

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECA**

**EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE RALEO EN *Pinus taeda* L. EN  
TACUAREMBÓ**

**Subtitulo Etapa 1: Instalación y evaluación inicial**

**por**

**Federico LUSSICH**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.  
(Orientación Forestal)**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2002**

Tesis aprobada por:

Director: Juan Cabris  
Nombre completo y firma

Ana Terzaghi  
Nombre completo y firma

Guillermo Moras  
Nombre completo y firma

Fecha: 14 de noviembre 2002

Autor: Federico Lussich  
Nombre completo y firma

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar al director del trabajo Juan Cabris por su constante colaboración y participación tanto en el trabajo de campo como en la parte teórica. También a Rafael Escudero por su apoyo en el trabajo de campo y a Guillermo Moras por la corrección de la tesis.

En cuanto a la revisión bibliográfica se agradece a la biblioteca de la Facultad de Agronomía por la búsqueda de los trabajos de interés relacionados a la temática de la tesis. A la empresa Colovade S.A por el interés de realizar esta tesis así como toda la información brindada de los distintos trabajos científicos por parte de su biblioteca. También se agradece a la empresa por haber colaborado en las mediciones. Por último a Pablo Rodríguez Sotto por su ayuda en los trabajos de campo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
<b>1-INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1-FUNDAMENTOS DEL RALEO.....	3
2.1.1-Definición.....	3
2.1.2-Peso del raleo.....	3
2.1.3-Métodos del raleo.....	4
2.1.4- <u>Momento e intervalos y severidad del raleo</u> .....	6
2.1.5-Ensayos de raleo en <i>Pinus taeda</i> .....	7
2.2- EFECTOS DENDROMETRICOS Y DASOMETRICOS DEL RALEO .....	7
2.2.1- <u>Diámetro</u> .....	7
2.2.2- <u>Área Basal</u> .....	10
2.2.3- <u>Índices de Densidad</u> .....	11
2.2.4- <u>Altura</u> .....	15
2.2.5- <u>Factor de Forma</u> .....	16
2.2.6- <u>Volumen</u> .....	16
2.2.7- <u>Otros efectos del raleo</u> .....	17
<b>3-MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
3.1-TRABAJO DE <b>CAMPO</b> .....	18
3.2-CALCULOS Y PROCESAMIENTO DE <b>DATOS</b> .....	22
<b>4-RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	26
4.1- PESO DEL RALEO.....	26
4.2- DIÁMETRO A LA ALTURA DE REFERENCIA (1.37 m).....	27
4.3-TASA DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO.....	30
4.4-ÁREA BASAL.....	32
4.5-ALTURA TOTAL.....	35
4.6-TASA DE CRECIMIENTO EN ALTURA.....	37
4.7-FACTOR DE FORMA.....	38
4.8-VOLUMEN.....	42
4.8.1-Volumen total.....	42
4.8.2-Volumen medio por árbol.....	44
4.9-TASA DE INCREMENTO EN VOLUMEN.....	46
4.10-COEFICIENTE DE ESPACIAMIENTO.....	48
4.11 -FACTOR DE ESPACIAMIENTO.....	51

<b><u>5-CONCLUSIONES</u></b> .....	54
<b><u>6-RESUMEN</u></b> .....	56
<b><u>SUMMARY</u></b> .....	58
<b><u>8-BIBLIOGRAFIA</u></b> .....	59
<b><u>9-APENDICES/ ANEXOS</u></b> .....	62

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Tabla N°	Página
1. Comparación de rendimiento medios de existencias en crecimientos de <i>Pinus taeda</i> inmediatamente después de raleo selectivo y testigo sin raleo.....	6
2. Valores promedio de parcelas en el estudio de raleo de plantaciones en 121 localidades en las Planicies Costeras Sur y el Piedmont .....	11
3. Tratamiento expresado en número de árboles por hectárea y parcela.....	20
4. Área basal extraída en porcentaje y árboles extraídos según tratamiento.....	27
5. Análisis de varianza para diámetro a la altura de referencia. ....	29
6. Diámetros a la altura de referencia por bloque según fecha.....	29
7. Diámetros a la altura de referencia (1.37 m) en las fechas de diciembre, enero, marzo y mayo según tratamiento.....	30
8. Análisis de varianza para tasa de crecimiento en diámetro a la altura de referencia. ....	31

9.	Tasa de crecimiento en diámetro en los períodos enero-marzo y marzo-mayo según tratamiento.....	32
10.	Análisis de varianza para área basal total.....	33
11.	Área basal total por bloque según fecha.....	34
12.	Área basal total de los meses de diciembre, enero, marzo y mayo según tratamiento.....	34
13.	Análisis de varianza para altura total.....	36
14.	Altura total por bloque según fecha.....	36
15.	Altura total en enero y mayo según <del>tratamiento</del> .....	37
16.	Tasa de incremento en altura en el período enero-mayo según <del>tratamiento</del> .....	37
17.	Factor de forma promedios con corteza calculados con volumen aparente con corteza según su clase diamétrica con 95% y 99% de confianza.....	39
18.	Análisis de varianza para factor de forma con <del>corteza</del> .....	40
19.	Factor de forma promedios sin corteza calculados con volumen aparente sin corteza según su clase diamétrica con 95% y 99% de confianza.....	41
20.	Variabilidad según corteza, bloque y clase <del>diamétrica</del> .....	41
21.	Análisis de varianza para volumen total por unidad de superficie al inicio y al final del período de mediciones.....	42
22.	Volumen total según bloque.....	43
23.	Volumen total en los meses de enero y mayo según tratamiento....	43

24.	Análisis de <b>varianza</b> para volumen total individual promedio al inicio y al final del período de mediciones. ....	45
25.	Volumen total individual medio (m <sup>3</sup> ) según <b>bloque</b> .....	45
26.	Volumen medio por árbol en los meses de enero y mayo según <b>tratamiento</b> .....	46
27.	Análisis de <b>varianza</b> para tasa de incremento en volumen del período de <b>medición</b> .....	47
28.	Tasa de incremento en volumen según <b>tratamiento</b> .....	47
29.	Análisis de <b>varianza</b> para el coeficiente de <b>variación</b> .....	49
30.	Coeficiente de espaciamiento por bloque según <b>fecha</b> .....	49
31.	Coeficiente de espaciamiento en los meses de enero, marzo y mayo según <b>tratamiento</b> .....	50
32.	Análisis de <b>varianza</b> de factor de espaciamiento al inicio y al final del período de mediciones.....	52
33.	Factor de espaciamiento promedio según <b>bloque</b> .....	52
34.	Factor de espaciamiento en enero y mayo según <b>tratamiento</b> .....	53
35.	Porcentaje de área basal total extraída por <b>parcela</b> .....	60
36.	Porcentaje de árboles extraídos según <b>parcela</b> .....	61

#### Gráfico N°

1.	Diámetro a la altura de referencia (1.37 m) según fecha de <b>medición</b> .....	28
2.	Tasa de incremento en diámetro según <b>período</b> .....	31
3.	Área basal total según <b>fecha</b> .....	33

4.	Altura total según fecha de <b>medición</b> .....	35
5.	Tasa de incremento en altura total según tratamiento.....	38
6.	Factor de forma con y sin corteza tomando en cuenta volumen aparente con corteza según clase diamétrica.....	39
7.	Factor de forma con y sin corteza tomando en cuenta volumen aparente con y sin corteza respectivamente según clase <b>diamétrica</b> .....	40
8.	Volumen total según fecha.....	42
9.	Volumen medio por árbol según fecha de medición.....	44
10.	Tasa de incremento en volumen para el período de referencia.....	46
11.	Coefficiente de espaciamiento según <b>fecha</b> .....	48
12.	Factor de espaciamiento según fecha de medición.....	51

#### Foto N°

1.	Tratamiento con 1000 árboles por hectárea en <b>parcela</b> número 5....	21
2.	Tratamiento con 750 árboles por hectárea en <b>parcela</b> número 51....	21
3.	Tratamiento con 500 árboles por hectárea en <b>parcela</b> número 1.....	22

#### Figura N°

1.	Croquis del ensayo. Número de <b>parcela</b> , <b>tratamiento</b> , número de árboles por <b>parcela</b> y área <b>basimétrica</b> .....	19
----	--	----

## 1-INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de *Pinus taeda* L, una de las principales especies forestales bajo cultivo en nuestro país. En el mismo estudia el raleo en particular precomercial en *Pinus taeda* creciendo en suelos CONEAT 7 en el departamento de Tacuarembó, el cual tiene un desarrollo futuro que abarca todo el ciclo de raleos.

En Uruguay se forestaron bajo proyecto 533.542 ha hasta el año 2000, de las cuales 130.629 ha pertenecen al género *Pinus*. Dentro de esta superficie la especie *Pinus taeda* L. es la que cobra mayor importancia, seguida de *Pinus elliotii* var *elliotii*. En cuanto a la edad de estas plantaciones se observa que son muy jóvenes ya que 95.631 ha (73.2 %) son menores a los 5 años. De esta manera el *Pinus taeda* L ha pasado a ser una de las principales especies forestales en los últimos años. Esta especie tiene buena adaptabilidad y comportamiento, estando ubicada mayoritariamente en la zona noreste, ocupando el género una superficie de 99.686 ha entre los departamentos de Rivera y Tacuarembó, (División Forestal, 2000).

El aumento del área plantación se vio fuertemente favorecida por la ley 15.939. Los incentivos de esta ley y sus decretos reglamentarios están dados por la exoneración de impuestos, subsidios y créditos para una serie de suelos. Estos suelos de prioridad forestal corresponden mayoritariamente a los grupos CONEAT 2; 7; 8; 9. Los impuestos exonerados son los que gravan la tierra, a saber contribución inmobiliaria, impuesto al patrimonio e IMAGRO. Los subsidios corresponden al cobro del 50% del costo ficto de la plantación. Para que se contemple con dicha ley y decretos se deberá tener una densidad superior a los 833 árboles /ha.

De lo anteriormente expresado la densidad de plantación debe ser superior a la indicada anteriormente, para el caso del ensayo la misma es de 1000 árboles/ha con lo que se puede suponer que se requiere de un raleo precomercial para obtener diámetros mayores. Si realmente es necesario se debe estudiar el efecto que puede tener bajo las condiciones de cultivo sobre los productos que se obtienen a lo largo de la rotación. También se debe evaluar en caso de que se aplique el raleo que proporción de árboles habría que retirar.

En cuanto a los objetivos perseguidos en términos generales por el raleo son a) el control de las relaciones de competencia entre individuos; b) la selección, en una ó más instancias, los árboles que se cultivan según vigor, tasa de crecimiento y forma; c) la eventual cosecha de material leñoso aprovechable en forma anticipada a la corta final. En el raleo precomercial en punto válido es (b) ya que aún no se ha llegado a la competencia.

El raleo precomercial del cual trata este trabajo, se requiere para maximizar el diámetro de las trozas, conjuntamente con la poda para obtener madera libre de nudos. Es de esta forma que se puede obtener una gama más amplia de productos de alto valor combinando a la poda con el raleo. Esto se debe a que con la poda se

obtiene una mayor proporción de madera libre de nudos y a que con el raleo se aumenta el diámetro de las trozas (PRAIF, 1996).

El raleo precomercial tiene un efecto sobre las variables dendrométricas del rodal, debido a la eliminación de los árboles con valores menos deseables. El raleo precomercial afecta la tasa de crecimiento de variables dendrométricas y la conformación de los árboles del rodal remanente de manera significativa. Puede establecerse una relación entre la severidad del raleo precomercial y las variables en tasa de crecimiento y conformación de los árboles remanentes durante la primera estación de crecimiento siguiente al raleo.

Los antecedentes de trabajos de raleo para *Pinus* y específicamente sobre raleo precomercial son muy escasos en nuestro país. Se pueden mencionar trabajos finales de la Facultad de Agronomía, uno sobre influencia del espaciamiento en el crecimiento diámetro anual de *Pinus taeda* L. sobre suelos de la unidad Tacuarembó (Cardozo *et al*, 1986), y otro acerca del comportamiento de un rodal de *Pinus radiata* en relación a factores de sitio en Aguas Blancas, Departamento de Lavalleja, (Graf, 1985).

Este trabajo es el primero de una serie sobre el mismo ensayo, que continuará evaluando hasta su cosecha final. La información generada será aplicable a situaciones similares (*Pinus taeda* L. de edad menor a 3 años, creciendo sobre suelos CONEAT 7), tanto dentro de la empresa propietaria donde se abarcan con el ensayo cerca de 40000 hectárea a escala nacional. En el mediano plazo, dará fundamento al diseño de calendarios de raleo y sistemas silvícolas y al desarrollo de modelos de crecimiento y rendimiento. Dichos modelos podrán ser utilizados con fines de simulación y evaluación de alternativas silvícolas.

Los objetivos del trabajo son:

- 1) Establecer si existen diferencias entre tratamientos en un ensayo de raleos precomerciales (nueve densidades residuales, *viz.* 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 y un control con 1000 árboles /ha) en cuanto a diámetro a la altura de referencia (1.37 m), área basal, altura total, volumen total y medio, las tasas de crecimiento en diámetro de referencia, altura total y volumen medio individual, así como los índices de densidad de coeficiente de espaciamiento y factor de espaciamiento.
- 2) Evaluar las diferencias de dichas variables para los tres bloques diseñados de manera de poder determinar los sitios correspondientes al ensayo.
- 3) Calcular porcentajes de extracción, en términos de área basimétrica y número de árboles.

## 2-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1-FUNDAMENTOS DEL RALEO

#### 2.1.1-Definición

El raleo es una corta que se realiza en un cultivo forestal inmaduro de modo de acelerar el incremento diametral fundamentalmente (Shepherd, 1986 ). Hawley y Smith (1972), por su parte manifiestan que el raleo permite regular la distribución del espacio de crecimiento.

El raleo se diferencia de otras cortas intermedias ya que en el mismo se busca generalmente favorecer a los árboles dominantes cortando los árboles menores, esto es en la mayoría de los casos ya que una vez que los árboles han reducido su copa no es posible restablecer su posición dominante (especies intolerantes). En otras cortas se tiene por objeto extraer árboles dominantes claramente indeseables (Hawley y Smith, 1972). Hay que tener en cuenta que al igual que otras prácticas silvícolas, se observa en sitios de alta calidad mayor respuesta biológica y económica a raleos intensivos que en sitios de baja calidad (Lundgren, 1965; cit por Liechty *et al.* 1985).

Cuando el producto del raleo tiene un mercado, éste puede denominarse raleo comercial y cuando no se dispone de un mercado para la cosecha se designa raleo no comercial o raleo pre-comercial (Shepherd, 1986 ). Si bien en este raleo no se obtienen ganancias por el raleo en si pero se logra obtener mayores incrementos futuros en volumen comercial (Zahner y Whitmore, 1960). Mann y Lohrey (1974) comparten lo expresado ya que observaron mayor velocidad de crecimiento y incremento en diámetro.

A continuación se pasa a describir los distintos elementos del raleo en orden de importancia para el ensayo en cuestión. De esta manera se definirán: peso del raleo, métodos de raleo, momento del primer raleo e intervalos y severidad.

#### 2.1.2-Peso del raleo

El peso del raleo habitualmente será controlado especificando la densidad residual del rodal ya sea como número de árboles por ha o bien como área basal por ha. La densidad según este autor se debe manejar según la altura predominante del dosel (Shepherd, 1986 ).

Burkhardt (1990) expresa que se han desarrollado muchos índices de espaciamiento para determinar la intensidad de los raleos, siendo caracterizados en cuatro grupos un total de 17 índices. Estos grupos se diferencian por estar basados en: ~~área~~ área basal y suma de diámetros, alturas y volúmenes.

Existen distintas formas de establecer la intensidad del raleo. Wiley y Zeide (1990) describen el desarrollo de una plantación de *Pinus taeda* L de 12 años de edad raleada a diferentes densidades, en el Sureste de Arkansas en 1970. Este estudio, que incluía cuatro tratamientos de raleo combinados con tres tratamientos de poda y un testigo sin podar en tres bloques completos al azar, fue raleado a la edad de 12 años hasta densidades de 40, 60, 80 y 100 pies<sup>2</sup>/acre (9.18; 13.77; 18.36 y 22.96 m<sup>2</sup>/ha). A la edad de 15 años se redujeron estas áreas basales a 30, 50, 70 y 90 pies<sup>2</sup>/acre (6.89; 11.48; 16.07 y 20.66 m<sup>2</sup>/ha) respectivamente. Se mantuvieron los mismos niveles de densidad mediante raleos a las edades de 24, 27 y 30 años.

Una gran cantidad de trabajos se realizaron a partir de ensayos distribuidos en 186 localidades en la zona de distribución de *Pinus taeda* L. Las parcelas fueron establecidas en el periodo 1980-1982 en un rango de plantaciones de 8 a 24 años. En cada localidad se instalaban tres parcelas en un sitio homogéneo asignando a cada parcela cada tratamiento. Los tres tratamientos fueron: control, raleo liviano ( 1/3 de área basal extraída) y raleo pesado (1/2 área basal extraída), (Zhang *et al.* 1997).

Clason (1994) por su parte establece un ensayo de 4 años de edad de *Pinus taeda* L en el cual toma 5 densidades de: 2471, 1483, 741, 494 y 247 árboles por hectárea. El raleo inicial a todas estas parcelas fue precomercial llevando el tratamiento de mayor densidad a 2471 y el resto a 1483 árboles por hectárea. Luego los tratamientos de 741, 494 y 247 árboles por hectárea se raleaban de los 1483 árboles por hectárea a los 6.25, 7.25 y 7.75 años respectivamente.

### 2.1.3-Métodos de raleo

En cuanto al tipo de raleo se define como el orden por el cual se retiran árboles de las diversas clases de copa. Los raleos pueden clasificarse de la siguiente manera: raleo por lo bajo, raleo por lo alto, raleo sistemático, raleo de selección y raleo selectivo

El raleo por lo bajo es el que anticipa el patrón normal de senescencia y mortalidad. Los primeros árboles en retirar son: los suprimidos (árboles más pequeños). El efecto de estos es muy bajo sobre el rodal remanente pero permite sacar posibles focos de infección y dispersión de plagas. A estos le siguen los intermedios los cuales si tienen un efecto mayor sobre el resto de los árboles remanentes. Es así entonces que se sacan los árboles de menor clase de copa aumentando de clase según el peso del raleo.

El raleo por lo alto se quitan los árboles que tienen una mayor competencia que aquellos retirados por el raleo por lo bajo. Es así entonces que se retiran los árboles codominantes o dominantes. Los árboles apeados no son los que si fuesen retirados en un proceso normal. Este raleo a diferencia del anterior se puede tener un retorno económico. De esta manera este tratamiento busca quitarlas clases medias y superiores.

El raleo de selección se cortan aquellos árboles cuyo diámetro supera un valor límite prescrito, dejando los mejores individuos de la clase codominante para su corta final. Este tipo de raleo tiene mayor importancia en las especies tolerantes ya que las intolerantes no siempre responden a este tratamiento.

El raleo mecánico o sistemático por su parte no toma en cuenta la conformación de los árboles sino que únicamente se basa en un padrón de espaciamiento. En el caso de raleo de filas se retira una fila entera cada determinado número de filas según la severidad el raleo.

El raleo selectivo es el que cobra mayor importancia por realizarse en nuestro trabajo, consiste en tomar los distintos tipos de raleo predominando el raleo por lo bajo. A continuación se expone la utilización de este método según distintos autores los cuales comparten muchos de los criterios utilizados en el raleo (Shepherd, 1986 ).

Amateis *et al.* (1989) utilizan el raleo selectivo buscando que su corta final sea para aserrado. Para ello el raleo se basaba principalmente por lo bajo, los árboles a cortar se seleccionan en orden de importancia por: menores dap, bifurcaciones, mala sanidad, daños mecánicos o por cualquier otra situación inadecuada.

Holley *et al.* (1999) toman otro criterio siendo el siguiente orden: dap, forma del tronco, altura total, distribución espacial y forma de copa. Wiley y Zeide (1990), basan su raleo selectivo en orden de importancia por: dap, incremento corriente en dap, forma de tronco, altura, espaciamiento y producción de conos.

Dado que en este trabajo cobra mayor importancia el raleo selectivo (combinado raleos por lo bajo, por lo alto y de selección), citaremos el siguiente trabajo con sus resultados de altura dominante y codominante (m), número de árboles (arb/ha), diámetro a la altura del pecho (cm), área basal (m<sup>2</sup>/ha) y volumen neto sin corteza (m<sup>3</sup>/ha).

Los tratamientos consistieron en:

- B1. Un raleo hasta área basimétrica remanente de 21.3 m<sup>2</sup>/ha (0.28 m<sup>2</sup>/ha)
- B2. Un raleo hasta área basimétrica remanente de 24.9 m<sup>2</sup>/ha (0.28m<sup>2</sup>/ha)
- B3. Dos raleos, hasta áreas basimétricas de 26.9 m<sup>2</sup>/ha (0.28m<sup>2</sup>/ha)
- T5 años (0.28 m<sup>2</sup>/ha).

Si se compara estos tratamientos con el testigo sin raleo, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla.

**Tabla 1. Comparación de rendimiento medios de existencias en crecimientos de *Pinus taeda* inmediatamente después de raleo selectivo y testigo sin raleo.**

Tratamiento	Altura Dominante codom. (m)	Número árboles sobreviv./ha	Media cuadrática dap (cm)	área Basal neta m <sup>2</sup> /ha	Vol neto s/c m <sup>3</sup> /ha
B1	14.9	909	17.3	21.3	144.1
B2	15.5	964	18.3	24.9	164.0
B3	15.3	1223	17.0	26.9	176.5
T	14.8	2051	15.5	37.8	239.2
(B1+B2+B3)/3	15.2	1032	17.5	24.4	161.5
Diferencia	0.43	-1019	2.03	-13.43	-77.7
(R-T) %	2.8	-98.7	11.6	55	47.7

Adaptado de Baldwin *et al.* (1988)

El ensayo de cual se tomaron los datos partían de plantaciones con un rango de edad entre 15 y 22 años ubicados en el centro de Lousiana. El ensayo fue medido inmediatamente después del raleo del cual tenemos interés; cinco y diez años más tarde fue el ensayo remedido. El raleo en cuestión fue selectivo tomando principalmente el raleo por lo bajo. De esta manera se obtuvo un centímetro mayor que el control inmediatamente después del raleo. Por otro lado el área basal, numero de árboles y volumen sin corteza fue superior en el tratamiento control. Mientras que la altura de los árboles dominantes y codominantes no variaba entre con y sin tratamiento. Sin embargo estas diferencias se manifiestan diez años después habiendo diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

#### 2.1.4-Momento e intervalos y severidad del raleo

El intervalo dependerá de factores silviculturales, calidad de sitio, grado de competencia, sanidad y estabilidad del rodal y de factores económicos. El intervalo será más breve en sitios de mejor calidad y rodales jóvenes (Shepherd, 1986 ).

En caso de que se efectúen dos raleos es necesario tener en cuenta para el segundo raleo la extracción del área basal del primero para considerar la respuesta de este último cuando se quiere estudiar la respuesta en el crecimiento en diámetro. Si bien esto no es de interés para nuestro trabajo deberá tenerse en cuenta para raleos futuros del ensayo (Amateis 1998).

En cuanto al efecto del raleo es importante el momento correcto para maximizar los resultados variando su momento óptimo según el sitio y la especie en cuestión. No debe por que ser en forma temprana ya que el volumen de existencias en crecimiento residual es reducido siendo muy lenta la respuesta de los árboles ocurriendo lo mismo cuando el raleo se lo realiza tardíamente, (Dean y Baldwin,

1993). Por otro lado se concluye que el raleo a edades tempranas si bien no tiene diferencias significativas en el crecimiento corriente tiene una buena capacidad de reacción perdiéndose crecimiento en volumen si se realiza a edades avanzadas (Montero *et al.* 1999).

El efecto global del régimen de raleos constituye la severidad, siendo el volumen retirado como raleos sobre el volumen total a lo largo de la rotación. Regímenes livianos son menores a 30%, mientras que los severos están por encima de 40%. Estos valores no son del todo adecuados para raleos precomerciales ya que en estos tratamientos se pueden efectuar más intensos (Shepherd, 1986).

### 2.1.5-Ensayos de raleo en *Pinus taeda*

Si bien los ensayos de campo son evidentemente la mejor vía para determinar el momento apropiado del raleo, tiene limitaciones. Esto se debe a que toman muchos años para ser completados y sus resultados no pueden ser exactamente aplicados en distintos sitios y objetivos de manejo a los del ensayo (Dean y Baldwin, 1993).

Es por ello que en la mayoría de los casos los trabajos de la actualidad no toman esta modalidad de estudio para conocer cual sería el mejor manejo, sino que utilizan diagramas de manejo de densidad. De todas maneras es un método útil para conocer al sitio y determinar las intensidades y momentos óptimos de realización de los raleos.

Hasenauer, (1994) si bien afirma que el método más común para diferenciar los sitios son las alturas a determinada edad existe otra variable que es el área basal. Otros ejemplos de determinar el sitio son la clase de producción (Bradley *et al.* 1966), nivel de incremento (Lembcke *et al.* 1975) ó nivel de rendimiento (Assmann 1955).

## 2.2-EFECTOS DENDROMETRICOS Y DASOMETRICOS DEL RALEO

### 2.2.1-Diámetro

El efecto más claro del raleo se da en el crecimiento del diámetro, como documentan numerosos autores, algunos de los cuales se citan a continuación. Zahner y Whitmore (1960) concluyen que es posible obtener diámetros mayores en *Pinus taeda* en rotaciones breves, con un sistema silvícola en el cual se cultiven relativamente pocos árboles por hectárea. En un ensayo de distintos intensidades de raleo, observaron estos autores que los tratamientos más severos permitieron obtener mayores diámetros, seleccionar árboles de diámetro más alto, debido al desarrollo

más elevado de las raíces y copa, así como obtener períodos de crecimiento más prolongados durante la estación de crecimiento.

Bennett (1960) estudió la incidencia del espaciamiento tomando un espaciamiento mínimo de 1.8m x 1.8m y un máximo de 4.6m x 4.6 m. Se observó mayor competencia y menor tasa de crecimiento con el aumento de la densidad. Esta relación fue lineal y la densidad tenía una variabilidad sobre el crecimiento en diámetro de 14% al cuarto año de edad, 56% al quinto y 85% al sexto y séptimo año. Es así entonces que la densidad tiene un mayor efecto sobre el crecimiento en diámetro a medida que se avanza en el tiempo. Por otra parte la diferencia entre los dos tratamientos extremos entre el diámetro medio es de 4% superior en el de mayor espaciamiento mientras que un año después esta diferencia pasa a ser de 23.3%. Observándose así fuerte competencia generada en poco tiempo.

En otro estudio (Wakeley, 1969) en un ensayo instalado en 1940 en una plantación de 15 años con espaciamiento de plantación de 1.5m x 1.5m, 1.8m x 1.8m y 2.4m x 2.4m. Se le realizó un raleo dos años después de instalado el ensayo observándose diferencias significativas inmediatamente después del raleo, acentuándose las diferencias con el correr de los años.

Mann y Lohrey (1974) observaron que las densidades de rodal menores a 1200 árboles por hectárea resultan en un aumento de la tasa de crecimiento en diámetro. Los programas de raleo suponen el cultivo a estas densidades son útiles en la producción de madera de aserrío.

También se obtuvo diferencias significativas por Liechty *et al.* (1985) entre diámetros en siete tratamientos de raleo con áreas basales remanentes entre 13.8m<sup>2</sup>/ha y 36.8m<sup>2</sup>/ha. El crecimiento en diámetro también fue directamente proporcional al peso del raleo.

Wiley y Zeide (1990) comparten lo dicho en el ensayo ya mencionado en peso del raleo, viendo una relación inversa entre densidad del rodal y crecimiento en diámetro, siendo el crecimiento en diámetro mayor cuanto mayor fuese la intensidad del raleo. Holley *et al.* (1999) establecieron un ensayo de *Pinus taeda* L de 12 años de edad en el este de Texas. Los tratamientos en cuestión tenían un área basal de 6.88 m<sup>2</sup>/ha, 13.78 m<sup>2</sup>/ha y 18.37 m<sup>2</sup>/ha. El ensayo fue remedido al año, a los dos y a los cuatro años de instalado el ensayo. El incremento en diámetro por año fue de 0.69 cm/año para el tratamiento menos intenso mientras que el raleo más pesado obtuvo un incremento de 1.63 cm/año.

La época de crecimiento es durante primavera y verano pudiéndose ampliar dicho período con la aplicación del raleo (Haywood 1993). Por otra parte este autor observó, que cuando se obtiene respuesta al raleo éste se da en forma inmediata prolongándose en su ensayo por más de tres años. Otros en cambio (Montero *et al.* 1994) comprueban que las diferencias en diámetro bajo las diferentes intensidades de raleo pueden demorar en manifestarse.

En cuanto a la explicación del incremento en el diámetro Zeide y Zhang (1999) manifiestan que se puede dar por dos razones principalmente que son: el crecimiento continuo de los árboles y el salto en diámetro como resultado de retirar los árboles más pequeños.

El salto de crecimiento se define como:

$$J=Da(t)-Db(t)$$

Donde,

J=salto de crecimiento en diámetro

Da(t)= media diámetrica inmediatamente después del raleo

Db(t)= media diámetrica inmediatamente antes del raleo

Siendo la diferencia entre la media diametral cuadrática, tomando la media después y antes del raleo. El efecto del salto en crecimiento en diámetro se debe a la intensidad del raleo, siendo mayor el salto cuanto más árboles sean extraídos. El segundo elemento que determina el salto de crecimiento en diámetro es la variabilidad entre los árboles. Este salto no puede exceder la diferencia entre la media y los diámetros máximos.

El crecimiento por otra parte es la diferencia entre el diámetro promedio del mismo numero de árboles después de un período de crecimiento. El crecimiento es calculado utilizando solo los árboles sobrevivientes de la siguiente medición. De esta manera el crecimiento se calcula de la siguiente manera:

$$G=Db(t+1)-Da(t)$$

G = crecimiento continuo de los árboles

Db(t+1) = crecimiento de los árboles luego de un período de crecimiento

Da(t) = crecimiento de los árboles antes de un período de crecimiento

Este estudio es compartido por Montero *et al* (1999), justificando el salto de crecimiento en diámetro con la intensidad del raleo. De esta manera al quedar menos árboles de mayor diámetro permite aumentar el promedio, siendo mayor el diámetro mínimo, haciéndose la distribución asimétrica, favoreciéndose la estructura que favorece la estabilidad, vigor y calidad. En cuanto al crecimiento concluyen, que el mayor espaciamiento permite mayor concentración del crecimiento en una menor cantidad de individuos.

Holley *et al* (1999) hablan de lo anteriormente expresado, los cuales discuten que cuando los tratamientos de raleo son considerados por separado, los raleos más pesados ó las menores densidades residuales resultan en un mayor crecimiento en

diámetro. Esto podría atribuirse a dos causas. En primer lugar, al objetivo del raleo que es redistribuir el crecimiento entre un menor número de árboles residuales. Por lo tanto, cuanto menor sea la densidad residual, mayor crecimiento puede asignarse a cada árbol remanente. En segundo lugar, el mayor crecimiento podría deberse al método de raleo, puesto que en las parcelas de menor densidad, los árboles residuales son los mejores individuos, en tanto que en parcelas de mayor densidad las parcelas contienen gran diversidad de diámetros.

### 2.2.2-Área Basal

En cuanto a los resultados que se pueden obtener en el área basal total por hectárea depende de dos factores dando distintos resultados en tres casos. La primera razón sería diferir en el número de árboles con un mismo diámetro promedio. La segunda con distinto diámetro pero mismo número de árboles y por último que ambas variables varíen (Hasenauer *et al.*, 1994).

En cuanto a los resultados esperados del área basal por hectárea se observa una disminución en los valores absolutos totales pero los crecimientos en área basal de los distintos tratamientos dependen principalmente de su sitio. El raleo según Haywood (1993) disminuye el área basal considerablemente sin llegar a alcanzar al tratamiento control luego de varios años de crecimiento. Se observó que el raleo en *Pinus taeda* de 8 años con un peso de 75 por ciento de los árboles (una de cada dos filas y uno de cada dos árboles en las filas remanentes) resultó en menor área basimétrica acumulada durante los 3 años siguientes ( $7.8 \text{ m}^2 / \text{ha}$  versus  $5.3 \text{ m}^2 / \text{ha}$  para parcelas sin raleo y raleadas, respectivamente).

Amateis *et al.*, (1996) concluyen que, si bien la tasa de crecimiento en área basimétrica es mayor en rodales raleados, los valores máximos serán menores respecto a rodales que no recibieron raleo. El peso de los raleos en cuestión fueron de 30 por ciento (liviano) y 50 por ciento (pesado) del número inicial de individuos, a edades que oscilaron entre 8 y 25, en promedio 15 años. Estos resultados se observan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Valores promedio de parcelas en el estudio de raleo de plantaciones en 121 localidades en las Planicies Costeras Sur y el Piedmont (Amateis *et al.*, 1996)**

	Sin raleo	Raleo liviano		Raleo pesado	
	pre-raleo	pre-raleo	post-raleo	pre-raleo	post-raleo
<b>Arboles/ha</b>	1411	1371	840	1371	640
<b>AB (m2/ha)</b>	22,96	22,5	16,07	22,73	13,08
<b>Rend (m3/ha)</b>	137,98	134,2	97,82 (27.1%)	136,4	80,05 (41.3%)
<b>Rend (m3/árbol)</b>	0.098	0.098	0.116 (18.4%)	0.099	0.125 (26.3%)

Adaptado de Amateis *et al.* (1996)

En otros casos el crecimiento en área basal por hectárea por su parte no tiene diferencias en un amplio rango de densidades como en el caso del diámetro (Liechty *et al.*, 1985). Esto fue comprobado por otros autores los que concluyeron que un número menor de árboles tiene un crecimiento de área basal similar al tratamiento control (Wilson 1955, Gruschow y Evans 1959, y Andrulet *et al.* 1977). Otra de las investigaciones sobre el crecimiento del área basal luego del raleo se observa que las parcelas raleadas se aproximaban a las no tratadas, no habiendo diferencias entre los tratamientos en el crecimiento del área basal (Hasenauer *et al.*, 1997).

Por otro lado se afirma que altas densidades no permiten maximizar el crecimiento en volumen donde estaría implícita el área basal (Bickford *et al.* 1957 y Riitters *et al.* 1982). En este caso las densidades estarían según la curva Langsaeter en las zonas cuatro y cinco mientras que lo que afirman Liechty *et al.* (1985) correspondería a la zona tres de dicha curva.

En caso que los intervalos de raleo sean en periodos prolongados, y en sitios pobres los crecimientos en área basal mayores se registran en densidades altas y en un margen estrecho en el número de árboles por hectárea. Esto no es así cuando las plantaciones se encuentran en buenos sitios que tienen respuesta al raleo. De esta forma se concluye que manejos intensivos son mejor situarlos en sitios de alta calidad, (Liechty *et al.*, 1985).

### 2.2.3-Índices de Densidad

La densidad de población, puede expresarse ya sea de la forma más simple (número de árboles por unidad de superficie) ó bien considerando varias medidas adicionales de tamaño del árbol, de las cuales el área basal sea probablemente la más común en uso corriente (Opie *et al.* 1984). Pese a esto, Schönau y Coetzee (1989) señalan que los resultados de investigación sobre áreas basales y raleos son escasos.

Para entender los índices de densidad se deben revisar primero los principios biológicos. Es así, que ciertos científicos demostraron por ello que existe una relación lineal entre la inversa del peso medio de la planta y la densidad para un amplio espectro de especies vegetales. De esta forma el efecto de la densidad de población sobre el peso seco de las plantas obedece a las leyes fundamentales ( Kira 1953, Shinozaki y Kira 1956).

Estos autores por otra parte demostraron que cuando se cultivan poblaciones vegetales a elevada densidad, la mortalidad ocasiona un auto-raleo, lo que coincide con la ley de rendimiento recíproco (Yoda *et al.* 1963).

El trabajo de estos autores compara el logaritmo del peso seco de los árboles con el logaritmo del número de árboles, lo que da una pendiente con un coeficiente de  $-3/2$ . Harper (cit. Por Day y Gonda. 1987) encontró que inmediatamente después del raleo el coeficiente oscila para diversas especies de EUA entre  $-1.74$  y  $-1.82$ , siendo  $-3/2$  para plantaciones no tratadas.

Los modelos de densidad descriptos se traducen en índices como el factor de espaciamiento y el índice de densidad de rodal de Reineke siendo, ambas expresiones derivadas de la regla de  $-3/2$ . Por medio de estas expresiones, el planificador puede optimizar la densidad del cultivo de modo de producir el mayor rendimiento en productos forestales (Day y Gonda 1987).

El factor de espaciamiento es un método muy simple y adecuado para formular modelos de densidad en una primera aproximación para la planificación silvicultural.

El factor de espaciamiento se calcula de la siguiente manera:

$$Fe = \frac{\left( \sqrt{\frac{S}{N}} \right)}{H_{D, Cd}} * 100$$

Donde,

Fe = factor de espaciamiento

S = superficie (m<sup>2</sup>)

N = número de individuos vivos en pie

H<sub>D, Cd</sub> = Altura promedio e los árboles dominantes y codominantes (m).

El Fe(%) es característico de cada especie de cultivo e independiente de calidad de sitio. Para rodales que tienen como destino el aserriado y debobinado, luego de que alcanzan el valor mínimo, es necesario subir el valor de Fe(%) un 3% mediante el raleo. Dado que mantener el rodal en un rango de Fe(%) de 3% puede requerir de raleos casi anuales durante el período de rápido crecimiento en altura, es a menudo necesario incrementar el rango a 6% por razones prácticas y económicas.



Los porcentajes máximos y mínimo de Fe(%) para *Pinus elliottii* var *elliottii* por Day y Bennett (1962) son de 24 y 20 respectivamente (rango de 4%) con un máximo de 30% (rango de 10%). Puesto que el rango es muy amplio, los planes deben oscilar entre 21 y 24 con un máximo superior de 28 (rango de 7%) para raleos económicamente viables.

Cuando se desea producir madera para pulpa, aserrío y debobinado en suelos de Misiones, Argentina; tomando el menor rango de 4% en Fe(%) se requieren cuatro raleos. Si no es factible realizar cuatro raleos se debe llevar el Fe(%) a 28% y el número de raleos se reduce a dos. Esto se debe a que el incremento a 28% posiblemente ocasiona una subpoblación y reduce el IMA durante dos o tres años después de cada raleo. Con dos raleos entonces se tiene una menor producción que con cuatro raleos.

Para el caso de que el objetivo de producción sea madera para pulpa para mantener valores de Fe(%) entre 21 y 24%, se necesitan dos raleos. Si no es comercialmente factible dos raleos, el Fe(%) podría incrementarse a 28% y realizar uno sólo. Dado que el incremento de Fe(%) a 28% probablemente produzca una subpoblación y reduzca el IMA, al igual que el caso anterior durante dos o tres años, los rodales con un solo raleo serán menos productivos que aquellos que reciben dos. Dado que el objetivo de este plan es que se produzca un máximo de volumen de pulpa /ha a la máxima densidad permisible, se admite que el Fe(%) baje hasta 17% inmediatamente antes de la corta final (Day y Gonda 1987).

Otro índice similar es el de espaciamiento relativo  $IER=(10000/N)/h$ , donde N es el número de árboles /ha y h la altura promedio total (m). Este valor expresado en porcentaje y con la salvedad que en denominador es altura total promedio y no altura media de dominantes y codominantes, es similar al Factor de Espaciamiento, expresa una relación semejante (Haywood, 1993).

El índice de densidad de Reineke (IDRR) fue derivado en la década de 1930 de la regla  $-3/2$ . El trabajo de dicho autor fue a partir de rodales no intervenidos totalmente poblados con diversas especies de EUA. Al graficar el logaritmo del número de árboles versus logaritmo del dap medio de los rodales, obtuvo relaciones lineales en forma independiente de la edad de los rodales o la calidad de sitio. La pendiente fue similar en todos los casos, teniendo un valor consistente de  $-1.561$ .

El IDRR tiene el potencial de ser un método sumamente útil para evaluar y comparar densidades de rodal y proporciona un procedimiento importante para desarrollar relaciones de densidad de rodal en planes silviculturales. Es particularmente útil para el desarrollo de planes en rodales previamente no intervenidos.

Para utilizar el IDRR en planificación forestal, es necesario conocer los valores máximos y mínimos de IDRR para el crecimiento óptimo. Para el caso de que el objetivo sea madera para pulpa, pueden ser plantados a un espaciamiento

inicial apropiado, de modo de que lleguen a un máximo de IDRR cuando alcancen su dap óptimo a la edad de rotación para pulpa. En el caso de que el destino sea madera para aserrío y debobinado, se debe ralear hasta el valor mínimo de IDRR y repetir el proceso en sucesivos raleos según resulte necesario (Day y Gonda 1987).

El coeficiente de espaciamiento derivado de IDRR, se calcula en forma muy similar al factor de espaciamiento, cambiando la altura de los árboles dominantes y codominantes, por el dap de los mismos árboles.

Este coeficiente se calcula de la siguiente manera:

$$C_e = \frac{\sqrt{\frac{S}{N}}}{D_{apD}, C_d}$$

Donde,

C.e = coeficiente de espaciamiento

S = superficie (m<sup>2</sup>)

N = número de individuos vivos en pie

Dap<sub>D, Cd</sub> = diámetro a la altura del pecho promedio e los árboles dominantes y codominantes (m).

Este coeficiente tiene su fundamento en el conocimiento empírico generado por Reineke (1933, cit por Day y Gonda 1987; Daniel et al., 1982). Se basa en este caso la existencia de una relación lineal entre la inversa del dap medio de los individuos en una población en competencia y la densidad de la población para un amplio rango de valores.

El número de árboles a considerar para calcular dap medio de árboles dominantes y codominates es 100 árboles por hectárea, lo que hace que en nuestro estudio sea 9 por parcela de 900 m<sup>2</sup>. Este coeficiente es útil siempre y cuando se quiera realizar un raleo por lo bajo, pues si se extraen árboles dominantes y/o codominantes, se estaría afectando el numerador y denominador de la fórmula de cálculo a la vez. No se podría conocer en qué medida el Ce aumenta por aumento del espaciamiento medio y cuánto se debe a la disminución del dap<sub>D,CD</sub>.

El valor del coeficiente de espaciamiento aumenta con la aplicación de un raleo por lo bajo, ya que aumenta (espaciamiento medio entonces) el numerador y mantiene constante el denominador. Se toma como valor crítico 15 donde ya los árboles están compitiendo siendo conveniente llevar el valor mediante el raleo a 18-20. En raleos tempranos, en espacial a desecho ó pre-comerciales, es conveniente un mayor peso (Ce=20), para obtener un intervalo mas prolongado con el siguiente raleo, evitando aplicar nuevamente otra intervención a desecho.

#### 2.2.4-Altura

En cuanto al efecto del raleo sobre el crecimiento en altura, los resultados de los diferentes autores no coinciden en todos los casos. Un grupo de autores verifican que el raleo afecta en forma negativa el crecimiento en altura luego del raleo. Haywood, (1993) observó que en un ensayo de raleo en una plantación de ocho años de *Pinus taeda* L., con dos tratamientos (730 árboles/ha y control de 3000 árboles/ha) se obtuvo un menor crecimiento en la altura luego del raleo, sin diferencias significativa en los crecimientos en altura luego del tercer año. También Oliver (1972, 1979) observa que el raleo redujo el crecimiento en altura durante tres y cuatro años, luego de los cuales los árboles habían formado nuevamente su copa. Esto es compartido por Miller y Reukema (1983) quienes afirman que en el corto plazo hay una disminución del crecimiento en altura con mayor severidad del raleo, que no se registra a largo plazo.

Otro trabajo indica que inmediatamente después del raleo no encuentra diferencias pero si luego de diez años estas se manifiestan en *Pinus taeda* L. La Tabla 1 muestra que inmediatamente después de un raleo selectivo no se observan diferencias significativas, siendo 0.43m mayor en los tratamientos raleados de 21.3m<sup>2</sup>/ha, 24.9m<sup>2</sup>/ha y 26.9m<sup>2</sup>/ha con un 2.8% de diferencia. Luego de 10 años estas diferencias se ven aumentadas a 1.23m que equivale a 6.7% (Baldwin *et al.* 1989). Otros investigadores como Barret (1968) y Schubert (1971) encontraron que el crecimiento en altura total no tenía una respuesta significativa al raleo.

Wiley y Zeide (1990) por su parte, señalan en una plantación raleada a los 15 años en el sureste de Arkansas, la cual muestra diferencias significativas con mayores alturas a los 30 años de edad en las parcelas tratadas respecto a las parcelas control, siendo las intensidades de raleo de este ensayo de 7m<sup>2</sup>/ha, 11.5m<sup>2</sup>/ha, 16m<sup>2</sup>/ha y 20.5m<sup>2</sup>/ha. Por otro lado no se registraron diferencias significativas en las alturas totales entre los tratamientos de las distintas intensidades de raleo.

Zhang *et al.* (1997) observan que, si bien existe un aumento en la altura como efecto del raleo, si se considera este incremento por clase diamétrica, a mayor peso del raleo menor es el crecimiento en altura. Dado que el incremento en diámetro es mayor al incremento en altura. El crecimiento en altura por clase diamétrica resulta menor al tratamiento control.

Tomando en cuenta el sitio, se encontró que en los peores sitios no había diferencias significativas entre las alturas. Por otra parte en los sitios de mayor calidad se encuentran mayores crecimientos en altura en los rodales de densidad baja y menores en los de densidad media y alta, no siendo así en sitios de bajo crecimiento. En estos sitios el rodal responde mejor a raleos menos intensos (Holley *et al.* 1999). Zhang *et al.* (1997), también constatan un mayor efecto del raleo sobre el crecimiento en altura en sitio de mayor calidad respecto a sitios pobres.

### 2.2.5-Factor de Forma

Las variables que afectan el factor de forma son diámetro, altura y condiciones de crecimiento. Tomando en cuenta el diámetro del árbol, el factor de forma decrece con el aumento del mismo. La disminución es rápidamente decreciente en clases diamétricas menores con una tendencia asintótica las mayores.

El factor de forma por otra parte varía con la altura del árbol, siendo en los primeros centímetros decrecientes pero luego tiende a crecer por que predomina la influencia de un menor ahusamiento.

En cuanto a las condiciones de crecimiento, los árboles tienden a presentar fustes más cónicos cuanto menor sea la densidad. Por otra parte los árboles dominantes tienden a ser más cónicos (Sorrentino, 1981).

### 2.2.6-Volumen

El crecimiento en altura según Hawley y Smith (1972) está controlado en gran parte por los factores prácticamente inalterables del sitio, excepto cuando las densidades son extremas. El crecimiento área basal tampoco varía con la densidad, a no ser que se tomen también casos extremos (Langsaeter 1941). De esta manera el volumen total depende de la capacidad de cada sitio. A mayor calidad de sitio mayor será la capacidad de mantener un número de árboles por hectárea dado. Esta misma tendencia sigue el área basal (Hasenauer *et al.* 1994). De esta manera, si dentro de ciertos límites de densidad el volumen total y su crecimiento no varían, el raleo permite obtener árboles de mayor diámetro y valor, con un mejor aprovechamiento del volumen cosechado.

Otro de los trabajos comparte el hecho que el raleo obtiene un menor volumen total a pesar del crecimiento acelerado tomando en cuenta el volumen acumulado (volumen cosechado y el volumen residual y volumen total del control). Este mismo efecto se comprueba en caso de que el objetivo sea madera para pulpa ya que este volumen está muy relacionado con el volumen total (Clason, 1994).

Intensidades de raleo dieron una ligera disminución en el volumen total, siendo menor la diferencia cuando las edades son bajas. En este estudio si bien no había diferencias significativas en el crecimiento corriente en volumen si lo había en el volumen total, siendo menor cuanto mayor fuese la extracción de árboles (Montero *et al.* 1999).

Por otra parte cuando el objetivo es la madera para aserrado como es nuestro caso el volumen es superior en los tratamientos con raleo al control. Es así entonces que por más que se disminuya el volumen total, se produce un volumen adicional de

ciertos productos de distintas clases ya que se hace una redistribución del crecimiento más deseable, con diámetros mayores (Clason, 1994).

En cuanto al volumen total y volumen medio por árbol no siguen la misma tendencia ya que el volumen total es directamente proporcional a la densidad mientras que el volumen por árbol es inversamente proporcional a la densidad de árboles. Amateis *et al.* (1996) comparte estos conceptos ver Tabla N°2, donde el volumen a una edad promedio de 15 años es de 138 m<sup>3</sup>/ha sin raleo, 98 m<sup>3</sup>/ha con una intensidad de raleo de 1/3 y una disminución 27.1% y 80m<sup>3</sup>/ha con una intensidad de 1/2 con 41.3% menos de volumen total. Por otro lado el volumen medio por árbol fue de 0.098 m<sup>3</sup> con un aumento de 18.4% y 26.3% en los tratamientos de 1/3 y 1/2 respectivamente.

Con raleos mas pesado y sistemas de raleo más intenso, se tienen en períodos de rotación mas cortos, mayores volúmenes medios por árbol. Wiley y Zeide (1992) señalan además que se obtienen mejores resultados con raleos menos severos cuando la rotación es mas prolongada.

En general el espaciamiento inicial (plantación) e intermedio (dependiente del peso de cada raleo ó de la intensidad de un conjunto de raleos) no afecta la producción de madera para pulpa, pero sí la proporción del volumen total aprovechable como madera de aserrió.

### 2.2.7-Otros efectos del raleo

Entre otros efectos del raleo debemos mencionar el aumento de calidad ya que se favorece la extracción de árboles más pequeños que normalmente morirían, sin disminuir mucho la densidad, es así entonces que se puede producir trozas de mayor diámetro y valor. De esta manera se cambia futuros crecimientos para aquellos árboles de mejor calidad. Se obtienen además un efecto económico por los ingresos intermedios ó en un plazo más breve la rotación se reduce el período de retorno de la inversión (Amateis *et al.* 1996).

Además se encuentra la reducción del riesgo de incendio y ataques de insectos plaga y microorganismos patógenos y condiciones atmosféricamente adversas (sequía, resistencia respecto al viento, tanto vuelco como quebradura del fuste, etc (Mann y Lohrey, 1974). Estas ventajas son compartidas por otros autores que observaron menores daños en zonas raleadas frente a períodos adversos. Este tratamiento es útil para tener menores pérdidas frente a ciertas adversidades del tiempo. .

### 3-MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1-TRABAJO DE CAMPO

Se instaló el ensayo sobre parcelas marcadas en una plantación de *Pinus taeda*, propiedad de COLONVADE S.A. (Establecimiento "La Tuna", Ruta 5, km 419, Departamento de Tacuarembó).

Se procedió en primer lugar a la marcación de 58 parcelas cuadradas, de 30 x 30 m (900 m<sup>2</sup>) con la ayuda de escuadra óptica y cinta métrica. Los vértices de las parcelas habían sido marcadas con tubos de plástico blanco. Las parcelas marcadas se dividen en dos sectores separados, denominados A y B, (Figura1). El sector A se distribuye a lo largo de una ladera de exposición este-noreste y el sector B se sitúa sobre una ladera noreste. El diseño del ensayo es en bloques al azar e incluye 19 tratamientos de raleo con tres repeticiones.

Las parcelas de color celeste representan al sitio 1 (mejor sitio), el rosado el sitio 2 (sitio intermedio) y el amarillo (sitio pobre). El número superior indicado en cada parcela es el número de cada parcela, el del centro el de cada tratamiento y el que está entre paréntesis la cantidad de árboles por hectárea, siendo el inferior el área basal/ ha. Las áreas basimétricas observadas en la primer medición permitieron separar los tres bloques de la siguiente manera:

- a) sitio 1, superior a 4.47 m<sup>2</sup>/ha
- b) sitio 2, entre 3.96 y 4.47 m<sup>2</sup>/ha
- c) sitio 3 menor a 3.96 m<sup>2</sup>/ha

**Figura 1. Croquis del ensayo. Número de parcela, tratamiento, número de árboles por parcela y área basimétrica.**

**SECTOR A**

1 10 (45) 3.73	2 6 (72) 3.58	3 17 (54) 3.44	4 3 (59) 3.65	5 11 (90) 4.88	6 4 (50) 4.75	7 10 (45) 4.83	8 16 (63) 4.79	9 17 (54) 4.62	10	11 18 (54) 3.98
12 8 (59) 3.59	13 19 (54) 3.10	14 5 (72) 3.33	15 15 (63) 4.28	16 9 (45) 4.57	17 15 (63) 4.89	18 7 (59) 4.47	19 14 (63) 4.62	20 18 (54) 4.51	21 2 (68) 4.67	
			22 14 (63) 3.21	23 8 (59) 5.03	24 3 (59) 5.38	25 6 (72) 4.41	26 12 (77) 4.66	27 4 (50) 3.49		
			28 19 (54) 4.63	29 5 (72) 4.77	30 6 (72) 4.79	31 13 (77) 5.01				
				32 1 (90) 4.81	33 2 (68) 3.85					

**SECTOR B**

								37 16 (63) 4.17
56 18 (54) 3.68	51 16 (63) 3.73	46 11 (90) 3.22		bajo				36 15 (63) 3.67
55 1 (90) 3.30	50 12 (77) 3.82	45 13 (77) 3.639	42 19 (54) 4.41	39 7 (59) 4.47	58 17 (54) 4.17			35 2 (68) 4.46
54 7 (59) 3.32	49 10 (45) 3.96	44 11 (90) 4.06	41 14 (63) 3.97	38 1 (90) 4.31				no
53 6 (72) 4.19	48 12 (77) 4.10	43 9 (45) 4.28	40 13 (77) 4.05					34 8 (59) 4.22
52 4 (50) 4.23	47 9 (45) 3.79							
57 3 (59) 4.00			camino secundario					Sector A árboles sin poder

En primer lugar se marcaron las parcelas, luego se separaron en tres bloques y finalmente se sortearon los tratamientos. Los tratamientos adjudicados a las distintas parcelas fueron: 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 y un control con 1000 árboles /ha.

**Tabla 3. Tratamiento expresado en número de árboles por hectárea y parcela.**

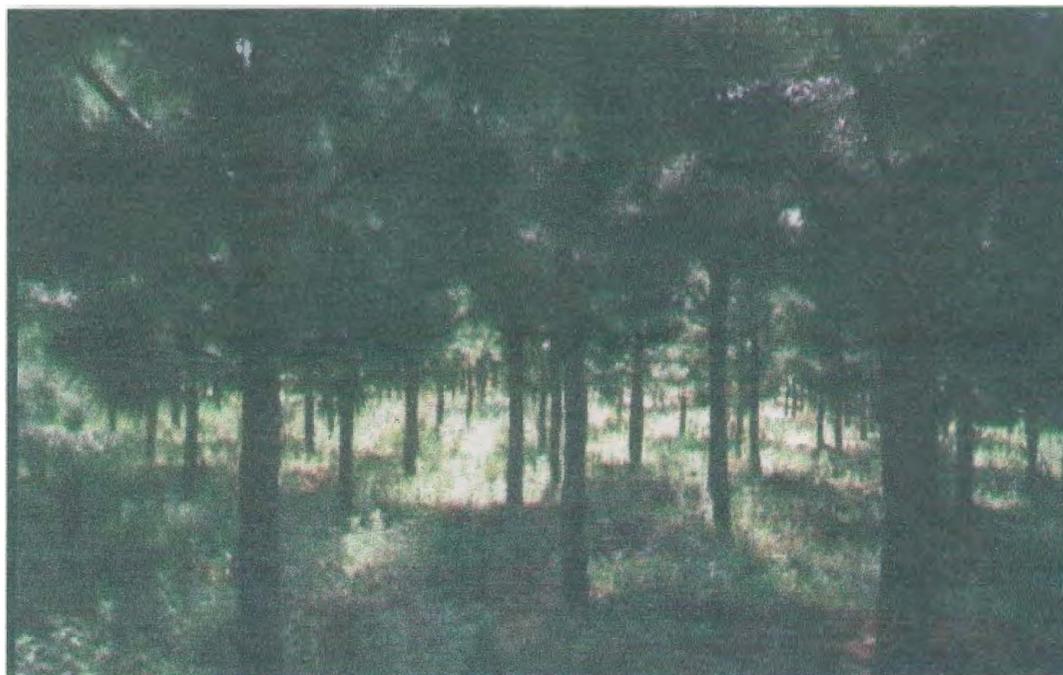
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>N°árboles /ha</b>	<b>N° árboles /parcela</b>
1	500	45
2	550	50
3	600	54
4	650	59
5	700	63
6	750	68
7	800	72
8	850	77
9	1000	90

El raleo utilizado combinaba raleos por lo bajo, selectivo y por lo alto. Los árboles se retiraron según los criterios que se enumeran a continuación, en orden decreciente de importancia: diámetro a la altura del pecho, sanidad, horqueta o bifurcación, rectitud, defecto conocido como “cola de zorro”, abundancia de ramas, grosor de ramas y espaciamiento entre árboles.

Los árboles a ralear fueron marcados con cinta de plástico blanca. Los árboles remanentes fueron señalados con pintura blanca a 1.37 m, altura del pecho estándar para la empresa, equivalente a 54 pulgadas, a los efectos de medir en el mismo sitio a través de sucesivas mediciones.

Los árboles fueron numerados a los efectos de facilitar las mediciones de campo (ver Foto 1), de manera análoga a lo descrito por Haywood (1993) realizó la misma metodología realizando una banda azul a la altura del dap para realizar las remediciones a la altura correcta. En las Fotos 1 a 3 se observan los tratamientos extremos e intermedio.

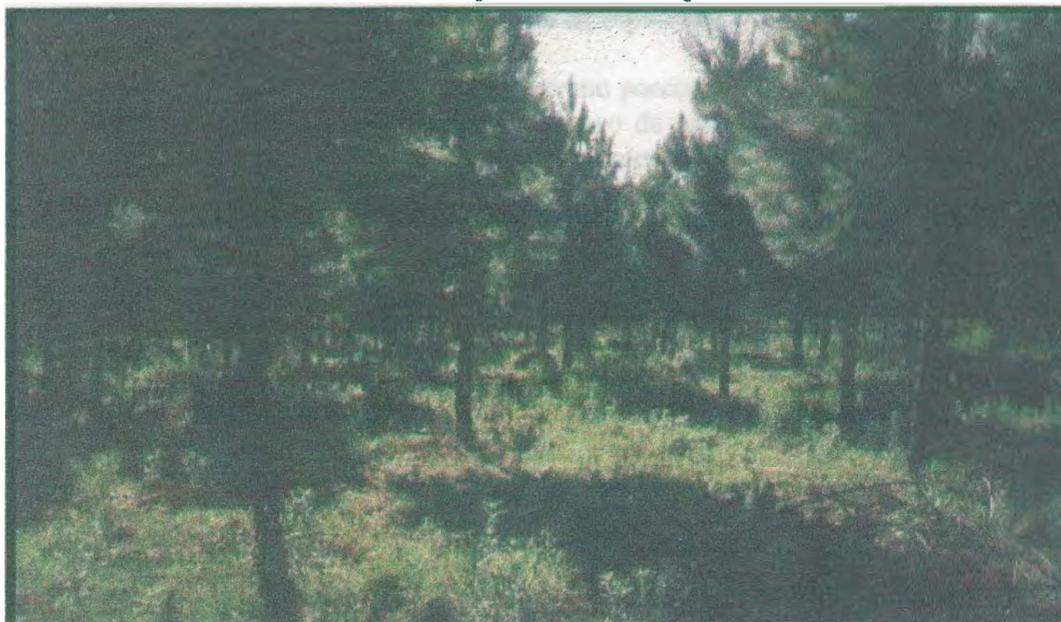
**Foto 1. Tratamiento con 1000 árboles por hectárea en parcela número 5.**



**Foto 2. Tratamiento con 750 árboles por hectárea en parcela número 51**



**Foto 3. Tratamiento con 500 árboles por hectárea en parcela número 1**



Las mediones realizadas fueron circunferencia a la altura de referencia (1.37 m) y altura total (Ht). Entre los árboles a raleo se seleccionaron individuos de cada clase diamétrica (ver anexo 3 en diskete). Se midió diámetro cada metro desde el tocón hasta el ápice, a los efectos de calcular factor de forma.

Se midió circunferencia a la altura del pecho (m) a intervalos de 60 días (13 y 14 de enero, 26 y 27 de marzo, 27 y 28 de mayo de 2001) con cinta métrica. Las alturas totales (m) fueron medidas al inicio y al final del período de referencia, ( 15-17 de enero y 28-30 de mayo de 2001). Se usaron varas telescópicas con una apreciación de 0.1 m .

Las mediciones para estimar factores de forma con y sin corteza se realizaron de manera conjunta con los tratamientos de raleo, los días 15 al 17 de enero de 2001. La muestra comprendió un total de 42 árboles, 14 de cada bloque, elegidos según frecuencia de clases diamétricas. Sobre cada árbol, una vez apeado y desramado, se midió altura total; se marcó cada metro desde la base al ápice y se trozó. Se registró diámetros con y sin corteza sobre el tocón y sobre cada sección transversal distal/superior de cada troza. Finalmente, se midió la longitud del tramo apical del fuste.

### 3.2-CALCULOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Las variables analizadas fueron: diamétrica a la altura del pecho (dap, m), tasa de incremento en dap (dap %), área basimétrica (Ab., m<sup>2</sup>/ha), altura total (Ht, m), tasa de incremento en altura (Ht, m), volumen total (, volumen medio por árbol,

tasa de incremento en volumen medio y total, factor de forma y los índices de densidad coeficiente de espaciamiento y factor de espaciamiento.

Se calculó peso ó severidad del raleo como porcentaje del número de árboles y como porcentaje del área basal, con el objetivo de caracterizar el tipo de raleo aplicado y establecer comparaciones entre tratamientos.

Los factores de forma calculados consideran volúmenes totales y volúmenes aparentes, con y sin corteza.

$$FF_1 = \frac{(Vol.real.c/corteza)}{Vol.aparente.c/corteza}$$

$$FF_2 = \frac{(Vol.real.s/corteza)}{Vol.aparente.c/corteza}$$

$$FF_3 = \frac{(Vol.real.s/corteza)}{Vol.aparente.s/corteza}$$

Los  $FF_1$  y  $FF_2$  tienen como objetivo el cálculo del volumen real con y sin corteza respectivamente. Por otra parte el  $FF_3$  fue determinado para compararlo con el  $FF_1$  para observar con el análisis estadístico el efecto de la corteza en el factor de forma.

El volumen real se calculó por suma de volúmenes de cada tramo del fuste, se asumió que el tocón presenta la forma de un cilindro, el volumen de cada troza de 1 m de largo fue calculado utilizando la fórmula de Smalian y para la troza apical se utilizó la fórmula de volumen de un cono.

La tasa de incremento en dap se calculó para los tres periodos de dos meses que abarcó la evaluación. Se calcularon tasas de incremento en altura total y volumen para el periodo de cinco meses entre una y otra evaluación. Se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$t\%dap = \frac{(dap_1 - dap_0)}{dap_0} * 100$$

$$t\%Ht = \frac{(Ht_1 - Ht_0)}{Ht_0} * 100$$

$$t\%V = \frac{(V_1 - V_0)}{V_0} * 100$$

t % dap = tasa de incremento porcentual en diámetro a la altura del pecho

t % Ht = tasa de incremento porcentual en altura total

t % dap = tasa de incremento porcentual en volumen medio y total

dap<sub>0</sub>, Ht<sub>0</sub>, V<sub>0</sub> = diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen total al inicio del período

dap<sub>1</sub>, Ht<sub>1</sub>, V<sub>1</sub> = diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen total al final del período

El volumen total de cada árbol se calculó con la fórmula:

$$\text{Volumen-total}(m^3/ha) = \left( (dap^2) * \left( \frac{Pi}{4} \right) * Ht * N * FF \right)$$

Dap = diámetro a la altura de referencia (1.37 m)

Pi = 3.1416

Ht = altura total (m)

N = número de árboles por hectárea

FFc/c = factor de forma con corteza

La información fue analizada utilizando planilla electrónica Microsoft Excel y paquetes estadísticos (SAS y StatGraph). Para ello se analiza en las distintas fechas la existencia o no de diferencias significativas entre los diámetros de cada tratamiento, así como de su área basal, altura, Ce, Fe, volumen total, volumen medio y la tasa de crecimiento en diámetro, altura y volumen. A su vez se analizó estadísticamente si existían diferencias entre los tres bloques para las distintas variables.

Los valores promedio registrados para cada árbol de las variables diámetro a la altura del pecho, área basimétrica, Altura total, Volumen medio individual, Volumen total, fueron analizados con el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + B(i) + P(j) + BP_{ij} + E_{ijk}$$

donde

$\mu$  = media de la población

$B_i$  = efecto del  $i$ -ésimo bloque

$P_j$  = efecto del  $j$ -ésimo tratamiento

$BP_{ij}$  = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo bloque y el  $j$ -ésimo tratamiento

$E_{ijk}$  = error experimental

El formato de análisis de varianza y la tabulación de los componentes de varianza es la siguiente:

Fuente de variación	grados de libertad	Cuadrados medios esperados	Valor F
1 Bloque (B)	(b-1)	SC (B)/(b-1)	CM (B) /CM (E)
2 Tratamiento (P)	(p-1)	SC (P)/(p-1)	CM (P) /CM (E)
3 B-P	(b-1)(p-1)	SC (B-P)/(b-1) (p-1)	CM (BP)/CM(E)

SC (B) = suma de cuadrados del bloque

SC (P) = suma de cuadrados del tratamiento

SC (B-P) = suma de cuadrados de la interacción entre bloque y tratamiento

CM (B) = cuadrado medio del bloque del bloque

CM (P) = cuadrado medio del tratamiento

CM (B-P) = cuadrado medio de la interacción entre bloque y tratamiento

CM (E) = cuadrado medio del error experimental

La probabilidad de que el valor de F calculado sea **significativo** depende de la comparación con el F de tabla. En caso de que el mismo sea mayor al F de tabla se da **certeza** con un 95 % de confianza de que las medias sean distintas.

#### 4-RESULTADOS Y DISCUSIONES

En resultados y discusión se mostrara para cada variable las fuentes de variación para las distintas fechas de medición la presencia o no de diferencias significativas entre los tratamiento y posteriormente otra tabla con las medias de los tratamientos y las fechas de medición indicando con distintas letras entre las medias diferencias entre los resultados con un 95% de confianza , utilizando a Tukey para diferenciar a las medias de los tratamientos.

El diskete que acompaña el presente trabajo contiene archivos de Microsoft Excel con 9 hojas. Las primeras dos corresponden a las alturas totales de enero y mayo, las cuatro siguientes a los diámetros a la altura del pecho ( dap ) de los meses: diciembre (previo al raleo), enero, marzo y mayo, otra página contiene los datos para obtener los factores de forma y dos con los volúmenes de enero y mayo respectivamente.

A continuación se analizan y discuten los resultados, tanto de valores calculados a los efectos de caracterizar tratamientos de raleo como de variables dendrométricas y dasométricas.

##### 4.1- PESO DEL RALEO

A cada tratamiento de raleo le corresponde: un área basal inicial, un área basal raleada y residual por unidad de superficie. A su vez le corresponde un numero de árboles inicial, raleado y residual por parcela y hectárea.

Los valores absolutos de área basal y numero de árboles por unidad de superficie varían entre bloques; para hacerlos comparables, los expresamos en porcentaje.

El sentido de calcular estos valores es que pueden pasar tres cosas:

- a) que el porcentaje del numero de árboles sea mayor que el porcentaje de área basal retirado; esto significa que el tipo de raleo predominante fue el raleo por lo bajo, en menor medida por lo alto y selección.
- b) que el porcentaje de área basal retirada sea mayor que el porcentaje de árboles retirados; esto significa que los tipos de raleo predominante fueron el raleo por lo alto y de selección.
- c) El porcentaje de área basal retirado sea igual al porcentaje de árboles retirados; lo que significa que el tipo de raleo predominante es el sistemático.

Así que estos valores, que no fueron analizados estadísticamente como variables, sirven como referencia de tipo y peso de raleo.

**Tabla 4. Área basal extraída en porcentaje y árboles extraídos según tratamiento**

<b>Densidad (árb/ha)</b>	<b>AB extraída (%)</b>	<b>Árboles extraídos</b>
500	45,32	54,37
550	39,92	49,48
600	36,55	44,95
650	31,32	40,72
700	26,00	37,71
750	23,51	33,45
800	15,42	27,42
850	11,84	22,84
1000	3,50	10,08

Si se compara la severidad de raleo expresada en términos de porcentaje del área basal retirada con el porcentaje del número de árboles retirados en cada tratamiento (Tabla 4), se observa que en todos los casos el primer valor es menor que el segundo.

En función de los criterios en la marcación de los tratamientos, el tipo de raleo aplicado fue una combinación de raleo por lo bajo, raleo por lo alto y raleo de selección. En esta combinación predomina el raleo por lo bajo se retira un número de árboles relativamente grande, pero de diámetro y área basimétrica menor el promedio, de forma análoga a lo expresado por Peinar (1979).

#### 4.2-DIÁMETRO A LA ALTURA DE REFERENCIA (1.37 m)

No se observaron diferencias significativas entre diámetros (a la altura de referencia) promedio de tratamiento antes del raleo. Por lo tanto, los diámetros de referencia promedio eran homogéneos entre tratamientos antes de la instalación del ensayo.

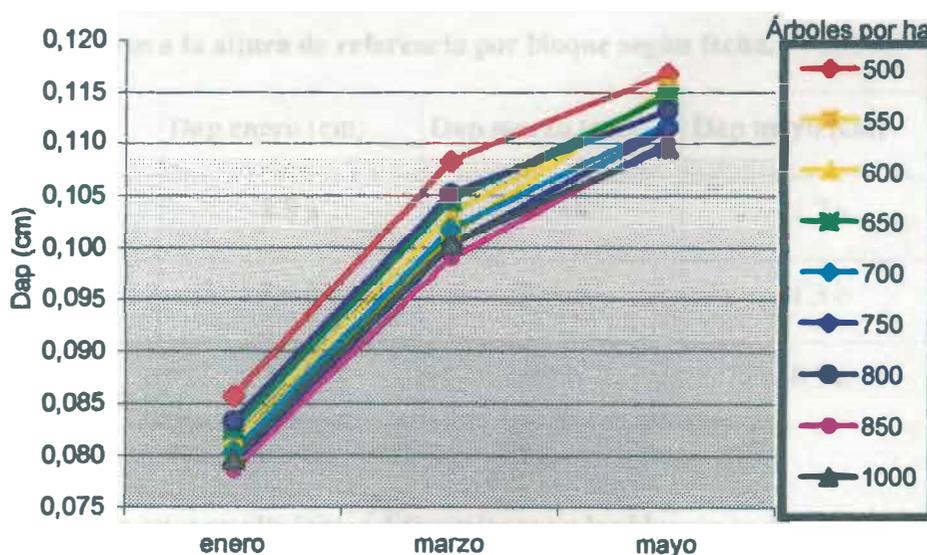
No se observaron diferencias significativas entre diámetros de referencia promedio de tratamientos en los registros de enero y marzo (Tabla 5). En mayo sí se observaron diferencias significativas entre diámetros medios de tratamientos. En la Tabla 7 se observan resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). El diámetro medio correspondiente a la menor densidad (500 árboles/ha) resultó significativamente mayor a aquellos observados para densidades entre 850 y 1000 árboles/ha.

Luego de 5 meses de efectuarse el raleo precomercial, se observan diferencias significativas en diámetro promedio sólo entre tratamientos con densidades de rodal que difieren en al menos 350 árboles/ha. En futuros registros se puede prever diferencias significativas entre valores de tratamientos similares, según señalan: Bennett (1960), Wakeley, (1969), Wiley y Zeide (1990) y Montero *et al.* (1994).

Zeide y Zhang (1999) consideran el salto en diámetro medio el resultado de los procesos de competencia severidad del raleo, variabilidad de rodal y la relación entre tamaño de muestra y posición de los valores extremos. En este ensayo al no observarse diferencias significativas en diciembre (antes del raleo) y en enero (después del aleo) el salto en diámetro medio debe de haber afectado a todos los tratamientos en igual sentido y magnitud ó bien dentro de un rango de variación muy estrecho. En la Tabla 7, los coeficientes de variación muestran poblaciones poco variables en todas las fechas de registros, antes y después del raleo (en diciembre el CV% equivale a 3.85 y en enero se calculó este valor en 5.67%). Lo que da explicación a la magnitud del salto de crecimiento de los distintos tratamientos.

En las tres fechas de registro, los bloques presentan un efecto altamente significativo sobre el diámetro de referencia promedio (Tabla 5). En la Tabla 6 se exponen los diámetros promedios por bloque de manera de poder discutir su correcto diseño, el mismo análisis se realizara para las demás variables.

**Gráfico 1. Diámetro a la altura de referencia (1.37 m) según fecha de medición**



Los tratamientos más pesados o el menor número de árboles por unidad de superficie resultaron en mayores diámetros de referencia promedio (Gráfico 1). Si

bien las diferencias no son estadísticamente significativas, en los registros de enero esta tendencia se debe a que el método de raleo dominante es el raleo por lo bajo, siendo esta una de las causas como ya se mencionó el “salto de diámetro medio” (Zeide y Zhang, 1999; Holley *et al.*, 1999; Montero *et al.*, 1999). Las diferencias observadas en mayo se deben al efecto adicional de la tasa de crecimiento asociada al peso de raleo.

**Tabla 5. Análisis de varianza para diámetro a la altura de referencia.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>Mes enero</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.00095642	0.0004782	22.45	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.00023718	0.0000296	1.39	0.2400
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.00034553	0.0000216	1.01	0.4696
<b>Mes marzo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.0010890	0.0005094	17.38	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.00039759	0.0000497	1.70	0.1404
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.00049805	0.0000311	1.06	0.4281
<b>Mes mayo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.00052092	0.0002604	27.72	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.00035624	0.0000445	4.74	0.0008
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.00016489	0.0000103	1.10	0.3998

**Tabla 6. Diámetros a la altura de referencia por bloque según fecha.**

Bloque	Dap enero (cm)	Dap marzo (cm)	Dap mayo (cm)
<b>1</b>	8.8 a	10.9 a	11.7 a
<b>2</b>	7.9 b	10.1 b	11.3 b
<b>3</b>	7.7 b	9.9 b	10.9 c

Analizando estos resultados las diferencias entre los bloques se da del sitio 1 (mejor sitio de crecimientos) al 2 y 3 (sitios medio y malo de crecimiento) en las dos fechas de medición. Por otra parte en la medición de mayo se ajusta perfectamente los resultados de los tres bloques al diseño del ensayo. Tanto para el diámetro de referencia como para el resto de las variables, el análisis de bloque se utiliza un 95% de confianza.

**Tabla 7. Diámetros a la altura de referencia (1.37 m) en las fechas de diciembre, enero, marzo y mayo según tratamiento.**

Tratamiento (árboles/ha)	Meses de medición de dap (m)			
	diciembre	enero	marzo	mayo
500	0.081 a	0.086 a	0.108 a	0.118 a
550	0.079 a	0.080 a	0.101 a	0.115 ab
600	0.080 a	0.081 a	0.103 a	0.115 ab
650	0.080 a	0.083 a	0.105 a	0.115 ab
700	0.079 a	0.080 a	0.102 a	0.112 ab
750	0.079 a	0.079 a	0.100 a	0.111 ab
800	0.079 a	0.083 a	0.105 a	0.113 ab
850	0.079 a	0.079 a	0.099 a	0.110 b
1000	0.079 a	0.080 a	0.100 a	0.110 b
<b>Media</b>	0.079	0.081	0.103	0.113
<b>CV (%)</b>	3.85	5.67	5.26	2.71

Prueba de rangos múltiples de Tukey (95 por ciento de confianza). Medias de la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí.

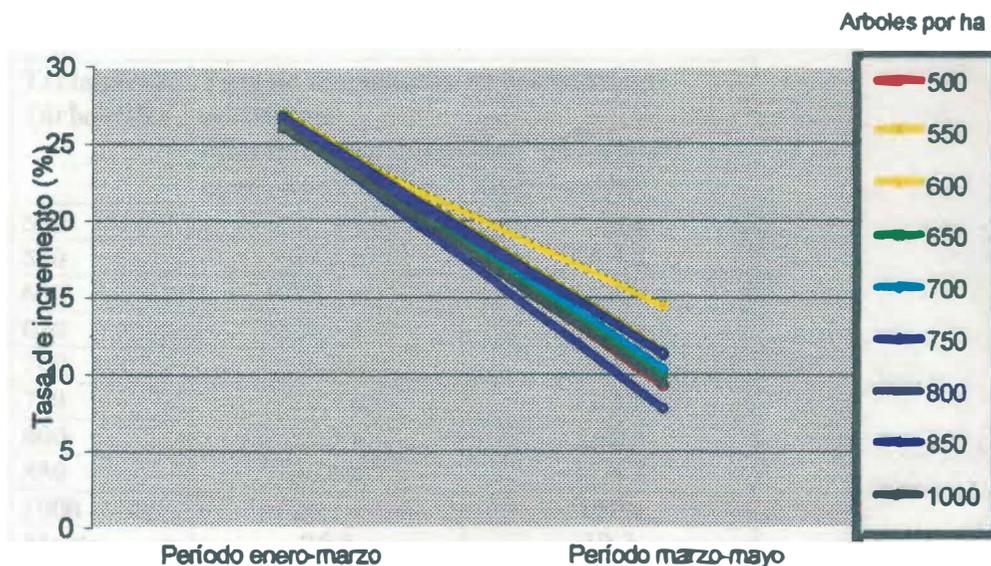
El coeficiente de variación es menor a 6 por ciento para todo el período de medición. En términos de diámetro de referencia promedio general, el mayor incremento se observó entre (8.1 cm) y marzo (10.3 cm).

#### 4.3-TASA DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO

En cuanto a las tasas de crecimiento en diámetro de referencia no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. La tasa de crecimiento del primer bimestre (enero-marzo) es mayor en todos los tratamientos respecto al segundo período (marzo-mayo). Estas diferencias entre tratamientos, sin embargo, tienden a ser mayores en el segundo período entre registros (marzo-mayo) (ver Gráfico 2).

En cuanto a los dos períodos de crecimiento el primer bimestre es claramente mayor ya que en el segundo se acerca a la temporada de latencia donde el crecimiento es menor. Al igual que en los diámetros medios por tratamientos no existe interacción entre la tasa de crecimiento y los dos períodos.

**Gráfico 2. Tasa de incremento en diámetro según período**



En cuanto a las tendencias de las tasas de crecimiento en diámetro no hay un orden en las mismas que nos permita vincular la variable con los tratamientos de densidad. En la Tabla 8 se puede ver que el único efecto está dado por los bloques. Las diferencias entre dichos bloques se puede observar para la variable diámetro a la altura de referencia en la Tabla 6.

**Tabla 8. Análisis de varianza para tasa de crecimiento en diámetro a la altura de referencia.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>Período enero-marzo</b>					
B (bloques)	2	75.05140533	37.525702	20.48	<.0001
T (tratamiento)	8	5.76585488	0.7207318	0.39	0.9154
B-T (interacción B-T)	16	32.33946048	2.0212162	1.10	0.3945
<b>Período marzo-mayo</b>					
B (bloques)	2	297.2481608	148.62408	6.24	0.0054
T (tratamiento)	8	157.6959196	19.711990	0.83	0.5854
B-T (interacción B-T)	16	323.1480517	20.196753	0.85	0.6275

**Tabla 9. Tasa de crecimiento en diámetro en los períodos enero-marzo y marzo-mayo según tratamiento.**

Tratamiento (árboles/ha)	Tasa de crecimiento en diámetro en porcentaje (dap final-dap inicial/dap inicial)*100	
	enero-marzo	marzo-mayo
500	26.4 a	9.30 a
550	26.1 a	14.4 a
600	27.0 a	11.4 a
650	26.7 a	10.0 a
700	26.8 a	10.4 a
750	26.7 a	11.3 a
800	26.3 a	7.80 a
850	26.0 a	11.4 a
1000	26.1 a	9.50 a
<b>Media</b>	26.5	10.3
<b>CV (%)</b>	5.11	47.0

En el segundo período (marzo-mayo) se observa mayor variabilidad en tasa de crecimiento de diámetros respecto al primer bimestre. El coeficiente de variación aumenta de 5.11% a 47.0%.

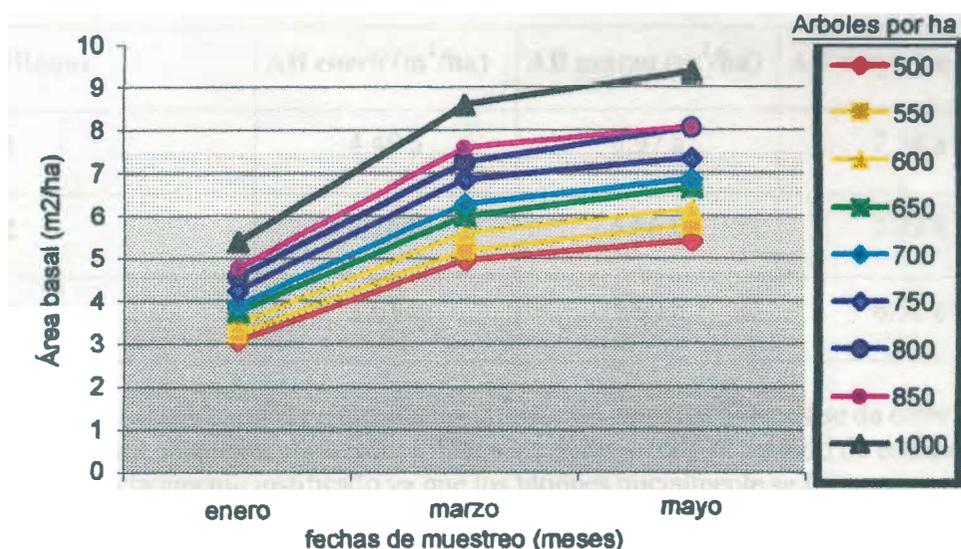
#### 4.4-ÁREA BASAL

No se encontró diferencia significativa alguna entre áreas basales en el registro previo a la instalación del ensayo (diciembre). Esto puede atribuirse a la homogeneidad de la plantación original, tanto en diámetro de referencia (Tabla 7, CV% diciembre= 3.85%) como en número de árboles por unidad de superficie.

Luego de aplicados los tratamientos, a mayor severidad de raleo corresponde menor área basal por hectárea (Gráfico 3).

No se observaron diferencias significativas entre cualesquiera dos tratamientos que tuvieran 50 árboles /ha de diferencia en densidad. Por otra parte, se observaron diferencias significativas entre cualesquiera dos tratamientos cuyas densidades de rodal difieran en 150 árboles o más en todas las fechas de medición. Las variables que más inciden sobre el área basal total son el número de árboles por unidad de superficie y el diámetro a la altura de referencia de los mismos (Hasenauer *et al.*, 1994). Las diferencias iniciales observadas entre área basal media de tratamientos, dada la homogeneidad en diámetros, se deben obviamente a diferencias en número de árboles por unidad de superficie. Las diferencias iniciales observadas entre bloques, en cambio se asocian a diferencias en diámetro promedio.

**Gráfico 3. Área basal total según fecha.**



Aquí se ilustra la diferenciación del área basal la cual disminuye a medida que se baja la cantidad de árboles. También se observa una mayor diferencia entre los tratamientos a medida que se avanza en el tiempo ya que en enero hay  $2.32\text{m}^2/\text{ha}$  entre los tratamientos extremos y en mayo de  $4.01\text{m}^2/\text{ha}$ , lo que se podría pensar que estas diferencias se incrementen aún más si se prolongara el gráfico. Esto no se debe al incremento diametral ya que como vimos no hay diferencias de importancias pero si al mayor numero de árboles por unidad de superficie.

**Tabla 10. Análisis de varianza para área basal total.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>Mes enero</b>					
B (bloques)	2	5.36206418	2.6810320	35.10	<.0001
T (tratamiento)	8	26.28207635	3.2852595	43.01	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	1.29414095	0.0808838	1.06	0.4307
<b>Mes marzo</b>					
B (bloques)	2	7.98642104	3.9932105	30.72	<.0001
T (tratamiento)	8	63.96515221	7.9956440	61.52	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	2.23869558	0.1399184	1.08	0.4161
<b>Mes mayo</b>					
B (bloques)	2	8.20429907	4.1021495	24.72	<.0001
T (tratamiento)	8	72.26964003	9.0337050	54.44	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	3.14580617	0.1966128	1.18	0.3333

**Tabla 11. Área basal total por bloque según fecha.**

Bloque	AB enero (m <sup>2</sup> /ha)	AB marzo (m <sup>2</sup> /ha)	AB mayo (m <sup>2</sup> /ha)
1	4.49 a	6.97 a	7.58 a
2	4.16 b	6.66 b	7.23 b
3	3.61 c	5.89 c	6.52 c

Analizando estos resultados las diferencias entre los bloques se da entre los tres bloques, manteniéndose estas diferencias durante todo el período de estudio. Esto está claramente justificado ya que los bloques inicialmente se formaron a partir del área basal total de las parcelas.

**Tabla 12. Área basal total de los meses de diciembre, enero, marzo y mayo según tratamiento.**

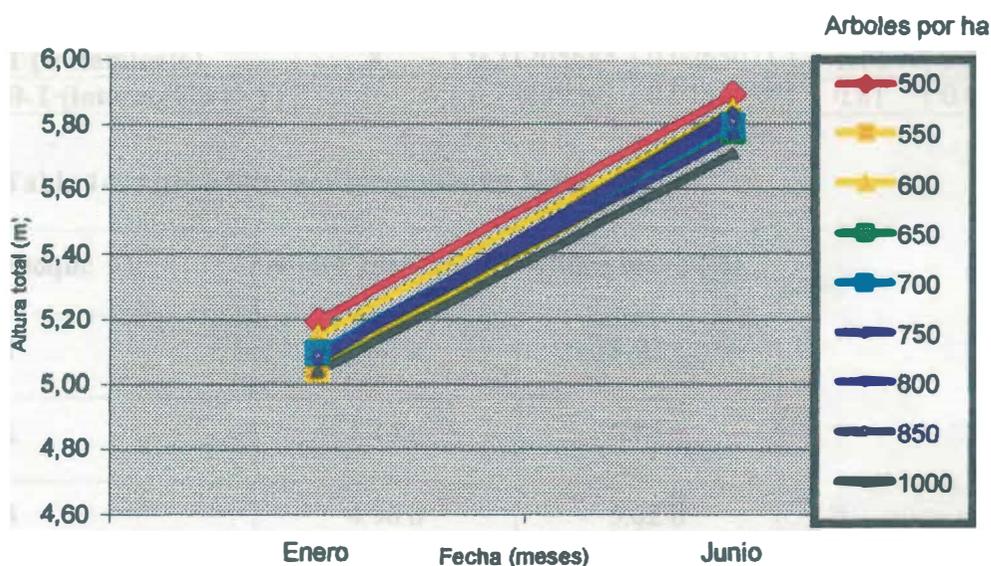
Tratamiento (árboles/ha)	Fecha			
	diciembre	enero	marzo	mayo
500	5.75 a	3.14 a	5.01 a	5.46 a
550	5.53 a	3.03 ab	5.24 ab	5.83 ab
600	5.62 a	3.53 ab	5.66 bc	6.20 abc
650	5.61 a	3.81 bc	6.05 bcd	6.72 bc
700	5.38 a	3.96 bc	6.34 cd	6.92 cd
750	5.64 a	4.31 cd	6.91 de	7.41 de
800	5.48 a	4.64 d	7.32 e	8.12 e
850	5.49 a	4.84 d	7.66 e	8.14 e
1000	5.63 a	5.46 e	8.65 f	9.45 f
Media	5.56	4.09	6.51	7.11
CV (%)	7.00	6.76	5.54	5.72

Las medias de los distintos períodos se observa que antes de los dos meses del raleo ya se sobrepasa el área basal previo al tratamiento excepción del tratamiento de mayor intensidad. El coeficiente de variación es en las distintas fechas menor al 7% lo cual indica que la variación es muy baja.

#### 4.5-ALTURA TOTAL

No se observaron diferencias significativas entre alturas totales medias de tratamientos al analizar los registros de las dos fechas de medición (Tabla 13). En futuras mediciones a largo plazo, quizá se obtengan diferencias significativas en altura total media, como las observadas por Baldwin *et al.* (1989) luego de 10 años de realizado el raleo.

Gráfico 4. Altura total según fecha de medición.



El gráfico 4 indica que la densidad es inversamente proporcional a la altura total media de los tratamientos. En términos absolutos, las mayores diferencias, de no más de 0.20 m, se dan entre densidades extremas, 500 y 1000 árboles /ha (Tabla 15). Estas diferencias se relacionan con el método de raleo, en el cual domina el raleo por lo bajo, puesto que se retiraron árboles de menor altura. A medida que aumenta la severidad del raleo se van retirando árboles de mayor altura; sin embargo, las diferencias no son importantes.

**Tabla 13. Análisis de varianza para altura total.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>enero</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.57853169	0.2892658	16.21	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.16525283	0.0206566	1.16	0.3561
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.24317275	0.0151983	0.85	0.6236
<b>mayo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.87653926	0.4382696	23.30	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.21205684	0.0265071	1.41	0.2330
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.24409303	0.0152558	0.81	0.6637

**Tabla 14. Altura total por bloque según fecha**

Bloque	Altura enero (m)	Altura mayo (m)
<b>1</b>	5.21 a	5.93 a
<b>2</b>	5.14 a	5.86 a
<b>3</b>	4.96 b	5.62 b

En cuanto a los bloques para esta variable se diferencian los bloques 1 y 2 del 3. Esto varía respecto al área basal total donde los bloques 1 y 2 se consideran distintos.

**Tabla 15. Altura total en enero y mayo según tratamiento.**

Tratamiento (árboles/ha)	Altura total (m)	
	enero	mayo
500	5.19 a	5.89 a
550	5.04 a	5.79 a
600	5.15 a	5.84 a
650	5.10 a	5.78 a
700	5.10 a	5.80 a
750	5.07 a	5.84 a
800	5.08 a	5.76 a
850	5.09 a	5.81 a
1000	5.03 a	5.71 a
Media	5.10	5.80
CV	2.62	2.36

Como se ve hay un aumento claro de enero a mayo el cual es alrededor de 70 centímetros en prácticamente todos los tratamientos. De esta manera se mantienen las diferencias y no se observan diferencias en ninguno de las dos fechas de medición.

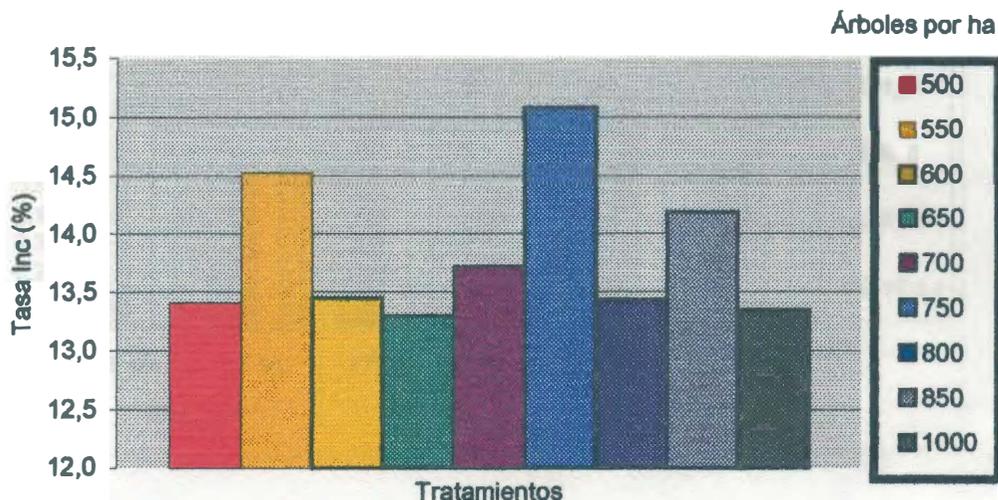
#### 4.6-TASA DE CRECIMIENTO EN ALTURA TOTAL

En cuanto a la tasa de crecimiento en altura total no se tuvieron resultados significativos diferentes como consecuencia de los datos de las alturas totales (Tabla 16).

**Tabla 16. Tasa de incremento en altura en el período enero-mayo según tratamiento.**

Tratamientos (numero de árboles/ha)	Tasa de incremento en altura total $(hf-hi/hi)*100$
	Período enero-mayo
500	13.1 a
550	14.5 a
600	13.5 a
650	13.3 a
700	13.7 a
750	15.1 a
800	13.4 a
850	14.2 a
1000	13.3 a
Media	13.7
CV	14.2

**Gráfico 5. Tasa de incremento en altura total según tratamiento.**



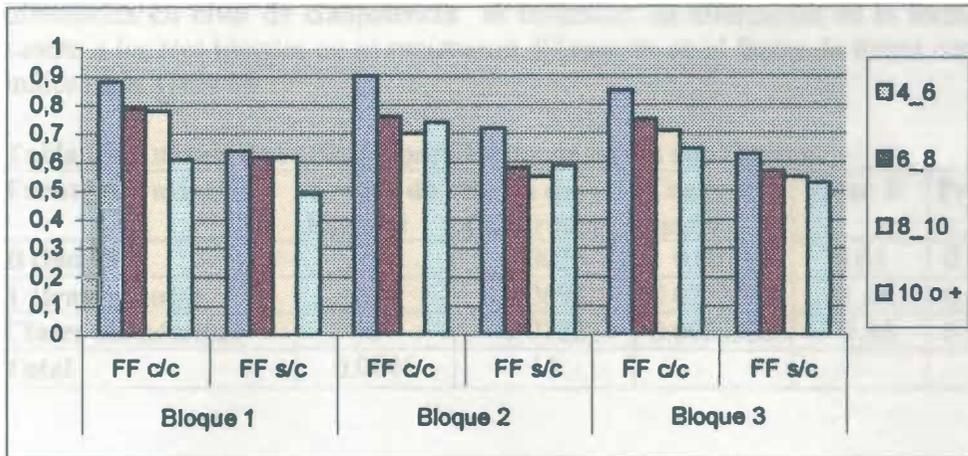
No se establece una relación clara entre densidad y tasa de crecimiento en altura durante el período de referencia (Gráfico 5). Una hipótesis probable sería que las densidades extremas presentarían tasas de incremento en altura menores que las intermedias, por exceso de competencia en un caso (1000 árboles/ha) y subpoblación del rodal en otro (500 árboles/ha). Sin embargo, lo que se observa es que algunas densidades intermedias (600, 650, 700, y 800 árboles/ha) presentan valores comparables a las densidades extremas.

Es probable que deba transcurrir algún tiempo antes que pueda constatar diferencias entre tasas de incremento en altura. Si se consideran en este trabajo valores de factor de espaciamiento mayores a 50%, y se establece recién la competencia cuando dicho factor es menor a 21%, se tiene una idea de que aún falta un tiempo para que esta competencia se traduzca en diferencias ó en un patrón claro de variación de tasa de crecimiento en altura en función de la densidad de rodal.

#### 4.7-FACTOR DE FORMA

A los efectos de calcular volumen total, se estudió la variación de factor de forma, para establecer si existen diferencias significativas entre valores de sitio y de clases diamétricas. Por otra parte, se estudió la variación de factores de forma con y sin corteza, calculados a partir de volúmenes aparentes con y sin corteza. De esta manera se estudiara cuales son de estos tres factores los que inciden sobre la forma de los árboles.

**Gráfico 6. Factor de forma con y sin corteza tomando en cuenta volumen aparente con corteza según clase diamétrica**



El objetivo del análisis de factores de forma es en realidad constatar si existen diferencias entre clases diamétricas en cada bloque, a los efectos de calcular volumen total individual y volumen  $m^3$ /unidad de superficie con mayor precisión. Luego se realiza con 95 y 99% de confianza, la prueba de Tukey para comparar los valores promedio.

**Tabla 17. Factor de forma promedios con corteza calculados con volumen aparente con corteza según su clase diamétrica con 95% y 99% de confianza.**

Clase de D de referencia (cm)	Factor de forma con corteza	
	95%	99%
I-4-6	0.87 a	0.87 a
II-6-8	0.77 ab	0.77 ab
II-8-10	0.73 b	0.73 ab
IV-> a 10	0.67 b	0.67 b

Para un 95% existen diferencias significativas siendo mayor el factor de forma cuanto menor sea el diámetro. Es así, que las clases diamétricas de 4-6 cm se diferencian significativamente de la de 8-10 cm y de las mayores de 10 cm con 95% de confianza.

Para un análisis más exigente de 99% existen diferencias significativas siendo mayor el factor de forma cuanto menor sea el diámetro. Es así, que las clases diamétricas de 4-6 cm se diferencia significativamente de las mayores de 10 cm con 99% de confianza. De esta manera entonces se confirma lo escrito en la revisión bibliográfica donde el factor de forma decrece con el aumento del diámetro, edad de los individuos, aumento de la altura total y el mayor espacio disponible. De estos

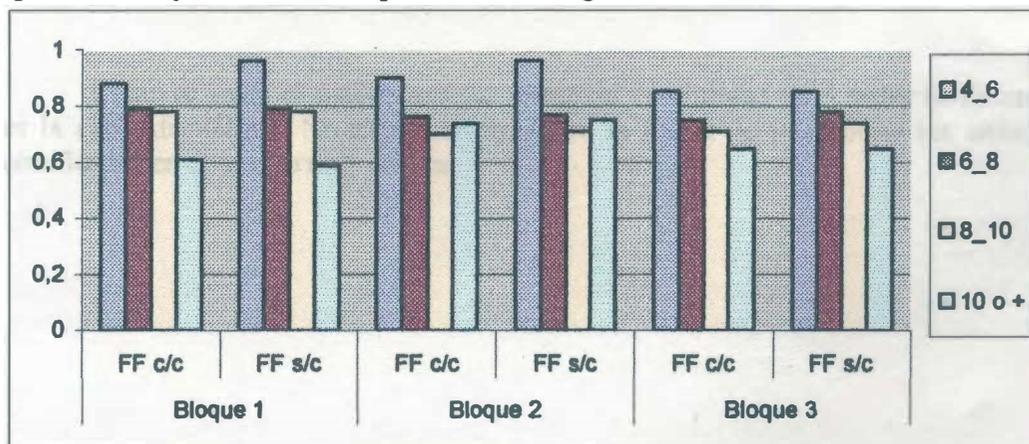
cuatro factores la edad de los individuos no es relevante por ser una población coetánea y el mayor espacio tampoco por que no hubo tiempo para que las diferencias en nivel de competencia se traduzcan en diferencias en la forma. En cuanto a los tres bloques no se registraron diferencias en el factor de forma como se indica en la Tabla 18.

**Tabla 18. Análisis de varianza para factor de forma con corteza.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
B (bloques)	2	0.0026	0.0013	0.64	0.5601
T (tratamiento)	3	0.0698	0.0232667	11.44	0.0068
Clases diamétricas	6	0.0122	0.0020333	0.85	0.6236
Total	0.0846	11			

Es así entonces que las clases diamétricas presentan el efecto significativo sobre los factores de forma.

**Gráfico 7. Factor de forma con y sin corteza tomando en cuenta volumen aparente con y sin corteza respectivamente según clase diamétrica.**



Para un 95% existen diferencias significativas siendo mayor el factor de forma al igual que con corteza cuanto menor sea el diámetro. Es así, que las clases diamétricas de 4-6 cm se diferencian significativamente de las clases mayores de 8-10 con 95% de confianza.

**Tabla 19. Factor de forma promedios sin corteza calculados con volumen aparente sin corteza según su clase diamétrica con 95% y 99% de confianza.**

Clase de D de referencia (cm)	Factor de forma e corteza	
	95%	99%
I-4-6	0.92 a	0.92 a
II-6-8	0.78 ab	0.78 ab
II-8-10	0.74 b	0.74 b
IV-> a 10	0.66 c	0.66 b

Es así que la clase diamétrica I (4-6 cm) se diferencia de manera altamente significativa de las clases III y IV (8-10 y mayor a 10 cm respectivamente). Es así, entonces que se confirma lo dicho en la revisión bibliográfica donde el factor de forma decrece con el aumento del diámetro. No se observa efecto significativo de los bloques sobre los factores de forma al igual que el factor de forma con corteza.

**Tabla 20. Variabilidad según corteza, bloque y clase diamétrica.**

Efecto	Porcentaje
Corteza	0
Bloque	0
Clase diamétrica	100

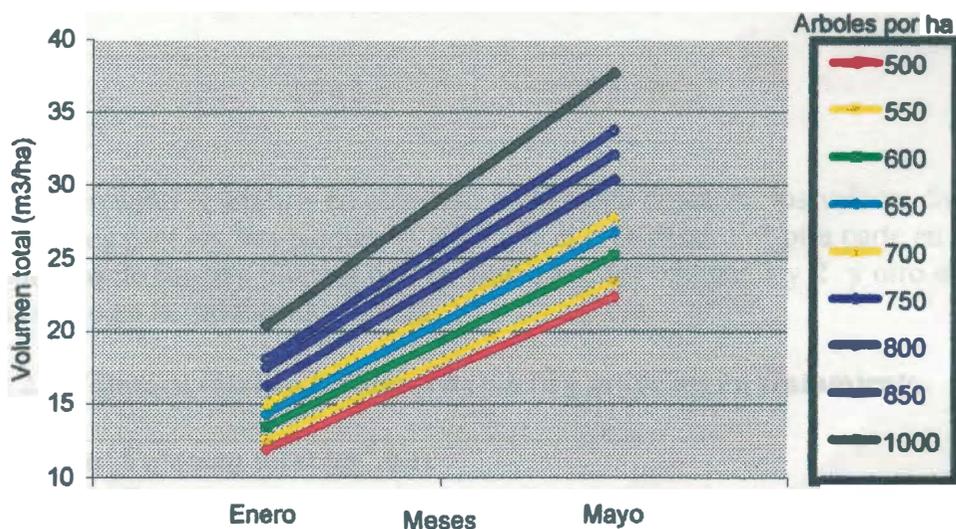
Como se ve en el cuadro la única fuente de variabilidad en el factor de forma es la clase diamétrica. No tienen efecto sobre la forma de los árboles los sitios clasificados en el ensayo ni la corteza.

## 4.8-VOLUMEN

### 4.8.1-Volumen total

Se observaron diferencias significativas entre valores de Volumen total por unidad de superficie (Tabla 21) En ambas fechas de estimación de volumen, tanto bloques como tratamientos resultaron efectos altamente significativos.

Gráfico 8. Volumen total según fecha.



El volumen total por unidad de superficie es directamente proporcional a la densidad (Gráfico 8). Si se compara la pendiente de las rectas que corresponden a 500 árboles/ha y a 1000 árboles/ha, se observa que esta última tiende a ser mayor.

Tabla 21. Análisis de varianza para volumen total por unidad de superficie al inicio y al final del período de mediciones.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>enero</b>					
B (bloques)	2	93.7629311	46.881465	31.44	<.0001
T (tratamiento)	8	343.3814374	42.922679	28.79	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	21.28290973	1.3305686	0.89	0.583
<b>Mayo</b>					
B (bloques)	2	178.924380	89.462190	20.15	<.0001
T (tratamiento)	8	1178.554161	147.31927	33.18	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	79.684715	4.980295	1.12	0.3800

**Tabla 22. Volumen total según bloque.**

<b>Bloque</b>	<b>Vol total medio enero (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Vol total medio mayo (m<sup>3</sup>/ha)</b>
<b>1</b>	17.10 a	30.19 a
<b>2</b>	15.80 b	29.58 a
<b>3</b>	13.42 c	25.40 b

Observando el análisis en este caso en la fecha de enero, los valores dan tres sitios distintos para los tres bloques al igual que el área basal. Por otra parte en mayo los resultados de los tres bloques dan un sitio entre los bloques 1 y 2 y otro en el 3 tal cual se dio en la variable altura total.

**Tabla 23. Volumen total en los meses de enero y mayo según tratamiento.**

<b>Tratamiento (árboles/ha)</b>	<b>Volumen total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	
	<b>Enero</b>	<b>mayo</b>
<b>500</b>	11.9 a	22.3 a
<b>550</b>	12.5 ab	22.4 ab
<b>600</b>	13.5 abc	25.0 abc
<b>650</b>	14.4 bc	26.1 abc
<b>700</b>	15.0 bcd	27.5 bcd
<b>750</b>	16.2 cde	30.4 cde
<b>800</b>	17.5 de	32.0 de
<b>850</b>	18.1 ef	33.4 ef
<b>1000</b>	20.4 f	37.0 f
<b>Media</b>	15.4	28.4
<b>CV (%)</b>	7.9	7.42

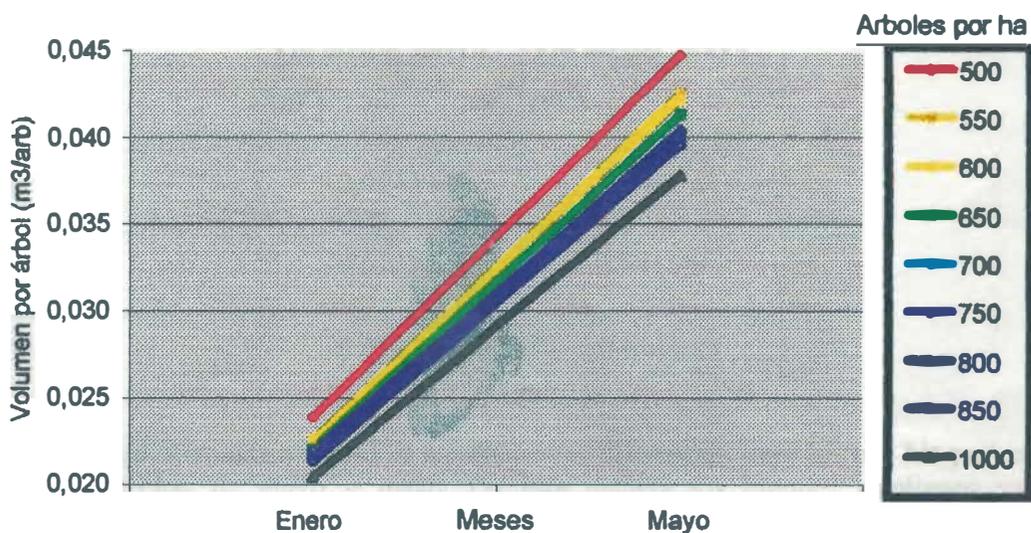
Las diferencias se mantienen entre los tratamientos en las dos fechas a excepción del tratamiento de 500 árboles/ha que posee diferencias con el de 650 árboles/ha enero pero no en mayo. Al mantenerse las diferencias entre los tratamientos podríamos concluir como se ve más adelante que no hay diferencias entre las tasas de crecimiento de volumen. Es así, que la variación es prácticamente la misma entre ambas fechas siendo menor el coeficiente de variación a el 8%.

#### 4.8.2-Volumen medio por árbol

Al inicio del período de registro, se observa que, en relación a volumen medio individual, el efecto de los bloques es altamente significativo y el efecto de tratamientos es significativo (Tabla 24). Lo mismo ocurre para los volúmenes medios individuales calculados en mayo. El efecto de bloques puede asociarse con los efectos observados tanto en diámetro de referencia como en altura total (tabla 25). Por su parte, los tratamientos presentaron un efecto altamente significativo sobre el diámetro de referencia sólo al final del periodo de registros, en tanto que no se observó que tuvieran un efecto significativo sobre altura total. Sin embargo, si se compara volúmenes medios individuales de tratamiento (Tabla 26) se observan diferencias significativas entre los valores de tratamientos con 500 y 1000 árboles/ha, asociadas principalmente con el tipo de raleo y el tamaño medio de los árboles en el conjunto remanente.

A final del período de evaluación, las diferencias iniciales diferencias tienden a incrementarse ya que no solo el tratamiento de mayor densidad se diferencia del de 500 árboles/ha, sumándose a esta diferencia los tratamientos de más de 800 árboles/ha. Se observaron asimismo diferencias significativas entre el valor del tratamiento de 1000 árboles/ha y aquellos obtenidos con tratamientos de 600 árboles/ó menos (Tabla 26). En esta fecha las diferencias son incrementadas debido a la mayor diferenciación del diámetro promedio producida por el raleo. El incremento en volumen total y medio individual es notorio siendo en ambos casos alrededor del 85 por ciento.

Gráfico 9. Volumen medio por árbol según fecha de medición.



Se observa en general que el volumen total individual medio es inversamente proporcional a la densidad. Las diferencias iniciales observadas entre tratamiento (Gráfico 9) se relacionan del período de medición. La alta homogeneidad de la población original, unida al breve lapso de observación explican la similitud entre los volúmenes densidades intermedias (550 a 850 árboles/ha).

**Tabla 24. Análisis de varianza para volumen total individual promedio al inicio y al final del período de mediciones.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>enero</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.00018929	0.0000946	35.49	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.00005113	0.0000063	2.40	0.0395
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.00002753	0.0000017	0.65	0.8215
<b>mayo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	0.00043274	0.0002163	31.34	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	0.00022696	0.0000283	4.11	0.0021
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	0.00009459	0.0000059	0.86	0.6189

Se observó un efecto altamente significativo de los bloques sobre volumen total individual medio tanto en enero como en mayo (Tabla 24). En ambas fechas los tratamientos tuvieron efecto significativo sobre la variable.

**Tabla 25. Volumen total individual medio (m<sup>3</sup>) según bloque.**

Bloque	Vol medio enero (m <sup>3</sup> )	Vol medio mayo (m <sup>3</sup> )
1	0.0243 a	0.0441 a
2	0.0222 b	0.0416 b
3	0.0194 c	0.0369 c

Para el volumen medio se mantienen las diferencias entre los tres bloques en las dos fechas de enero y mayo. De esta manera los bloques mantienen sus diferencias tal cual fue diseñado el ensayo por medio del área basal total.

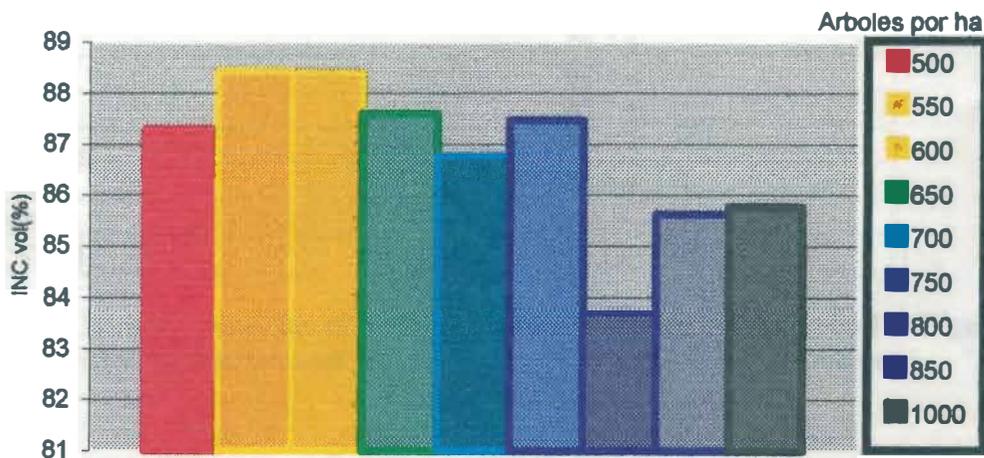
**Tabla 26. Volumen medio por árbol en los meses de enero y mayo según tratamiento.**

Tratamiento (árboles/ha)	Volumen total (m <sup>3</sup> )	
	enero	mayo
500	0.024 a	0.045 a
550	0.023 ab	0.042 ab
600	0.022 ab	0.042 ab
650	0.022 ab	0.041 abc
700	0.021 ab	0.040 abc
750	0.022 ab	0.040 abc
800	0.022 ab	0.040 bc
850	0.021 ab	0.040 bc
1000	0.020 b	0.038 c
Media	0.022	0.041
CV (%)	7.44	6.43

#### 4.9-TASA DE INCREMENTO EN VOLUMEN

El efecto de los bloques sobre la tasa de incremento en volumen total individual promedio fue altamente significativo (Tabla 27). Los tratamientos no tuvieron efecto significativo sobre la variable; no se observó un patrón consistente en la relación entre volumen total individual medio y densidad de rodal (Gráfico 10).

**Gráfico 10. Tasa de incremento en volumen para el período de referencia.**



Observando el gráfico si bien no existen diferencias significativas se ve que los mayores incrementos en volumen se dan en los tratamientos de menor densidad

de rodal. Sin embargo el tratamiento de menor densidad el incremento se ve reducido. Esto puede ser explicado por el aumento de crecimiento de la copa de los árboles para recuperar el espacio dejando de lado el crecimiento del fuste.

**Tabla 27. Análisis de varianza para tasa de incremento en volumen del período de medición.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>enero-mayo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	687.2579680	343.62898 40	11.59	0.0002
<b>T (tratamiento)</b>	8	118.2939268	14.786740 8	0.50	0.8473
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	421.1501957	26.321887 2	0.89	0.5880

El efecto bloque observado en este análisis fue estudiado tanto en volumen total como en volumen total individual medio.

**Tabla 28. Tasa de incremento en volumen según tratamiento.**

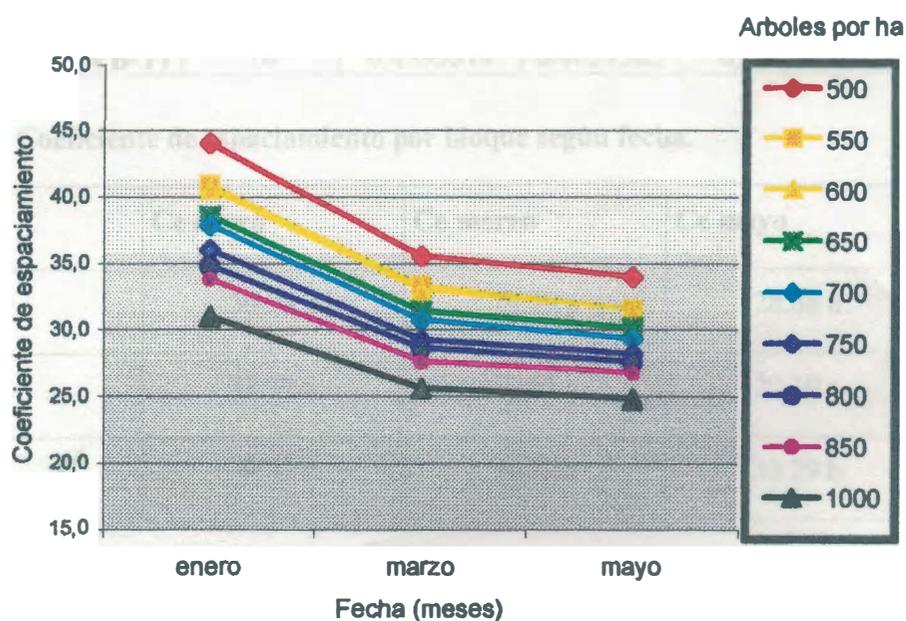
Tratamiento (árboles/ha)	Tasa de crecimiento en volumen en porcentaje (vol final-vol inicial/vol inicial)*100
<b>500</b>	87.3 a
<b>550</b>	88.1 a
<b>600</b>	88.3 a
<b>650</b>	87.3 a
<b>700</b>	86.3 a
<b>750</b>	87.4 a
<b>800</b>	83.7 a
<b>850</b>	85.4 a
<b>1000</b>	85.8 a
<b>Media</b>	86.6
<b>CV(%)</b>	6.29

No hay diferencias en la tasa de crecimiento en volumen, lo cual es lógico y que no se registra diferencias en las tasas de crecimiento en altura y diámetro.

#### 4.10-COEFICIENTE DE ESPACIAMIENTO

Se calcularon coeficientes de espaciamiento de cada parcela antes de la instalación del ensayo. No se observó diferencias significativas entre las parcelas asignadas a los diferentes tratamientos. En enero, luego de instalado el ensayo, se observan diferencias significativas entre tratamientos como consecuencia directa de la modificación en espaciamiento medio; los coeficientes de espaciamiento resultan así inversamente proporcionales a la densidad de rodal. Las diferencias entre coeficientes de espaciamiento promedio de los tratamientos se mantienen a través de las tres fechas de registro (Gráfico 11).

Gráfico 11. Coeficiente de espaciamiento según fecha.



En las tres fechas de medición se observan efectos altamente significativas de bloques y tratamientos sobre el coeficiente de espaciamiento (Tabla 29). No se observa efectos de interacción entre bloques y tratamientos. Por otro lado se tiene una respuesta diferencial con el agregado de 50 árboles.

**Tabla 29. Análisis de varianza para el coeficiente de variación.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>Mes enero</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	56.7532014	28.376600	13.32	<.0001
<b>T (tratamiento)</b>	8	733.3849064	91.673113	43.03	<.0001
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	16.5609869	1.0350617	0.49	0.9351
<b>Mes marzo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	24.9300023	12.465001	11.97	0.0002
<b>T (tratamiento)</b>	8	432.8255375	54.103192	51.97	<.0001
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	11.2993154	0.7062072	0.68	0.7917
<b>Mes mayo</b>					
<b>B (bloques)</b>	2	12.9205897	6.4602949	6.37	0.0050
<b>T (tratamiento)</b>	8	358.4590903	44.807386	44.15	<.0001
<b>B-T (interacción B-T)</b>	16	6.4393314	0.4024582	0.40	0.9728

**Tabla 30. Coeficiente de espaciamiento por bloque según fecha.**

Bloque	Ce enero	Ce marzo	Ce mayo
1	36.23 a	29.79 a	28.88 a
2	37.37 b	30.37 a	29.10 a
3	39.32 c	31.83 b	30.29 b

Para el coeficiente de espaciamiento en enero se diferencian los tres bloques en tres sitios. Siendo como es obvio el mejor sitio el de menor Ce o sea el de mayor competencia. Luego, tanto en marzo como mayo el bloque 1 y 2 se diferencia del sitio de menor crecimiento que es el bloque 3.

**Tabla 31. Coeficiente de espaciamiento en los meses de enero, marzo y mayo según tratamiento.**

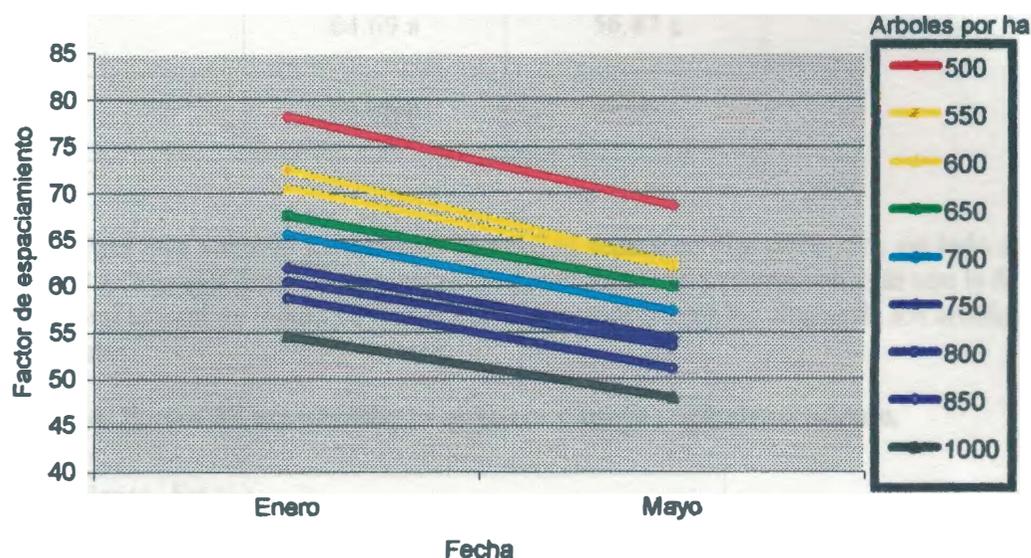
Tratamiento (árboles/ha)	Coeficiente de espaciamiento		
	enero	marzo	mayo
500	44.1 a	35.6 a	34.0 a
550	40.9 b	33.3 b	31.5 b
600	40.6 b	33.0 b	31.5 b
650	38.6 bc	31.4 bc	30.1 bc
700	37.9 cd	30.7 cd	29.3 cd
750	36.0 de	29.3 de	28.2 de
800	34.8 e	28.6 e	27.6 e
850	33.8 e	27.6 e	26.8 e
1000	31.0 f	25.6 f	24.8 f
<b>Media</b>	37.6	30.7	29.4
<b>CV(%)</b>	3.88	3.33	3.42

Se observa una disminución del coeficiente de espaciamiento mayor entre enero y marzo que entre marzo y mayo. Esto se relaciona, con la tasa de incremento en diámetro de los árboles dominantes en cada parcela, que fue similar en todos los tratamientos y mayor en el primer período respecto al segundo.

#### 4.11-FACTOR DE ESPACIAMIENTO

Se observó que para ambas fechas en las que se registró altura total, tanto bloques como tratamientos presentaron efectos significativos sobre el factor de espaciamiento (Tabla 32); la interacción entre ambas no tuvo efecto significativo.

Gráfico 12. Factor de espaciamiento según fecha de medición.



Se observa que entre 500 y 850 árboles /ha, la adición de 50 árboles /ha tiene un efecto menor sobre el factor de espaciamiento con el aumento de la densidad de rodal (Gráfico 12). En enero, las diferencias entre factores de espaciamiento promedio parecen vincularse claramente con la densidad de rodal en cada tratamiento (Tabla 34). En mayo, en cambio, no se observa diferencias significativas entre Fe% de los tratamientos con 550 a 650 árboles /ha ni entre valores de tratamiento con 750 a 850 árboles /ha.

Tabla 32. Análisis de varianza de factor de espaciamiento al inicio y al final del período de mediciones.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
<b>enero</b>					
B (bloques)	2	75.845523	37.922762	10.56	0.0003
T (tratamiento)	8	2436.931636	304.61645	84.86	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	58.499613	3.656226	1.02	0.4657
<b>mayo</b>					
B (bloques)	2	48.490442	24.245221	10.75	0.0003
T (tratamiento)	8	1877.526149	234.69076	104.11	<.0001
B-T (interacción B-T)	16	36.872179	2.304511	1.02	0.4624

**Tabla 33. Factor de espaciamiento promedio según bloque.**

Bloque	Fe (%) enero	Fe (%) mayo
1	64.55 a	56.67 a
2	64.69 a	56.87 a
3	68.05 b	59.65 b

Para esta variable los bloques se pueden separa en dos sitios. Por un lado el bloque 1 y 2 (mejor sitio) y por otro el bloque 3. Esta clasificación coincide con la de altura total lo cual es lógico ya que el Fe(%) toma en cuenta las alturas de los árboles dominantes.

**Tabla 34. Factor de espaciamiento en enero y mayo según tratamiento.**

Tratamiento (árboles/ha)	Fe(%)	
	enero	mayo
500	78.2 a	68.6 a
550	72.5 b	62.4 b
600	70.6 bc	62.0 b
650	67.6 cd	59.9 b
700	65.6 de	57.3 c
750	62.0 ef	54.3 cd
800	60.5 f	53.6 d
850	58.7 f	51.1 d
1000	54.5 g	47.9 e
Media	65.8	57.7
CV (%)	2.88	2.60

Si se compara el comportamiento de ambos índices de densidad, Ce y Fe%, se observa que el primero, que depende del diámetro medio de individuos dominantes y codominantes, evoluciona con diferencias similares entre tratamientos a través de todo el período de evaluación. Por su parte que el Fe% dependiente de la altura media de árboles dominantes y codominantes presenta una tendencia análoga pero no idéntica en su evolución.

El análisis del valor de coeficientes de espaciamiento antes de la instalación del ensayo muestra que el rodal original no estaba en situación de competencia. El C.e medio era de 30.4, muy inferior a 15 establecido como valor de competencia

(Day y Bennett, 1962, citados por Day y Gonda, 1987). Los valores iniciales y finales de raleos en esta etapa del ensayo, por lo tanto, corresponden a un raleo precomercial ó a desecho.

Este raleo precomercial, entonces. Más que disminuir la competencia entre árboles tiene como objetivos principales disminuir individuos claramente indeseables y concentrar el potencial de crecimiento en árboles de mayor calidad.

## 5-CONCLUSIONES

Algunas de las conclusiones que se pueden derivar de esta primera evaluación del ensayo se relacionan con los efectos de los tratamientos de raleo, la densidad de rodal y las relaciones de competencia resultantes sobre las variables evaluadas. Otras conclusiones se vinculan a los efectos de la calidad de sitio sobre el crecimiento y a sus interacciones con los tratamientos de raleo.

Pueden diferenciarse dos ó tres sitios, según las variables y las fechas de medición ó los periodos que se consideren. antes de instalar el ensayo y al final del periodo de evaluación, los diámetros a la altura de referencia (1.37 m) promedio permiten distinguir tres sitio en los registros de mayo, mientras que en enero y marzo, los bloques 2 y 3 no se diferencian entre sí.

Si se considera área basimétrica antes del raleo y durante todo el periodo de evaluación, se pueden distinguir tres sitios.

La altura total permite diferenciar dos sitios en todas las fechas de registro. En este caso, los bloques 1 y 2 corresponden al sitio de mayor calidad, en tanto que el bloque 3 representa menor calidad de sitio.

Los valores de volumen medio total de los bloques permiten diferenciar tres sitios, en tanto que al final del periodo de registro los bloques 1 y 2 no se diferencian. El volumen medio individual se comporta de modo similar al área basimétrica.

El distinguir dos ó tres sitios depende del grado de precisión que se desee lograr en la gestión silvícola y de las decisiones a tomar, ante la prescripción de tratamientos de poda. en la cual cobra importancia la tasa de crecimiento en altura total, podrá hacerse por separado para dos sitios; en el cálculo de incremento y rendimiento en cosechas parciales y finales y la estimación de proporciones de tamaños de árboles y trozas. sería aconsejable considerar que existen tres sitios.

En segundo término, tomando en cuenta los resultados de los tratamientos para las distintas variables, se observa en diámetro a la altura de referencia que recién luego de 5 meses se diferencian significativamente los tratamientos de 500 árboles/ha con los de 850 y 1000 árboles /ha. Al final del periodo de registro, se observa un diámetro de referencia medio de 11.3 cm (rango 11.0 a 11.8 cm);

El área basal total no presentó diferencias significativas entre cualesquiera dos tratamientos que tuvieran 50 árboles /ha de diferencia en densidad. Por otra parte, se observaron diferencias significativas entre cualesquiera dos tratamientos cuyas densidades de rodal difieran en 150 árboles o más. El área basimétrica total promedio fue en mayo de 7.11 m<sup>2</sup>/ha (rango 5.46 a 9.45 m<sup>2</sup>/ha)

En la altura total no se observan diferencias significativas entre los tratamientos al analizar los registros de las dos fechas de medición. Es posible de esperar en futuras mediciones que se obtengan diferencias significativas en altura total, como es citado por numerosos autores. La altura total promedio en la última medición fue 5.8 m (rango de 5.71 m a 5.89 m)

El volumen total por unidad de superficie fue directamente proporcional a la densidad de árboles. Los resultados en enero y mayo mantienen en su mayoría las diferencias entre los tratamientos. El volumen total medio al final del período fue 28.4 m<sup>3</sup>/ha (rango de 22.3 a 37.0 m<sup>3</sup>/ha).

En cuanto a los volúmenes medios individuales se observan diferencias significativas entre los valores de tratamientos con 500 y 1000 árboles/ha, asociadas principalmente con el tipo de raleo y el tamaño medio de los árboles en el conjunto remanente. A final del período de evaluación, las diferencias iniciales tienden a incrementarse, ya que no solo el tratamiento de mayor densidad se diferencia del de 500 árboles/ha, sumándose a esta diferencia los tratamientos de más de 800 árboles/ha. Se observaron asimismo diferencias significativas entre el valor del tratamiento de 1000 árboles/ha y aquellos obtenidos con tratamientos de 600 árboles/ó menos. En el último registro, se estimó un volumen medio individual de 0.041 m<sup>3</sup> (rango de 0.038 a 0.045 m<sup>3</sup>)

En cuanto a las tasas de crecimiento en altura de referencia, altura total y volumen medio individual no se registran diferencias significativas. Si bien aún no se observaron diferencias, se puede prever que éstas eventualmente aparecerán en futuras evaluaciones.

El coeficiente de espaciamiento, que depende del diámetro medio de individuos dominantes y codominantes, evoluciona con diferencias similares entre tratamientos a través de todo el período de evaluación. Por su parte que el Fe%, dependiente de la altura media de árboles dominantes y codominantes, presenta una tendencia similar.

El coeficiente de espaciamiento osciló entre 24.8 a 34.0 y el factor de espaciamiento varió entre 47.9 y 68.6%. Estos valores extremos pertenecen en todos los casos a los tratamientos extremos de 500 y 1000 árboles/ha; la media generalmente correspondió a los tratamientos de 700 y 750 árboles/ha.

## 6-RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los efectos producidos por el raleo precomercial en una plantación de *Pinus taeda* L. de tres años. El diseño del ensayo fue de bloques completos distribuidos al azar, en el que se incluyeron nueve tratamientos: 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 y 1000 árboles/hectárea. El período en estudio fue de enero a mayo de 2001, midiéndose el diámetro de referencia (1.37 m) bimensualmente y la altura total al principio y al final del período de estudio.

Las variables analizadas fueron diámetro a la altura de referencia, área basal total, altura total, factor de forma, volumen total y medio individual, coeficiente de espaciamiento, factor de espaciamiento y las tasas de crecimiento en diámetro, altura y volumen. Además de estudiar el efecto de los tratamientos sobre las variables, se analizó el efecto de los bloques para cada variable.

En los rodales se pudieron diferenciar dos ó tres sitios, según variables y períodos considerados. La altura total promedio, diámetro de referencia (1.37 m), coeficiente de espaciamiento y factor de espaciamiento permiten distinguir dos calidades de sitio. Los valores de área basimétrica total y volumen medio definen en cambio tres sitios distintos.

No se observaron diferencias significativas entre diámetros a la altura de referencia promedios sino hasta el mes de mayo, para tratamientos extremos (500 v.s. 850 y 1000 árboles/ha).

Las diferencias entre áreas basales totales de tratamientos se mantienen a lo largo del período de evaluación y se pueden atribuir principalmente a diferencias en el número de árboles por unidad de superficie. No se observaron diferencias entre alturas totales de los tratamientos. El volumen total fue claramente superior en los tratamientos de más densidad, relacionadas con área basal, ya que no se encontraron diferencias en alturas totales.

En los tratamientos con menor densidad se observaron individuos de volumen significativamente mayor, debido a que el método predominante fue el raleo por lo bajo. Las diferencias en coeficientes de espaciamiento y factores de espaciamiento de tratamientos se vincularon con las diferencias de espaciamiento medio y no con los diámetros ó las alturas de árboles dominantes y codominantes, respectivamente.

Las diferencias entre valores promedios de tratamientos para las variables diámetro a la altura de referencia y área basal individual tenderán a mantenerse ó bien a incrementarse en el corto plazo. No se observan diferencias entre alturas totales de tratamientos; es probable que sólo en el largo plazo se observen diferencias significativas entre valores promedio de tratamientos. Las diferencias entre valores promedio de área basal y volumen total de tratamientos se deben principalmente a diferencias en la número de árboles por unidad de superficie.

Las diferencias en volúmenes individuales promedio de los tratamientos se relacionan por su parte con el método de raleo (principalmente por lo bajo); los árboles residuales son de mayor tamaño en las densidades menores.

Los valores de coeficiente y factor de espaciamiento no alcanzan valores críticos que expresen competencia durante el periodo de registro.

## 7-SUMMARY

The establishment of a thinning trial and initial assessment through its first semester are reported. Precommercial thinning effects on three-year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) were studied. Experiment design was complete randomised blocks, including nine stand density treatments, viz. 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 and 1000 trees/hectare.

Diameter at breast height (54 in., 1.37 m) o.b. was measured bimonthly in January, March and May 2001, whereas total height was measured at the beginning and at the end of the study period.

Variables studied were *dbhob*, total basal area per hectare, form factor, total volume per hectare, individual total volume, spacing coefficient and percent spacing factor. Growth rates for *dbhob*, basal areas and volumes were also computed.

The effects of stand density and site were assessed through thinning treatments and blocks, respectively. Two or three site qualities could be identified, according to variables and/or measurement dates considered. *Dhhob*, total mean height, spacing coefficient and percent spacing factor accounted for two discernible site qualities. Basal areas and mean total volume differences, on the other hand, suggest that three site qualities could be discriminated.

No significant differences were observed among treatment *dbhob* values until May for extreme density values, 500 vs. 850 and 1000 trees/ha. Differences between treatment basal areas were observed throughout the semester. These may be ascribed to differences in number of trees/ha. No significant differences were observed between treatment mean total heights. Total volume/ha was higher as stand density increased; this may be attributed to basal area, as no significant differences had been observed among total height mean values. Individual tree volumes were significantly higher for lower stand densities, as the prevailing method was thinning from below. Differences between spacing coefficients and % spacing factors were related to mean spacing rather than to dominant and codominant *dbh* and total heights, respectively. Differences between mean *dbhob* and individual basal area values should tend to stay the same or to increase in the short term. No significant differences between treatment mean total heights were observed; results suggest that this may be the case for quite a few years. Differences between treatment basal area and total volume are due mainly to differences in number of trees per hectare, whereas those observed between individual basal areas and volumes may be ascribed to thinning from below, as residual trees tend to be larger at lower densities. Spacing coefficient and % spacing factor do not reach critical levels of competence during evaluation period.

## 8-BIBLIOGRAFIA

- AMATEIS, R.L. 1998. Response of dominant height, basal area and survival to first and second thinnings in loblolly pine plantations. Loblolly Pine Growth and Yield Research Cooperative. Technical Bulletin n° 101. 7p.
- AMATEIS, R.L; RADTKE, P.J; BURKHART, H.E. 1996. Growth and yield of thinned and unthinned plantations. Journal of Forestry. December 1996: 19-23.
- BALDWIN, V.C; FEDUCCIA, D.P; HAYWOOD, J.D. 1989. Postthinning growth and yield of row-thinned and selective thinned loblolly and slash pine plantations. Canadian Journal Forestry. vol 19, 1989: 247-256.
- BENNET, F.A. 1960. Spacing and Early growth of radically thinned loblolly pine. Journal of Forestry. August 1960: 966-967.
- BURKHART, H, E; BREDEKAMP, B.V. 1989. Product class proportions for thinned and unthinned loblolly pine plantations. South Journal Apply Forestry. vol 13, 1989: 192-195.
- CARDOZO, H; OCAÑO, J; TORRES, G. 1986. Influencia del espaciamiento en el crecimiento diámetro anual de *P.taeda* sobre suelos de la unidad Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 172p.
- DAY, J. R. ; GONDA, H. E. 1987. The Crop Planning Method to Improve the Yield of Slash Pine Plantations in Misiones. in Simposio Sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. Buenos Aires, 1987. Tomo IV. Trabajos Voluntarios, ed. Stella, R. pp.116-133.
- GRAF, E. 1985. Comportamiento de un rodal de *Pinus radiata* en relación a factores de sitio en Aguas Blancas, Departamento de Lavalleja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 183p.
- HASENAUER, H; BURKHART, H.E; AMATEIS, R. 1997. Basal area development in thinned and unthinned loblolly pine plantations. Canadian Journal Forestry vol 27, 1997: 265-271.
- HASENAUER, H; BURKHART, H. E, STRBA, H. 1994. Variation in potencial volume yield of loblolly pine plantations. Forest Science. 40 (1): 162-176.
- HAWLEY, R.C; SMITH, D.M. Silvicultura Práctica. Trad.Terrada, J. 1ª. ed. (español) 6ª. ed. Barcelona, Ediciones Omega S.A. 1972. 544 p.

- HAYWOOD, J.D. 1993. Seasonal and cumulative loblolly pine development under two stand density and fertility levels In Biennial Southern Silvicultural Research Conference. (7<sup>a</sup>. 1992, Mobile, Alabama). Proceedings. New Orleans, Louisiana, Southern Forest Experiment Station, pp. 517-523
- HOLLEY, A.G; DALE, L.A, KRONRAD, G.D. 1999. Four-year growth results from 16-year-old intensively managed low density loblolly pine plantations In Biennial Southern Silvicultural Research Conference. (10<sup>a</sup>. 1999, Shreveport, Louisiana). Proceedings. Asheville, North Carolina, Southern Forest Experiment Station, pp 426-429pp.
- LIECHTY, H.O, MROZ, G.D; REED. 1986. The growth and yield responses of a high site quality red pine plantation to seven thinning treatment and two thinning intervals. Canadian Journal Forestry. vol 16, 1986: 513-520.
- MANN, W.F. Lohrey, R.E. 1974. Precommercial thinning of southern pines. Journal of Forestry. September 1974: 557-560
- MONTERO, G; DEL RÍO, M; ORTEGA, C. 2000. Ensayo de claras en una masa natural de *Pinus sylvestris* L. En el sistema central. Investigación Agraria. Sistema y recursos forestales 9 (1): 147-168.
- OEA. 1996. Uruguay alternativas para la transformación industrial del recurso forestal. Washington, D.C, Rodgers. 168p.
- PIENAAR, L.V. 1979. An approximation of basal area growth after thinning based on growth in unthinned plantations. Forest Science. 25(2): 223-232.
- SHEPHERD, K.R. Plantation Silviculture. ~~Wiley~~ Dodrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers, 1986. 322p.
- SORRENTINO, A. 1981. Técnicas e instrumentos de medición forestal. Facultad de Agronomía. vol I. 98 p.
- TASSISA, G; BURKHART, H.E; AMATEIS, R.L. 1997. Volume and taper equations for thinned and unthinned loblolly pine trees in cutover, site-prepared plantations. Southern Journal of Applied Forestry 21 (3): 146-152.
- URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA DIRECCIÓN FORESTAL. 2000. Boletín estadístico. Montevideo. 52 p
- WAKELEY, P.C. 1969. Single Commercial Thinnings in variously spaced slash pine and loblolly pine plantations. U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin n° SO-48. 12p.

- WILEY, S; ZEIDE, B. 1992. Development of loblolly pine plantation thinned to different density levels in southern Arkansas. Arkansas Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin n° 322. 44p.
- WILEY, S; ZEIDE, B. 1999. Optimal density in loblolly pine: Results of 30 years of growth. Arkansas Farm Research: pp5.
- ZAHNER, R; WHITMORE, F.W. 1960. Early growth of radically thinned loblolly pine. Journal of Forestry. August 1960: 628-634.
- ZEIDE, B; ZHANG, Y. 1999. Predicting diameter jump on even-aged stands In Biennial Southern Silvicultural Research Conference. (10<sup>th</sup>. 1999, Shreveport, Louisiana). Proceedings. Asheville, North Carolina, Southern Forest Experiment Station, pp 519-524.pp.
- ZHANG, S; BURKHART, H.E; AMATEIS, R.L. 1997. The influence of thinning on tree height and diameter relationships in loblolly pine plantations. Southern Journal Apply Forestry 21 (4): 199-205.

9-APENDICES/ ANEXOS

Tabla 35. Porcentaje de área basal total extraída por parcela.

Parcela	previo raleo (m <sup>2</sup> /ha)	post raleo (m <sup>2</sup> /ha)	AB extraída(%)	Parcela	previo raleo (m <sup>2</sup> /ha)	post raleo (m <sup>2</sup> /ha)	AB extraída(%)
1	5,3	3,0	43,7	30	6,3	5,2	17,2
2	5,1	4,1	20,1	31	6,2	5,4	11,8
3	5,1	3,0	41,5	32	6,2	6,3	0,0
4	5,2	3,9	25,4	33	5,3	4,1	22,0
5	6,7	6,1	9,0	34	5,7	3,5	38,3
6	6,5	3,6	44,2	35	5,6	4,0	28,0
7	6,7	3,4	48,4	36	4,4	3,5	21,8
8	6,6	4,5	30,9	37	5,4	3,7	31,5
9	6,4	3,9	38,7	38	6,2	5,9	4,1
11	5,4	3,4	36,1	39	6,2	4,1	34,8
12	4,5	3,3	27,3	40	5,4	4,7	13,1
13	4,1	3,2	23,0	41	5,6	4,1	27,0
14	4,7	4,0	14,4	42	5,8	3,6	39,1
15	5,6	4,4	21,8	43	5,9	3,3	44,6
16	6,0	3,3	45,2	44	5,5	5,2	6,5
17	5,7	4,4	22,1	45	5,0	4,6	8,4
18	6,2	4,1	33,5	46	4,6	4,5	1,4
19	5,9	4,2	29,2	47	5,3	2,9	46,2
20	5,6	3,7	34,3	48	5,6	5,2	7,1
21	6,0	4,7	20,6	49	5,3	3,0	43,8
22	4,4	3,4	21,0	50	5,1	4,4	12,8
23	6,0	4,3	27,5	51	4,8	3,4	28,7
24	6,7	4,2	37,0	52	5,7	3,6	36,9
25	5,2	4,8	8,2	53	5,5	4,6	16,1
26	5,7	4,6	17,8	54	4,7	3,4	26,8
27	4,4	2,7	38,7	55	4,5	4,7	0,0
28	6,4	4,3	32,6	56	4,7	3,1	35,2
29	6,0	5,0	16,5	57	5,5	3,8	31,2
				58	7,0	3,6	48,4

**Tabla 36. Porcentaje de árboles extraídos según parcela.**

Parcela	Cantidad inicial(arb/ parcela)	Cantidad final(arb/ parcela)	%Árboles extraídos	Parcela	Cantidad inicial(arb/ parcela)	Cantidad final(arb/ parcela)	%Árboles extraídos
1	95	45	52,63	30	102	72	29,41
2	92	72	21,74	31	101	77	23,76
3	101	54	46,53	32	98	90	8,16
4	91	59	35,16	33	99	68	31,31
5	103	90	12,62	34	105	59	43,81
6	99	50	49,49	35	108	68	37,04
7	101	45	55,45	36	99	63	36,36
8	100	63	37,00	37	100	63	37,00
9	101	54	46,53	38	102	90	11,76
11	96	54	43,75	39	102	59	42,16
12	99	59	40,40	40	98	77	21,43
13	92	54	41,30	41	98	63	35,71
14	100	72	28,00	42	96	54	43,75
15	94	63	32,98	43	98	45	54,08
16	101	45	55,45	44	102	90	11,76
17	101	63	37,62	45	98	77	21,43
18	102	59	42,16	46	95	90	5,26
19	104	63	39,42	47	99	45	54,55
20	96	54	43,75	48	94	77	18,09
21	100	68	32,00	49	98	45	54,08
22	93	63	32,26	50	100	77	23,00
23	102	59	42,16	51	102	63	38,24
24	99	59	40,40	52	101	50	50,50
25	99	72	27,27	53	102	72	29,41
26	109	77	29,36	54	99	59	40,40
27	97	50	48,45	55	101	90	10,89
28	98	54	44,90	56	99	54	45,45
29	101	72	28,71	57	98	59	39,80
				58	105	54	48,57

Ver en disketes el resto de los anexos.