fosfórica, con fertilización pre y posplantación (R1), con crecimientos superiores a los 26 cm (400 árboles/ha), 27 cm (200 árboles/ha) y de 28,5 cm (100 árboles/ha). Por lo tanto, se puede decir que este tipo de fertilizante es conveniente aplicarlo junto a fertilizantes hidrosolubles para obtener buenos resultados. Además los efectos de la roca fosfórica se manifiestan en forma más clara en el mediano y largo plazo, particularmente con un aumento de la productividad de la plantación (Barros *et al.*, 1992). Esto lo corrobora los resultados de crecimiento obtenidos a los cinco y seis años en donde los tratamientos testigos con fertilización posplantación (T1) y testigo sin fertilizar (T0), alcanzaron los mejores crecimientos en las diferentes densidades analizadas.

Naturalmente, en la medida que el suelo es menos fértil requiere más fertilizaciones. En todos los casos resulta fundamental considerar la época de fertilización de acuerdo con las características del sitio (clima, suelo), para el mejor aprovechamiento del fertilizante. Especial cuidado se debe tener respecto del aprovechamiento de la humedad del suelo. También debe tenerse en cuenta que la fertilización es una decisión relevante y el éxito de ella depende del nivel de respuesta de la plantación, en términos de variables con valor económico y del costo incurrido en esta medida de manejo (Gerding, 1997).

Los resultados del ensayo, al comparar sólo los tratamientos preplantación, es decir, Bifox (B0) y roca (R0), indican que a los cuatro y siete años de edad no existen diferencias significativas en el crecimiento del DAP para todas las densidades analizadas. Sólo se observaron diferencias significativas a los seis años en los 400 mejores árboles mayores; por lo tanto, se puede concluir que no hay efecto significativo de la fertilización preplantación, dado que evaluando a los 7 años es indiferente utilizar cualquier tipo de fertilizante (Bifox ó roca).

Respecto a la aplicación de fertilizantes posplantación, ésta se produce cuando se ha expresado una deficiencia nutritiva que debe ser corregida por cuanto impacta a una característica económica que se debe corregir (Gerding, 1997). En otro sentido, si el objetivo es aumentar la producción de madera, se puede realizar una fertilización productiva. Pensando que la fertilización posplantación de los tratamientos fue correctiva, se observa que a los cuatro de edad, al analizar los tratamientos con fertilización pre y posplantación resultó ser el tratamiento testigo solo con fertilización posplantación (T1) el que presentó los mejores resultados de crecimiento en DAP en la densidad inicial y 400 árboles más gruesos. Sin embargo, el tratamiento testigo sin fertilizar (T0) presentó los mejores resultados para los 200 y 100 árboles de mayor DAP. Comparando el crecimiento a los seis años de edad el crecimiento en diámetro del testigo (T0) es superior o igual a T1, en las densidades estudiadas. Estos resultados reflejan la capacidad productiva del sitio demostrada en T0.

Las respuestas en crecimiento están influenciadas no sólo por la fertilización, sino también por las prácticas silvícolas y la eficiencia silvícola de éstas, está en función de la oportunidad y la intensidad (INFOR, 2004). La especie *E. nitens* no presenta buena poda natural, lo que genera presencia de nudos, que ocasiona serios problemas de aserrío y descalifica la calidad de la madera. Por esto, necesariamente se deben realizar podas a las plantaciones destinadas a la producción de madera aserrada (Gerrand *et al.*, 1997).

El objetivo de producción de la empresa propietaria del predio del ensayo es obtener madera aserrable, por ello la decisión de aplicar un raleo y poda entre los 5 y 6 años. Forestry Tasmania, una de las principales empresas que establece *E. nitens* en Australia, maneja con el fin de producir madera aserrable los mejores 300 a 350 árboles/ha, que serán los árboles de la cosecha final (INFOR, 2004). Bajo este marco de análisis, y pensando en densidades finales similares, se analizaron los tratamientos con los 400 árboles más gruesos, a la edad de siete años. Los resultados de este escenario son que el crecimiento en diámetro (26,1 cm) es superior en el tratamiento roca con fertilización pre y posplantación (R1). El área basal tuvo un comportamiento similar al del rendimiento en diámetro.

Al comparar el volumen total por hectárea concentrado en los 400 árboles más gruesos a los seis años de edad en los tratamientos Bifox (B0) y roca (R0) se tiene una estimación solo de productos pulpables que existen en los diferentes ensayos analizados a esta edad, es así como el tratamiento B0 tiene un volumen de 85,8 m³/ha, lo que representa a 55 MR (metro ruma), en comparación con el tratamiento R0 que con un volumen de 92 m³/ha, alcanza un total de producto pulpable de 59 MR, lo que a esta edad no posibilita una diferencia en cuanto a ingresos económicos. No obstante, en estudios posteriores se podría realizar una proyección de crecimiento desde los 4 a 20 años por intermedio de un simulador (EUCASIM), ingresando las diferentes variables de entradas, para así obtener el volumen total diferenciado por tipos de productos (aserrables, pulpables) a lo largo de una rotación.

6. CONCLUSIONES

- Para el total de la densidad en el transcurso de los tres años de estudio no existieron diferencias significativas en el crecimiento en diámetro entre los tratamientos, a excepción de Bifox con fertilización preplantación (B0) y testigo con fertilización posplantación (T1) a los cinco años de edad.
- Los tratamientos testigo con fertilización posplantación (T1), testigo sin fertilizar (T0), y roca con fertilización pre y posplantación (R1) presentaron los mejores crecimientos a lo largo de los tres años de estudio, sin diferencias significativas entre ellos.
- La fertilización preplantación con roca fosfórica carolina del norte, acompañada por fertilizantes aplicados (posplantación) se manifestó a los siete años de edad, en donde R1 presenta los mejores crecimientos en las densidades analizadas. Por lo tanto, se puede concluir que este tipo de fertilizante es necesario aplicarlo junto a fertilizantes hidrosolubles. Además los efectos de roca fosfórica se manifiestan en forma más clara en el mediano y largo plazo.
- Con los resultados obtenidos, se recomienda analizar la posibilidad de no aplicar fertilización por si sola de Bifox (B0) ni roca (R0), ya que no produjeron efectos significativos en el crecimiento.
- Con los ensayos de fertilización e intervenciones silviculturales aplicados en el rodal no se puede definir un tratamiento concreto a utilizar en el futuro, que cumpla con el objetivo de la empresa.
- Por esta razón, se hacen necesarios estudios posteriores y proyecciones de crecimiento, para así determinar el volumen de productos aserrables y pulpables que podría generar el rodal.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, J.L. 2001. Rendimiento y biomasa de *Eucalyptus nitens* con alternativas nutricionales para una silvicultura sustentable en un suelo rojo arcilloso. Tesis Mag. Cs m. Silvicultura. Valdivia. Fac. de Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile. 234 p.
- Bahamóndez, C.; Ferrando, M.; martin, M; Pinilla, J.C. 1995. Determinación de Funciones de Volumen para Eucalipto. Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión y manejo regional del eucalipto. FONDEF-INFOR, Chile.
- Barros, N.F; R.F. Novais; J.C. Neves y P.G. Leal. 1992. Fertilizing Eucalypt Plantation on the Brazilian Savannah Soils. South African Forestry Journal. 160: 7-12 p.
- Brack, C. y Word, G. 1997. Forest Mensuration. Measuring trees, stands and forest for effective forest management. ISBN 0731524136.
- Clutter, J., Fortson, J., Pienaar, P., Brister, G. y Bailey, R. 1992. Timber management. Editorial Krieger publishing Comany Krieger Drive. Florida. Estados Unidos. 139 p.
- Fajardo, M. 1975. Contribución al estudio de los suelos rojo arcillosos del Valle Central. Santiago, IREN. 91 p.
- Géldrez, E.C. 2005. Dinámica de fósforo y calcio en *Eucalyptus nitens* de 4 a 7 años en un suelo rojo arcilloso. Tesis Magíster en Ciencias mención Silvicultura. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Fac. Cs. Forestales. 119 p.
- Gerrard, A.M.; Neilsen, W.A. y Medhurst, J.L. 1997. Thinning and pruning eucalypt plantation for sawlog production in Tasmania. Forestry Commission Tasmania. Tasforest vol. 09. pp: 15-34.
- Gerding, V. 1997. Consideraciones para la fertilización de plantaciones forestales. Curso de postítulo en Fertilización forestal. (Chile), 9 p.
- Gerding, V.; J.E Schlatter; C. Saavedra. 2002. Biomasa de plantaciones de *Eucalyptus nitens* en un suelo rojo arcillosos con fertilización, comuna de Fresia, X Región. I Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Octubre 2002, Santiago, SCHCF. 8 p.

- Gilabert, P. H. 1994. Proposición de un sistema de retroalimentación aplicado a una función de desarrollo en altura dominante de *Pinus radiata* D.Don para un modelo de actualización de inventarios. Tesis. Santiago, Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 135 p.
- Higuera, C. 1994. Funciones de volumen y ahusamiento para Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst y Gualo (*Nothofagus glauca* (Phil) Kraser. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Fac. Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile. 74 p
- INFOR. 2004. Monografía de *Eucalyptus nitens*. Santiago, INFOR. 135 p. (Documento Técnico, 175)
- INFOR-CORFO. 1989. Eucalyptus, principios de silvicultura y manejo. Instituto Forestal. Corporación de Fomento de las Producción. AF – 89/06. Santiago. Chile. 156 p.
- Lama, G. 1976. Atlas del Eucalipto. Sevilla (España), Ins. Nac. De Invest. Agrarias-Ins. Nac. Para la conservación de la Naturaleza. 630 p.
- Leiva, F. 2000. Efectos de una roca fosfórica y una cal como tratamientos base en una plantación de *Eucalyptus nitens* (Maiden) en un suelo rojo arcilloso de la comuna de Fresia, X Región. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Fac. Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile. 82 p.
- Minte, A. 2004. Funciones de volumen y Biomasa para *Eucalyptus nitens* de 5 años de edad. Trab. Tit. Ing. Forestal. Valdivia, Fac. Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile. 75 p.
- Pritchett, W. 1990. Suelos Forestales; propiedades, conservación y mejoramiento. Trad. Por José Hurtado. México (México), Limusa. 634 p.
- Prodan, M.; R. Peters; F. Cox; P. Real. 1997. Mensura Forestal. San Jose (Costa Rica), GTZ- IICA. 586 p.
- Schalatter, J.E.; Gerding, V.; Brant, E. 2001. Silvicultura. En: Sociedad Química y Minera de Chile S.S. (ed.), Agenda del Salitre. Santiago.
- Schalatter, J. 1996. Demanda nutritiva. In: Schatter, J; R. Grez; V. Gerding. Curso de postítulo en fertilización forestal. Valdivia (Chile), s.e. pp. 118-124.
- Sokal, R. ; J. Rohlf. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Trad. por Miguel Lahoz Leon. Nueva York, Universidad del Estado de Nueva York. 830 p.

Tibbits, W. N.; D.B. Boomsma y S, Jarvis. 1997. Distribution, Genetics and Improvement programs for Eucalyptus globulus and E. nitens around the world. En: 24 th. Biennial, Southern Forest. Tree Improvement Conference. Orlando, Junio 9-12 de 1997. Orlando (USA), University of Florida. Pp. 81-95

Toro, J. 1995. Avances en fertilización en Pino radiata y Eucalyptus en Chile. Gerding, V y Schlatter. (eds.). En: Manejo nutritivo de plantaciones forestales. Valdivia (Chile), Abril 25-30 de 1995. Fac. De Cs Forestales, Universidad austral de Chile. Pp 293-299

Vanclay, J.K. 1994. Modeling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forest. Wallingford (UK), CABI. 312 p.

ANEXOS

Anexo 1
Abstract and keywords

Abstract and Keywords

The main goal of this study was to estimate the increase in diameter when trees are under six treatments, in a period of time of 3 years, when trees are 5, 6 and 7 years old. The study was conducted in Tegualda town, Tenth region of The Lakes and evaluations were conducted since 1996, using *Eucalyptus nitens*.

The treatments consider fertilizer applications in different soil substrates: BIFOX®, phosphoric rock, and cal (control). The study evaluates and compares the diameter increase in DBH and basal area in all treatments. To achieve this, it was considered different densities for tree establishment, including the initial density, 400, 200, and 100 trees with the highest DBH per hectare. The research also compares the volume increase in two treatments at 5 and 6 years.

In order to estimate basal area and volume, the study considered calculations using results from inventory at plantation age of 4, 5 and 6 years, and for ages of 6 and 7 years, we include information regarding pruning.

The results of this research show that at ages of 5, 6 y 7 years, the better treatments were control plots with fertilization after plantation (5 years), control plots without fertilization (6 years), and rock with fertilization before and after plantation (7 years). For these treatments there is no statistical differences considering increase in DBH and basal area, in all different ages and almost all densities considered for the study.

Further research is needed that for instance can incorporate a projection in tree growth to establish if can appear statistical differences regarding phenology, considering the purpose of enterprise.

Key words: diameter increase, fertilization, density, volume

Anexo 2

Ubicación del Predio Pichimaule, en la Provincia de Llanquihue, Décima Región

Distribución de ensayos y ubicación de tratamientos



Figura 1. Ubicación del predio Pichimaule

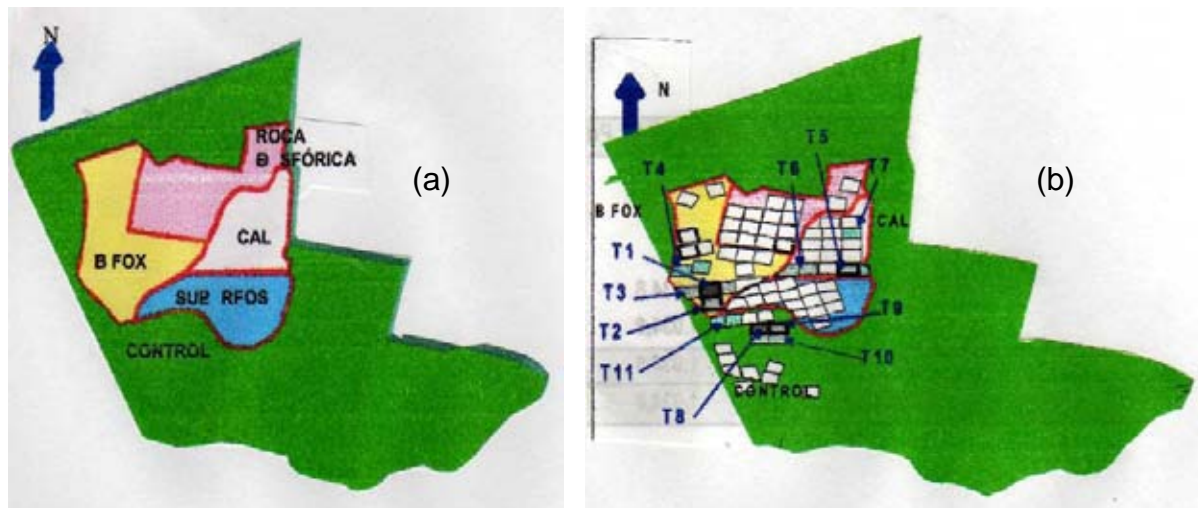


Figura 2. Tratamientos de fertilización (a) y ubicación de parcelas en cada tratamiento (b)

Anexo 3

Densidades de los tratamientos antes y después del raleo

Cuadro 1. Número de árboles por parcela y hectárea de los tratamientos

Año 2001 (cinco años)		
Tratamiento	n	árboles/ha
B0	113	1451
B1	129	1462
R0	107	1447
R1	109	1503
T0	107	1496
T1	112	1515
Año 2002 (seis años)		
Tratamiento	n	árboles/ha
B0	71	715
B1	87	809
R0	69	683
R1	70	746
T0	82	786
T1	84	841
Año 2003 (siete años)		
Tratamiento	n	árboles/ha
B0	71	715
B1	87	809
R0	69	683
R1	70	746
T0	82	786
T1	84	841

Anexo 4

Resultados de salida comparaciones múltiples entre tratamientos, variable DAP, para el total, 400, 200, 100 árboles mayores por hectárea

Cuadro 2. Comparación múltiple para el DAP de la densidad inicial, cinco años de edad

Comparaciones múltiples Variable dependiente: DAP HSD de Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-0,808	0,344	0,174	-1,965	0,349
	R0	-0,410	0,360	0,865	-1,621	0,801
	R1	-0,706	0,358	0,360	-1,911	0,500
	T0	-0,840	0,360	0,181	-2,051	0,371
	T1	-1,365	0,356	0,002	-2,563	-0,168
B1	B0	0,808	0,344	0,174	-0,349	1,965
	R0	0,398	0,349	0,864	-0,776	1,572
	R1	0,103	0,347	1,000	-1,066	1,271
	T0	-0,032	0,349	1,000	-1,206	1,142
	T1	-0,557	0,345	0,588	-1,717	0,603
R0	B0	0,410	0,360	0,865	-0,801	1,621
	B1	-0,398	0,349	0,864	-1,572	0,776
	R1	-0,296	0,363	0,965	-1,518	0,926
	T0	-0,430	0,365	0,848	-1,658	0,798
	T1	-0,955	0,361	0,086	-2,169	0,259
R1	B0	0,706	0,358	0,360	-0,500	1,911
	B1	-0,103	0,347	1,000	-1,271	1,066
	R0	0,296	0,363	0,965	-0,926	1,518
	T0	-0,134	0,363	0,999	-1,356	1,088
	T1	-0,660	0,359	0,442	-1,868	0,548
T0	B0	0,840	0,360	0,181	-0,371	2,051
	B1	0,032	0,349	1,000	-1,142	1,206
	R0	0,430	0,365	0,848	-0,798	1,658
	R1	0,134	0,363	0,999	-1,088	1,356
	T1	-0,525	0,361	0,693	-1,739	0,688
T1	B0	1,365	0,356	0,002	0,168	2,563
	B1	0,557	0,345	0,588	-0,603	1,717
	R0	0,955	0,361	0,086	-0,259	2,169
	R1	0,660	0,359	0,442	-0,548	1,868
	T0	0,525	0,361	0,693	-0,688	1,739

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.01.

Cuadro 3. Comparación múltiple para el DAP de la densidad inicial, seis años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	0,488	0,526	0,930	-1,218	2,194
	R0	0,862	0,556	0,447	-0,723	2,446
	R1	-0,533	0,554	0,919	-2,332	1,265
	T0	0,144	0,533	1,000	-1,757	2,045
	T1	0,117	0,530	1,000	-1,727	1,962
B1	B0	-0,488	0,526	0,930	-2,194	1,218
	R0	0,374	0,530	0,960	-1,118	1,865
	R1	-1,021	0,528	0,342	-2,738	0,695
	T0	-0,344	0,506	0,988	-2,168	1,480
	T1	-0,370	0,503	0,981	-2,136	1,395
R0	B0	-0,862	0,556	0,447	-2,446	0,723
	B1	-0,374	0,530	0,960	-1,865	1,118
	R1	-1,395	0,558	0,039	-2,991	0,201
	T0	-0,717	0,537	0,721	-2,429	0,994
	T1	-0,744	0,534	0,652	-2,392	0,904
R1	B0	0,533	0,554	0,919	-1,265	2,332
	B1	1,021	0,528	0,342	-0,695	2,738
	R0	1,395	0,558	0,039	-0,201	2,991
	T0	0,677	0,535	0,841	-1,233	2,588
	T1	0,651	0,532	0,846	-1,204	2,505
T0	B0	-0,144	0,533	1,000	-2,045	1,757
	B1	0,344	0,506	0,988	-1,480	2,168
	R0	0,717	0,537	0,721	-0,994	2,429
	R1	-0,677	0,535	0,841	-2,588	1,233
	T1	-0,027	0,510	1,000	-1,981	1,928
T1	B0	-0,117	0,530	1,000	-1,962	1,727
	B1	0,370	0,503	0,981	-1,395	2,136
	R0	0,744	0,534	0,652	-0,904	2,392
	R1	-0,651	0,532	0,846	-2,505	1,204
	T0	0,027	0,510	1,000	-1,928	1,981
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01.						

Cuadro 4. Comparación múltiple para el DAP de la densidad inicial, siete años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-0,324	0,539	0,987	-2,008	1,360
	R0	-0,266	0,505	0,994	-1,863	1,331
	R1	-1,052	0,516	0,353	-2,839	0,734
	T0	-0,341	0,572	0,994	-2,397	1,716
	T1	-1,148	0,579	0,293	-2,995	0,700
B1	B0	0,324	0,539	0,987	-1,360	2,008
	R0	0,059	0,500	1,000	-1,474	1,592
	R1	-0,728	0,511	0,718	-2,457	1,002
	T0	-0,016	0,568	1,000	-2,023	1,991
	T1	-0,823	0,575	0,635	-2,616	0,970
R0	B0	0,266	0,505	0,994	-1,331	1,863
	B1	-0,059	0,500	1,000	-1,592	1,474
	R1	-0,786	0,476	0,593	-2,431	0,858
	T0	-0,075	0,536	1,000	-2,010	1,860
	T1	-0,882	0,544	0,510	-2,593	0,830
R1	B0	1,052	0,516	0,353	-0,734	2,839
	B1	0,728	0,511	0,718	-1,002	2,457
	R0	0,786	0,476	0,593	-0,858	2,431
	T0	0,712	0,547	0,863	-1,382	2,806
	T1	-0,095	0,554	1,000	-1,985	1,794
T0	B0	0,341	0,572	0,994	-1,716	2,397
	B1	0,016	0,568	1,000	-1,991	2,023
	R0	0,075	0,536	1,000	-1,860	2,010
	R1	-0,712	0,547	0,863	-2,806	1,382
	T1	-0,807	0,607	0,804	-2,953	1,340
T1	B0	1,148	0,579	0,293	-0,700	2,995
	B1	0,823	0,575	0,635	-0,970	2,616
	R0	0,882	0,544	0,510	-0,830	2,593
	R1	0,095	0,554	1,000	-1,794	1,985
	T0	0,807	0,607	0,804	-1,340	2,953

La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01.

Cuadro 5. Comparación múltiple para el DAP, de los 400 árboles/ha, cinco años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)		Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
			Error típico		Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-1,029	0,292	0,002	-1,909	-0,149
	R0	-0,362	0,303	0,646	-1,201	0,476
	R1	-1,336	0,305	0,000	-2,302	-0,370
	T0	-1,784	0,305	0,000	-3,057	-0,512
	T1	-1,927	0,303	0,000	-3,077	-0,778
B1	B0	1,029	0,292	0,002	0,149	1,909
	R0	0,667	0,294	0,036	-0,100	1,433
	R1	-0,307	0,297	0,837	-1,215	0,601
	T0	-0,755	0,297	0,259	-1,990	0,479
	T1	-0,898	0,294	0,059	-2,003	0,206
R0	B0	0,362	0,303	0,646	-0,476	1,201
	B1	-0,667	0,294	0,036	-1,433	0,100
	R1	-0,974	0,308	0,003	-1,843	-0,105
	T0	-1,422	0,308	0,002	-2,631	-0,213
	T1	-1,565	0,305	0,000	-2,640	-0,490
R1	B0	1,336	0,305	0,000	0,370	2,302
	B1	0,307	0,297	0,837	-0,601	1,215
	R0	0,974	0,308	0,003	0,105	1,843
	T0	-0,448	0,310	0,814	-1,737	0,841
	T1	-0,591	0,308	0,476	-1,760	0,577
T0	B0	1,784	0,305	0,000	0,512	3,057
	B1	0,755	0,297	0,259	-0,479	1,990
	R0	1,422	0,308	0,002	0,213	2,631
	R1	0,448	0,310	0,814	-0,841	1,737
	T1	-0,143	0,308	0,999	-1,562	1,276
T1	B0	1,927	0,303	0,000	0,778	3,077
	B1	0,898	0,294	0,059	-0,206	2,003
	R0	1,565	0,305	0,000	0,490	2,640
	R1	0,591	0,308	0,476	-0,577	1,760
	T0	0,143	0,308	0,999	-1,276	1,562

La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01.

Cuadro 6. Comparación múltiple para el DAP, de los 400 árboles/ha, seis años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
HSD de Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	0,214	0,380	0,993	-1,066	1,494
	R0	1,525	0,387	0,001	0,222	2,828
	R1	-0,565	0,392	0,702	-1,885	0,755
	T0	-0,762	0,383	0,346	-2,050	0,525
	T1	-0,637	0,387	0,568	-1,940	0,665
B1	B0	-0,214	0,380	0,993	-1,494	1,066
	R0	1,311	0,380	0,008	0,031	2,591
	R1	-0,779	0,386	0,330	-2,077	0,518
	T0	-0,977	0,376	0,097	-2,241	0,287
	T1	-0,852	0,380	0,220	-2,132	0,428
R0	B0	-1,525	0,387	0,001	-2,828	-0,222
	B1	-1,311	0,380	0,008	-2,591	-0,031
	R1	-2,090	0,392	0,000	-3,410	-0,770
	T0	-2,288	0,383	0,000	-3,575	-1,000
	T1	-2,163	0,387	0,000	-3,465	-0,860
R1	B0	0,565	0,392	0,702	-0,755	1,885
	B1	0,779	0,386	0,330	-0,518	2,077
	R0	2,090	0,392	0,000	0,770	3,410
	T0	-0,197	0,388	0,996	-1,502	1,107
	T1	-0,072	0,392	1,000	-1,392	1,247
T0	B0	0,762	0,383	0,346	-0,525	2,050
	B1	0,977	0,376	0,097	-0,287	2,241
	R0	2,288	0,383	0,000	1,000	3,575
	R1	0,197	0,388	0,996	-1,107	1,502
	T1	0,125	0,383	1,000	-1,162	1,412
T1	B0	0,637	0,387	0,568	-0,665	1,940
	B1	0,852	0,380	0,220	-0,428	2,132
	R0	2,163	0,387	0,000	0,860	3,465
	R1	0,072	0,392	1,000	-1,247	1,392
	T0	-0,125	0,382	0,999	-1,412	1,162

La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01.

Cuadro 7. Comparación múltiple para el DAP, de los 400 árboles/ha, siete años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	0,097	0,372	1,000	-1,054	1,247
	R0	-0,600	0,379	0,313	-1,611	0,411
	R1	-2,055	0,384	0,000	-3,249	-0,862
	T0	-0,640	0,375	0,516	-1,937	0,656
	T1	-0,350	0,379	0,942	-1,698	0,998
B1	B0	-0,097	0,372	1,000	-1,247	1,054
	R0	-0,697	0,372	0,289	-1,844	0,451
	R1	-2,152	0,377	0,000	-3,458	-0,846
	T0	-0,737	0,368	0,449	-2,136	0,662
	T1	-0,447	0,372	0,888	-1,893	0,999
R0	B0	0,600	0,379	0,313	-0,411	1,611
	B1	0,697	0,372	0,289	-0,451	1,844
	R1	-1,455	0,384	0,001	-2,646	-0,264
	T0	-0,040	0,375	1,000	-1,334	1,253
	T1	0,250	0,379	0,986	-1,096	1,596
R1	B0	2,055	0,384	0,000	0,862	3,249
	B1	2,152	0,377	0,000	0,846	3,458
	R0	1,455	0,384	0,001	0,264	2,646
	T0	1,415	0,380	0,011	-0,017	2,847
	T1	1,705	0,384	0,002	0,228	3,183
T0	B0	0,640	0,375	0,516	-0,656	1,937
	B1	0,737	0,368	0,449	-0,662	2,136
	R0	0,040	0,375	1,000	-1,253	1,334
	R1	-1,415	0,380	0,011	-2,847	0,017
	T1	0,290	0,375	0,987	-1,267	1,848
T1	B0	0,350	0,379	0,942	-0,998	1,698
	B1	0,447	0,372	0,888	-0,999	1,893
	R0	-0,250	0,379	0,986	-1,596	1,096
	R1	-1,705	0,384	0,002	-3,183	-0,228
	T0	-0,290	0,375	0,987	-1,848	1,267
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01.						

Cuadro 8. Comparación múltiple para el DAP, de los 200 árboles/ha, cinco años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-0,927	0,368	0,043	-2,031	0,177
	R0	-0,177	0,385	0,984	-1,172	0,818
	R1	-1,344	0,385	0,002	-2,478	-0,210
	T0	-2,201	0,392	0,002	-4,033	-0,368
	T1	-2,140	0,385	0,001	-3,767	-0,514
B1	B0	0,927	0,368	0,043	-0,177	2,031
	R0	0,750	0,375	0,079	-0,230	1,730
	R1	-0,417	0,375	0,742	-1,540	0,707
	T0	-1,274	0,382	0,115	-3,103	0,555
	T1	-1,213	0,375	0,083	-2,835	0,409
R0	B0	0,177	0,385	0,984	-0,818	1,172
	B1	-0,750	0,375	0,079	-1,730	0,230
	R1	-1,167	0,391	0,003	-2,185	-0,148
	T0	-2,024	0,398	0,003	-3,817	-0,231
	T1	-1,963	0,391	0,001	-3,536	-0,391
R1	B0	1,344	0,385	0,002	0,210	2,478
	B1	0,417	0,375	0,742	-0,707	1,540
	R0	1,167	0,391	0,003	0,148	2,185
	T0	-0,857	0,398	0,476	-2,696	0,982
	T1	-0,797	0,391	0,448	-2,432	0,839
T0	B0	2,201	0,392	0,002	0,368	4,033
	B1	1,274	0,382	0,115	-0,555	3,103
	R0	2,024	0,398	0,003	0,231	3,817
	R1	0,857	0,398	0,476	-0,982	2,696
	T1	0,060	0,398	1,000	-2,030	2,151
T1	B0	2,140	0,385	0,001	0,514	3,767
	B1	1,213	0,375	0,083	-0,409	2,835
	R0	1,963	0,391	0,001	0,391	3,536
	R1	0,797	0,391	0,448	-0,839	2,432
	T0	-0,060	0,398	1,000	-2,151	2,030
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01.						

Cuadro 9. Comparación múltiple para el DAP, de los 200 árboles/ha, seis años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	0,165	0,383	0,993	-0,913	1,243
	R0	1,400	0,407	0,002	0,178	2,622
	R1	-0,753	0,413	0,155	-1,864	0,359
	T0	-1,176	0,403	0,025	-2,485	0,133
	T1	-1,175	0,407	0,087	-2,748	0,398
B1	B0	-0,165	0,383	0,993	-1,243	0,913
	R0	1,235	0,383	0,025	-0,127	2,597
	R1	-0,918	0,389	0,118	-2,187	0,351
	T0	-1,342	0,378	0,019	-2,779	0,096
	T1	-1,340	0,383	0,060	-3,012	0,331
R0	B0	-1,400	0,407	0,002	-2,622	-0,178
	B1	-1,235	0,383	0,025	-2,597	0,127
	R1	-2,153	0,413	0,000	-3,533	-0,772
	T0	-2,576	0,403	0,000	-4,106	-1,047
	T1	-2,575	0,407	0,000	-4,319	-0,831
R1	B0	0,753	0,413	0,155	-0,359	1,864
	B1	0,918	0,389	0,118	-0,351	2,187
	R0	2,153	0,413	0,000	0,772	3,533
	T0	-0,424	0,408	0,894	-1,877	1,030
	T1	-0,422	0,413	0,938	-2,106	1,261
T0	B0	1,176	0,403	0,025	-0,133	2,485
	B1	1,342	0,378	0,019	-0,096	2,779
	R0	2,576	0,403	0,000	1,047	4,106
	R1	0,424	0,408	0,894	-1,030	1,877
	T1	0,001	0,403	1,000	-1,795	1,797
T1	B0	1,175	0,407	0,087	-0,398	2,748
	B1	1,340	0,383	0,060	-0,331	3,012
	R0	2,575	0,407	0,000	0,831	4,319
	R1	0,422	0,413	0,938	-1,261	2,106
	T0	-0,001	0,403	1,000	-1,797	1,795
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01						

Cuadro 10. Comparación múltiple para el DAP, de los 200 árboles/ha, siete años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
HSD de Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	0,027	0,437	1,000	-1,478	1,532
	R0	-0,700	0,464	0,660	-2,300	0,900
	R1	-2,418	0,470	0,000	-4,039	-0,798
	T0	-1,288	0,459	0,063	-2,869	0,293
	T1	-0,850	0,464	0,450	-2,450	0,750
B1	B0	-0,027	0,437	1,000	-1,532	1,478
	R0	-0,727	0,437	0,558	-2,232	0,778
	R1	-2,445	0,443	0,000	-3,972	-0,918
	T0	-1,315	0,431	0,033	-2,799	0,169
	T1	-0,877	0,437	0,344	-2,382	0,628
R0	B0	0,700	0,464	0,660	-0,900	2,300
	B1	0,727	0,437	0,558	-0,778	2,232
	R1	-1,718	0,470	0,005	-3,339	-0,098
	T0	-0,588	0,459	0,794	-2,169	0,993
	T1	-0,150	0,464	1,000	-1,750	1,450
R1	B0	2,418	0,470	0,000	0,798	4,039
	B1	2,445	0,443	0,000	0,918	3,972
	R0	1,718	0,470	0,005	0,098	3,339
	T0	1,130	0,465	0,154	-0,472	2,732
	T1	1,568	0,470	0,014	-0,052	3,189
T0	B0	1,288	0,459	0,063	-0,293	2,869
	B1	1,315	0,431	0,033	-0,169	2,799
	R0	0,588	0,459	0,794	-0,993	2,169
	R1	-1,130	0,465	0,154	-2,732	0,472
	T1	0,438	0,459	0,931	-1,143	2,019
T1	B0	0,850	0,464	0,450	-0,750	2,450
	B1	0,877	0,437	0,344	-0,628	2,382
	R0	0,150	0,464	1,000	-1,450	1,750
	R1	-1,568	0,470	0,014	-3,189	0,052
	T0	-0,438	0,459	0,931	-2,019	1,143
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01						

Cuadro 11. Comparación múltiple para el DAP, de los 100 árboles/ha, cinco años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
HSD de Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-0,965	0,430	0,242	-2,525	0,594
	R0	0,098	0,458	1,000	-1,563	1,759
	R1	-1,402	0,458	0,043	-3,063	0,259
	T0	-2,830	0,458	0,000	-4,491	-1,169
	T1	-2,545	0,458	0,000	-4,206	-0,884
B1	B0	0,965	0,430	0,242	-0,594	2,525
	R0	1,063	0,446	0,187	-0,554	2,681
	R1	-0,437	0,446	0,922	-2,054	1,181
	T0	-1,865	0,446	0,002	-3,482	-0,248
	T1	-1,579	0,446	0,013	-3,197	0,038
R0	B0	-0,098	0,458	1,000	-1,759	1,563
	B1	-1,063	0,446	0,187	-2,681	0,554
	R1	-1,500	0,473	0,033	-3,215	0,215
	T0	-2,929	0,473	0,000	-4,644	-1,213
	T1	-2,643	0,473	0,000	-4,358	-0,927
R1	B0	1,402	0,458	0,043	-0,259	3,063
	B1	0,437	0,446	0,922	-1,181	2,054
	R0	1,500	0,473	0,033	-0,215	3,215
	T0	-1,429	0,473	0,048	-3,144	0,287
	T1	-1,143	0,473	0,177	-2,858	0,573
T0	B0	2,830	0,458	0,000	1,169	4,491
	B1	1,865	0,446	0,002	0,248	3,482
	R0	2,929	0,473	0,000	1,213	4,644
	R1	1,429	0,473	0,048	-0,287	3,144
	T1	0,286	0,473	0,990	-1,430	2,001
T1	B0	2,545	0,458	0,000	0,884	4,206
	B1	1,579	0,446	0,013	-0,038	3,197
	R0	2,643	0,473	0,000	0,927	4,358
	R1	1,143	0,473	0,177	-0,573	2,858
	T0	-0,286	0,473	0,990	-2,001	1,430
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01						

Cuadro 12. Comparación múltiple para el DAP, de los 100 árboles/ha, seis años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
Games-Howell						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-0,464	0,445	0,465	-1,455	0,527
	R0	0,950	0,456	0,082	-0,360	2,260
	R1	-1,044	0,468	0,101	-2,580	0,491
	T0	-1,850	0,456	0,001	-3,314	-0,386
	T1	-1,750	0,456	0,090	-4,304	0,804
B1	B0	0,464	0,445	0,465	-0,527	1,455
	R0	1,414	0,445	0,007	0,070	2,758
	R1	-0,581	0,458	0,630	-2,133	0,972
	T0	-1,386	0,445	0,017	-2,874	0,102
	T1	-1,286	0,445	0,302	-3,839	1,266
R0	B0	-0,950	0,456	0,082	-2,260	0,360
	B1	-1,414	0,445	0,007	-2,758	-0,070
	R1	-1,994	0,468	0,002	-3,681	-0,308
	T0	-2,800	0,456	0,000	-4,440	-1,160
	T1	-2,700	0,456	0,007	-5,280	-0,120
R1	B0	1,044	0,468	0,101	-0,491	2,580
	B1	0,581	0,458	0,630	-0,972	2,133
	R0	1,994	0,468	0,002	0,308	3,681
	T0	-0,806	0,468	0,480	-2,580	0,969
	T1	-0,706	0,468	0,868	-3,328	1,917
T0	B0	1,850	0,456	0,001	0,386	3,314
	B1	1,386	0,445	0,017	-0,102	2,874
	R0	2,800	0,456	0,000	1,160	4,440
	R1	0,806	0,468	0,480	-0,969	2,580
	T1	0,100	0,456	1,000	-2,509	2,709
T1	B0	1,750	0,456	0,090	-0,804	4,304
	B1	1,286	0,445	0,302	-1,266	3,839
	R0	2,700	0,456	0,007	0,120	5,280
	R1	0,706	0,468	0,868	-1,917	3,328
	T0	-0,100	0,456	1,000	-2,709	2,509
La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,01						

Cuadro 13. Comparación múltiple para el DAP, de los 100 árboles/ha, siete años de edad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: DAP						
HSD de Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias Error		Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
		(I-J)	típico		Límite inferior	Límite superior
B0	B1	-0,291	0,626	0,997	-2,512	1,930
	R0	-0,500	0,641	0,970	-2,774	1,774
	R1	-2,644	0,658	0,002	-4,980	-0,309
	T0	-1,600	0,641	0,143	-3,874	0,674
	T1	-1,400	0,641	0,262	-3,674	0,874
B1	B0	0,291	0,626	0,997	-1,930	2,512
	R0	-0,209	0,626	0,999	-2,430	2,012
	R1	-2,354	0,644	0,007	-4,639	-0,069
	T0	-1,309	0,626	0,307	-3,530	0,912
	T1	-1,109	0,626	0,492	-3,330	1,112
R0	B0	0,500	0,641	0,970	-1,774	2,774
	B1	0,209	0,626	0,999	-2,012	2,430
	R1	-2,144	0,658	0,023	-4,480	0,191
	T0	-1,100	0,641	0,527	-3,374	1,174
	T1	-0,900	0,641	0,724	-3,174	1,374
R1	B0	2,644	0,658	0,002	0,309	4,980
	B1	2,354	0,644	0,007	0,069	4,639
	R0	2,144	0,658	0,023	-0,191	4,480
	T0	1,044	0,658	0,611	-1,291	3,380
	T1	1,244	0,658	0,419	-1,091	3,580
T0	B0	1,600	0,641	0,143	-0,674	3,874
	B1	1,309	0,626	0,307	-0,912	3,530
	R0	1,100	0,641	0,527	-1,174	3,374
	R1	-1,044	0,658	0,611	-3,380	1,291
	T1	0,200	0,641	1,000	-2,074	2,474
T1	B0	1,400	0,641	0,262	-0,874	3,674
	B1	1,109	0,626	0,492	-1,112	3,330
	R0	0,900	0,641	0,724	-1,374	3,174
	R1	-1,244	0,658	0,419	-3,580	1,091
	T0	-0,200	0,641	1,000	-2,474	2,074
La diferencia entre las, medias es significativa al nivel 0,01						

Anexo 5

Datos para el cálculo de volumen de los tratamientos B0 y R0

Cuadro 14. Datos utilizados para el cálculo de volumen

Año 2001			
Total			
Tratamiento	DAP (cm)	*ABDap (m ² /ha)	Altura (Ht)
B0	14,5	0,00027	15,3
R0	15,2	0,00033	16,6
400 árboles/ha			
B0	17,4	0,00056	16,7
R0	18,7	0,00075	17,3
200 árboles/ha			
B0	18,2	0,00067	15,5
R0	19,5	0,00089	15,2
100 árboles/ha			
B0	18,8	0,00077	15,8
R0	21,6	0,00089	17,8
Año 2002			
Tratamiento	DAP (cm)	ABDap (m ² /ha)	Altura (Ht)
B0	18,5	0,00072	18,5
R0	19,06	0,00081	18,8
400 árboles/ha			
B0	20,74	0,00114	18,7
R0	21,3	0,00227	18,7
200 árboles/ha			
B0	21,81	0,00141	18,5
R0	22,55	0,00161	18,4
100 árboles/ha			
B0	22,41	0,00155	18,3
R0	23,44	0,00186	18,0

*ABDap: área basal del DAP