

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ENSAYO DE PODAS Y RALEOS DE *Eucalyptus grandis* EN RIVERA.
ETAPA 1. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO E INCREMENTO A LA EDAD
DE 6 AÑOS**

por

**Magdalena PELUFO LAXALDE
Ana Rosa VÁZQUEZ ALBERTINI**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2007**

Tesis aprobada por:

Director:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autor: -----
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Queríamos expresar nuestro agradecimiento en primer lugar al Ing. Agr. Juan Cabris de León por su gran dedicación, paciencia y vocación por la docencia. A todos los integrantes del Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía por su apoyo. A Jairo Cugliari por sus importantes aportes en los análisis estadísticos. A la empresa COLONVADE en especial al Ing. Agr. Juan Pedro Posse, por las facilidades brindadas para que este trabajo pudiera realizarse. Y muy especial el agradecimiento a nuestras familias y seres queridos. Por último y no menos importante, a quienes con su ejemplo nos impulsarnos a seguir este camino.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. GENERALIDADES DE LA PODA	2
2.1.1. <u>Edades y estación de poda</u>	4
2.1.2. <u>Severidad de poda</u>	5
2.2. INVESTIGACIÓN SOBRE PODA EN <i>EUCALYPTUS</i>	5
2.2.1. <u>Ensayos de poda en <i>Eucalyptus</i></u>	5
2.2.2. <u>Ensayos de poda en <i>Eucalyptus grandis</i> en Uruguay</u>	6
2.3. GENERALIDADES DEL RALEO	7
2.3.1. <u>Métodos o tipos de raleo</u>	7
2.3.2. <u>Frecuencia de raleo</u>	8
2.3.3. <u>Intensidad y severidad de raleo</u>	9
2.4. INVESTIGACIÓN SOBRE RALEO EN <i>EUCALYPTUS</i>	10
2.4.1. <u>Ensayos de raleo en <i>Eucalyptus</i></u>	10
2.4.2. <u>Ensayos de raleo en <i>Eucalyptus grandis</i> en Uruguay</u>	12
2.4.3. <u>Ensayos de poda y raleo en <i>Eucalyptus</i> sp.</u>	13
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	14
3.1. MATERIALES	14
3.1.1. <u>Descripción del sitio experimental</u>	14
3.1.2. <u>Descripción del ensayo</u>	14
3.2. EVALUACIÓN PREVIA DEL ENSAYO	23
3.3. MÉTODOS	27
3.3.1. <u>Variables evaluadas</u>	27
3.3.2. <u>Procesamiento de datos</u>	27
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	32
4.1. ANÁLISIS DE MORTALIDAD.....	32
4.2. DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (<i>DAP</i>)	34
4.3. ALTURA TOTAL (<i>Ht</i>)	45
4.4. VOLUMEN TOTAL (<i>Vt</i>)	49

5.	<u>CONCLUSIONES</u>	58
6.	<u>RESUMEN</u>	60
7.	<u>SUMMARY</u>	61
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	62
9.	<u>ANEXOS</u>	66

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.

Cuadro No.	Página
1. Caracterización de los tratamientos de poda y altura total de poda alcanzada	7
2. Resumen del experimento factorial 3 ⁴ sobre E. grandis en Sudáfrica (Schönau, 1979).	11
3. Caracterización de los tratamientos de raleo (Methol et al., 2005).	12
4. Diseño experimental de un ensayo de poda y raleo en E. nitens en la VII región de Chile (adaptado de Muñoz et al., 2005).....	13
5. Peso de raleo y edad de aplicación	15
6. Niveles de intensidad y severidad de poda	15
7. Tratamientos de poda y raleo	17
8. Formato de análisis de varianza	30
9. Análisis de la Varianza (DAP promedio); 2002.....	34
10. Análisis de la Varianza (DAP promedio); 2003.....	35
11. Análisis de la Varianza (DAP promedio); 2004.....	37
12. Análisis de la Varianza (DAP promedio); 2005.....	39
13. Análisis de la Varianza (DAP promedio); 2006.....	41
14. Incrementos acumulados en altura (m) y DAP (cm) a los x meses de la última poda y última medición (Methol , 2005)	44
15. Valores promedio de DAP y Altura en mayo de 2005, incrementos periódicos y anuales entre marzo de 2002 y mayo de 2005, según intensidad del primer raleo (adaptado de Methol et al., 2005).....	45
16. Análisis de la Varianza (Ht promedio); 2003	46
17. Análisis de la Varianza (Vt promedio); 2002	49

18. Análisis de la Varianza (Vt promedio); 2003	50
19. Análisis de la Varianza (Vt promedio); 2004	51
20. Análisis de la Varianza (Vt promedio); 2005	53
21. Análisis de la Varianza (Vt promedio); 2006	54

Figura No.

1. Representación esquemática de una troza podada (adaptado de Kolln, 2000).....	4
2. Croquis del ensayo, número de parcela (color rojo), bloque y tratamiento (color negro)	18
3. Tratamiento 1; 1000 árboles/ ha, sin poda.	19
4. Tratamiento 2, 500 árboles/ ha, sin poda.	20
5. Tratamiento 18; 1000 árboles/ ha, con poda.	21
6. Tratamiento 6; 500 árboles/ ha, con poda.	22
7. Representación esquemática de la unidad experimental (parcela) y de la parcela efectiva.	28

Tabla No.

1. Efecto de la poda 2001 estudiado en 2002	23
2. Efecto del raleo 2001 estudiado en 2002	24
3. Efecto de la poda 2003.....	25
4. Efecto del raleo 2003	25
5. Efecto de la poda 2004	26
6. Efecto del raleo 2004	26

7.	Porcentaje de mortalidad media de los bloques 2002 - 2006	33
8.	Comparación Tukey de <i>DAP</i> promedio para 2003	35
9.	Comparación Tukey de <i>DAP</i> promedio para 2004	37
10.	Comparación Tukey de <i>DAP</i> promedio para 2005	39
11.	Comparación Tukey de <i>DAP</i> promedio para 2006	42
12.	Comparación Tukey de <i>Ht</i> media para 2002.....	46
13.	Comparación Tukey de <i>Ht</i> media para 2003.....	47
14.	Comparación Tukey de medias para 2003	50
15.	Comparación Tukey de <i>Vt</i> medio para 2004.....	52
16.	Comparación Tukey de <i>Vt</i> medio para 2005.....	53
17.	Comparación Tukey de <i>Vt</i> medio para 2006.....	55

1. INTRODUCCIÓN

La especie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, originaria de la costa Este australiana, es una de las latifoliadas más utilizadas en forestaciones comerciales en Uruguay; por su rápido crecimiento y buena conformación. Ocupa una superficie de 158 871 ha, lo que representa aproximadamente un 24% del total de especies exóticas implantadas bajo proyecto en el país (URUGUAY. MGAP. DGF, 2005).

El complejo forestal fue impulsado en Uruguay con la promulgación de la Ley No. 15.939 del año 1989, a través de la implementación de beneficios tributarios y de financiación a la forestación. Por medio de estos incentivos se logró incrementar significativamente el patrimonio forestal nacional, alcanzándose en 2005 una superficie total bajo proyecto de 740 000 ha. El género *Eucalyptus* abarca 474 042 ha. En el departamento de Rivera, donde se realizó el presente trabajo, se encuentra la mayor superficie de *E. grandis* en el país, con 41 559 ha (URUGUAY. MGAP. DGF, 2005).

Los productos maderables obtenidos de las plantaciones de *Eucalyptus* han sido tradicionalmente comercializados con bajo valor agregado como rollizos para pulpa, combustible o postes. A los efectos de obtener productos de mayor valor y calidad, con destino aserrable o para debobinado, surgió la necesidad de aplicar tratamientos silvícolas, como podas y raleos. Estos tratamientos son complementarios en el régimen silvícola, ya que la poda tiene como objeto controlar la presencia de nudos y defectos anatómicos en la madera y el raleo permite lograr un máximo incremento en diámetro de los árboles podados (Shield y Hansen, 1995).

El objetivo del presente trabajo es analizar los efectos de poda y raleo, combinados en 18 tratamientos con diferentes intensidades, sobre variables dendrométricas en una plantación de *E. grandis* de 6 años en el departamento de Rivera.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Una plantación puede recibir tratamiento silvícola, básicamente podas y raleos de diversas maneras, dependiendo de los objetivos de producción. En cada raleo pueden extraerse diferentes tipos de árboles; el número de árboles retirado puede ser relativamente bajo o constituir una proporción significativa del rodal. El raleo puede iniciarse a una edad muy temprana en la vida de una plantación o bien puede ser retrasado hasta que los árboles a retirar tengan mayor tamaño, aunque en tal caso la competencia en el rodal será intensa. La frecuencia con la cual se aplican los sucesivos raleos puede variar considerablemente, dependiendo de las circunstancias. La secuencia total de operaciones de raleo se denomina régimen de raleos. Este régimen puede ser caracterizado por a) el momento de inicio del ciclo de raleos, *i.e.* la edad de aplicación del primer raleo, b) el tipo de raleo o el orden de remoción para cada una de las cuatro clases de copa; c) el intervalo entre raleos sucesivos; d) el peso o *severidad* de raleo, o cuántos árboles son retirados en cada raleo y e) la *intensidad* del régimen, o cuánto del volumen total cosechado durante la rotación se retira bajo la forma de raleos (Shepherd, 1986).

En forma análoga al régimen de raleos, el régimen de podas podría ser caracterizado mediante a) la edad de aplicación de la primera poda (poda baja), como inicio del ciclo de podas; b) la proporción de los árboles del rodal que se poda y la relación con la densidad de plantación y los métodos de raleo; c) el intervalo entre podas sucesivas; d) la *severidad* de la poda, expresada mediante variables como altura de poda, % de copa viva retirada y proporción de la longitud del fuste podada; e) la *intensidad* del régimen de poda, que permite comparar regímenes, expresada mediante variables como longitud total de fuste podada durante la rotación).

2.1. GENERALIDADES DE LA PODA

Las ramas de los árboles portan las hojas en las cuales se realiza la fotosíntesis. Estas, por lo tanto, son muy necesarias para el crecimiento del árbol, pero la huella leñosa que deja la rama en el tallo principal forma un nudo que representa un serio defecto anatómico en la madera aserrada (Shepherd, 1986).

E. grandis es una especie intolerante, lo que se refleja en su eficiente desrame natural. En rodales comerciales plantados a altas densidades, las copas de los árboles se cierran a medida que crecen en altura y cuando el follaje de cada árbol toma contacto con los individuos vecinos. Es en este

momento cuando las ramas inferiores comienzan a secarse al recibir menor radiación solar,. El momento en que esto ocurra dependerá del espaciamiento inicial así como de la tasa de crecimiento (Montagu et al., 2003).

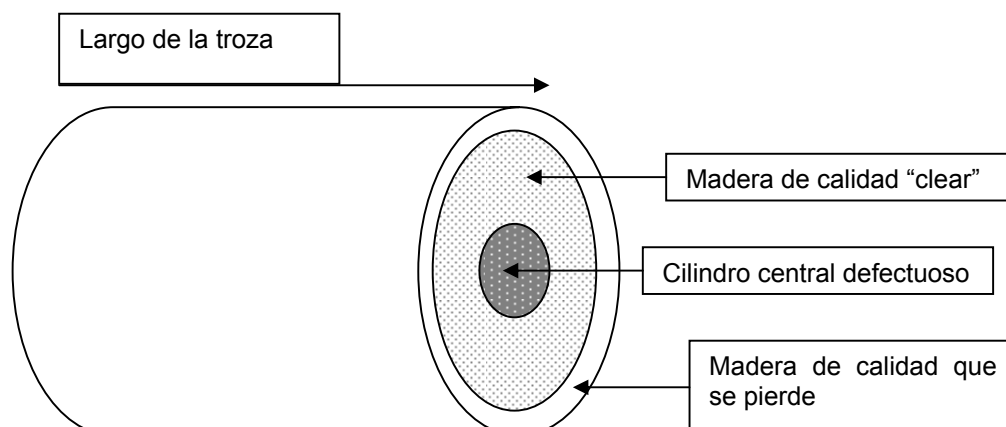
El desrame natural es un proceso que resulta de una combinación de influencias fisiológicas, bióticas y ambientales actuando sobre el árbol. El mismo consta de tres etapas: la primera de las cuales es la muerte de la rama, seguido de el desprendimiento de la misma y por último la oclusión o cicatrización del muñón de la rama. No se logra madera "clear" hasta que la cicatriz de la rama no haya sido cubierta por madera sólida. Dado que el momento en que comienza esta última etapa los árboles ya habrán superado su período juvenil de rápido crecimiento, pasaran varios años antes que el crecimiento en diámetro ocluya la porción remanente de las ramas caídas y se produzca madera libre de defectos (Shepherd, 1986).

Es posible promover mediante manejos silviculturales el desrame natural realizando plantaciones a altas densidades en sitios de buena calidad. Sin embargo, ni la especie con el mejor desrame natural sería capaz de lograr trozas de grandes diámetros en un periodo de tiempo económicamente aceptable (Montagu et al., 2003).

Es por lo expuesto que surge la alternativa de realizar poda artificial, buscando concentrar los defectos en un cilindro o centro nudoso. La madera que se forma por encima del cilindro central con defectos es la madera libre de nudos, denominada madera *clear* (Figura 1). En la producción de madera de calidad se procura que el cilindro con defectos tenga el menor volumen posible y que su diámetro se mantenga constante a lo largo del fuste, desde la base hasta la altura de poda planificada (INTA, 2003)

El volumen de madera *clear* producido es función de la tasa de crecimiento de los árboles en el sitio en cuestión y la edad de rotación para dicho rodal. Cuanto mayor sea el período de tiempo entre la poda y la cosecha final, más espesa será la capa de ésta madera deseada. En caso de que este período fuera corto, se formaría una capa estrecha de madera clear, lo que no sería aprovechable en el aserrado. Otro efecto importante de la poda en la madera es una transición mas temprana del leño juvenil a maduro. Porque se aleja la influencia fisiológica de la copa viva en la sección podada y se incrementa la densidad media de los anillos de crecimiento (Shepherd, 1986).

Figura 1. Representación esquemática de una troza podada (adaptado de Kolln, 2000).



Cuanto mas temprano en la rotación se realice el tratamiento más concentrados estarán los defectos (medula, nudos y zona de cicatrización de poda), con la precaución de no retirar una proporción excesiva de la masa fotosintética.

Además de la producción de madera libre de nudos, la poda también previene formación de nudos sueltos, mejorar ell acceso y la visibilidad dentro del rodal con fines de supervisión, cosecha y disminuir el riesgo de incendios (INTA, 2003).

2.1.1. Edades y estación de poda

Una consideración importante para controlar el tamaño del cilindro nudoso es la época del año en que se realiza la poda. Siendo Lo mas conveniente es podar en los períodos de crecimiento más activo (otoño y primavera), para que la oclusión sea rápida y el período de exposición al ataque de hongos e insectos sea breve. Se debe evitar el invierno, por la alta susceptibilidad del *E. grandis* a las bajas temperaturas (Montagu et al., 2003).

La edad a la cual se practica la primera poda también condiciona el tamaño del cilindro nudoso. Por esto, es importante considerar el diámetro central del tronco al que se quieren confinar los nudos existentes. Este diámetro en general se encuentra entre 8 y 12 cm (INTA 1995, Kolln 2000). No sólo es importante la poda a edad temprana para obtener un cilindro nudoso pequeño, sino también a

los efectos de aprovechar el rápido crecimiento de los árboles jóvenes y lograr una pronta oclusión de los tocones de ramas (Shepherd, 1986).

Gerrand et al. (1997), indican que para obtener 90% de volumen de madera libre de nudos en trozas de 6 m, se deben alcanzar diámetros de 50 cm con un cilindro nudoso de 15 cm. Cabe esperar que en *E. grandis* dichos diámetros se alcancen aproximadamente a la edad de dos a tres años. Se debe tener en cuenta a su vez una altura total mínima antes de aplicar la primera poda, sobre todo si el porcentaje de copa viva que se va a extraer está en función de la misma (INTA, 2003).

Montagu et al. (2003), indican otro procedimiento muy utilizado para fijar el momento oportuno para la primera poda, es la estimación del Índice de Área Foliar (*IAF*). Los valores promedio de *IAF* para plantaciones de eucaliptos son entre 2 – 9 m². Esto significa que por cada metro cuadrado de suelo hay de 2 a 9 m² de follaje. El valor de *IAF* al momento de cerrarse las copas, o sea próximo al momento de primera poda es de 6. Cromer et al., citados por Montagu et al. (2003) encontraron que este valor se alcanza a los 12 meses en *E. grandis*. Beadle et al., citados por Montagu et al. (2003) observaron por su parte que *Eucalyptus nitens* lo alcanza a la edad de 4 años.

2.1.2. Severidad de poda

Se entiende por severidad de una operación de poda la proporción de la biomasa aérea que se retira en cada intervención. Se denomina intensidad de un régimen de podas al conjunto de los valores de severidad de todas las etapas de poda.

Un régimen de podas ideal, que no afectara el crecimiento, consistiría en retirar ramas a lo largo de una longitud fija del fuste a intervalos de 6 a 12 meses. Esto no resulta viable desde un punto de vista económico, debido a sus costos, por lo cual en cada etapa se deberán podar mayores largos del fuste (Shepherd, 1986).

2.2. INVESTIGACIÓN SOBRE PODA EN *EUCALYPTUS*

2.2.1. Ensayos de poda en *Eucalyptus*

Lückhoff (1967), Bredenkamp et al. (1980) evaluaron un ensayo en *E. grandis* (Zululand Sudáfrica), a edades 12 y 25 años, respectivamente. Este ensayo fue instalado en 1952 con el objeto de estudiar los efectos de la poda sobre el crecimiento y la calidad de la madera. El mismo comprendía siete tratamientos, un testigo y seis regímenes de poda. Estos últimos consistían en tres etapas de poda, hasta los 6,7 m, en las que variaban las diferentes alturas

de poda, combinados con tres pesos de raleo. Las primeras podas se aplicaron a la edad de 18 meses y se completaron a la edad de 3 años. Los raleos se aplicaron a las edades de 12, 15 y 18 años.

Stackpole et al., citados por Montagu et al. (2003) estudiaron un ensayo en *E. grandis*, *E. globulus* y *E. nitens* (Northern Victoria, Australia) en el cual los tratamientos fueron poda hasta diámetros de fuste de 7, 12 y 17 cm, para lograr cilindros nudosos de aproximadamente 10, 15 y 20 cm respectivamente. También se realizaron 3 raleos (200, 400 y 1200 árboles/ha.).

Schönau (1970, 1974) estudió un experimento de plantación, espaciamiento y poda de *E. grandis* en un sitio de baja calidad en Natal, Sudáfrica. Los tratamientos incluyeron cuatro densidades de rodal iniciales de 1195, 1329, 1495 y 1708 árboles/ha y tres niveles de poda, 0, 30 y 50 por ciento de remoción de la copa viva.

2.2.2. Ensayos de poda en *Eucalyptus grandis* en Uruguay

Son escasos los trabajos científicos publicados sobre poda en *E. grandis* en Uruguay. Una de las pocas instituciones que ha investigado en el tema es el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), en convenio con empresas forestales.

Uno de esos trabajos evalúa la intensidad de poda en *E. grandis* a la edad de 3 años (Methol et al., 2005). El objetivo de este ensayo fue comparar el efecto de distintos calendarios de poda (frecuencia e intensidad) sobre el crecimiento de plantaciones de *E. grandis* en suelos arenosos de alta productividad.

El diseño experimental del ensayo es bloques completos al azar con 4 repeticiones y parcelas de 800 m². Los tratamientos consistieron en 4 intensidades de poda (Cuadro 1), definidas mediante el diámetro del fuste hasta el cual realizar la poda, medido con calibres de abertura fija. Se comenzó con una población efectiva de 846 árboles/ha, realizando un raleo uniforme hasta llegar a una densidad de 550 árboles/ha.

Cuadro 1 Caracterización de los tratamientos de poda y altura total de poda alcanzada

Tratamiento de poda	1ª poda marzo 2002	2ª poda octubre 2002	3ª poda marzo 2003	4ª poda diciembre 2003	Altura Total de poda (m)
	Calibre (cm)				
Fuerte	3	-	-	6	9.2
Medio/Fuerte	4	-	5	7	8.8
Medio/Suave	5	6	6	8	8.8
Suave	6	6	7	9	8.5

2.3. GENERALIDADES DEL RALEO

El raleo es una intervención silvícola o corta intermedia en la cual se reduce el número de árboles por hectárea. Esta corta tiene como objetivos liberar de competencia los árboles remanentes, obtener un producto de mayor diámetro medio, lograr un retorno anticipado del capital (por medio de la comercialización de los productos obtenidos en cada intervención), aprovechar el material que si no se raleara quedaría seco o dominado, uniformizar el tamaño y forma de la plantación, eliminando individuos indeseables por forma tamaño y sanidad y permitir el mejor crecimiento de los individuos remanentes en la plantación (INTA, 1995).

La aplicación de raleos logra una redistribución del crecimiento potencial de la masa boscosa, concentrando el incremento en un menor número de árboles, con lo que se obtiene productos de mayor diámetro al final de la rotación y/o reduciendo las edades de cosechas intermedias y final. El raleo resulta en el incremento del volumen comercial apto para la industrias del aserrado y del laminado (Hawley y Smith, 1972).

2.3.1. Métodos o tipos de raleo

Existen cuatro principios básicos para decidir qué árboles retirar en un raleo, por lo bajo, por lo alto, selectivo y sistemático. Esta selección depende básicamente de sus valores dendrométricos, de su conformación y de su ubicación en el terreno, con relación a los respectivos valores de tallos vecinos. En el raleo sistemático, se tiene en cuenta sólo la posición relativa de los individuos en el rodal (espaciamento, filas). En los restantes métodos se pone énfasis en valores dendrométricos y conformación (Hawley y Smith, 1972).

En general, se entiende por conformación al conjunto de caracteres cualitativos que afectan de una manera u otra la calidad de la madera que produce el individuo. Estos caracteres incluyen a) brote apical único y recto, sin bifurcaciones u horquetamientos; b) rectitud de fuste o rebrote, es decir libre de torcedura basal u ondulación; c) verticalidad, es decir que el tallo no esté, inclinado; d) hábito de ramas, que comprende el ángulo de inserción respecto al fuste principal, grosor de las ramas, desarme natural y en ciertos casos longitud de ramas.

Otros aspectos cualitativos se relacionan con el vigor del árbol o del rebrote y se refieren a clase de copa, i.e. la posición relativa de cada individuo dentro del dosel de copas. Según la clasificación de Kraft, los árboles de un rodal coetáneo pueden diferenciarse en dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos, en orden decreciente de vigor, capacidad competitiva y desarrollo de copa dentro del dosel principal.

En el raleo por lo bajo se simula y acelera un proceso que se daría naturalmente, el exterminio natural de las clases de copa inferiores. Por lo tanto las clases de copa en ser extraídas son las suprimidas, luego sucesivamente se van extrayendo clases más altas hasta lograr la severidad deseada.

El raleo por lo alto es aquel en que se extraen las clases de copa superiores con el fin de abrir el dosel y favorecer el desarrollo de los individuos más prometedores de estas mismas clases. En teoría, se extraen codominantes para favorecer dominantes.

En el método de selección los árboles dominantes son extraídos para estimular el crecimiento de las clases inferiores, los suprimidos también se cortan antes de que se pierdan totalmente. En general, los árboles cuyo crecimiento se promueve son los inferiores, para que alcancen una posición dominante y lleguen a turno final.

En el raleo sistemático o mecánico, toma en cuenta únicamente la posición de los árboles, fijando previamente un patrón de espaciamiento, con escasa consideración de su posición en el dosel de copas, sus valores dendrométricos o su conformación.

2.3.2. Frecuencia de raleo

Una vez iniciado el ciclo de raleos, el intervalo entre tratamientos subsiguientes determina la frecuencia de raleo. Entre los factores a considerar para definir el intervalo entre raleos, se encuentran caracteres silvícolas de la especie, como dinámica poblacional, patrón de crecimiento y respuesta al raleo,

así como también la calidad de sitio que incide sobre la productividad y el grado de competencia (Shepherd, 1986).

El intervalo será más breve en rodales jóvenes y en sitios de mejor calidad, que en poblaciones maduras o en rodales creciendo en sitios de baja calidad. Otro factor determinante es la densidad inicial de plantación (Shepherd, 1986).

2.3.3. Intensidad y severidad de raleo

Se entiende por peso de raleo a la severidad del mismo, expresada como la proporción de valores dasométricos que se reducen en relación a los valores iniciales. Así, el peso de raleo puede ser expresado como en términos de densidad del rodal, del área basal o del volumen antes y después del raleo o bien como porcentaje de extracción de las mismas variables (Shepherd, 1986).

Se define como intensidad de raleo a la severidad acumulada de un régimen de raleos a lo largo de la rotación. Suele expresarse como la proporción del volumen o número de árboles/ha retirados en raleos en relación al total producido en cortas intermedias y cosecha final. Son considerados regímenes livianos aquellos menores a 30% mientras que los severos estarían por encima de 40%. Este índice de severidad puede volverse impreciso cuando se incluyen raleos pre- y no comerciales como parte del régimen de raleos (Shepherd, 1986).

El raleo tiene como efecto genérico el incremento de la tasa de crecimiento individual. No obstante, la prescripción de un régimen de raleo adecuado debe considerar también la calidad de la madera. Un raleo pesado permite que los árboles residuales puedan continuar creciendo durante un período más prolongado, momento en que se está formando leño tardío, resultando en una mayor densidad media del anillo como consecuencia del raleo (Shepherd, 1986).

El efecto más significativo del raleo sobre las propiedades de la madera no ocurrirá sobre el leño en sí, sino sobre las proporciones de leño juvenil y adulto que contiene cada fuste. La principal razón para ralear es mantener una elevada tasa de crecimiento en los árboles destinados a corta final, de modo que puedan ser cosechados antes y/o con mayores dimensiones. El resultado de estas rotaciones será una mayor proporción de leño juvenil respecto al leño adulto (Shepherd, 1986).

Malan y Hoon (1992) estudiaron los efectos del raleo sobre la densidad de la madera de *E. grandis* en Sudáfrica, sometido a diferentes intensidades de raleo. Concluyeron que, cuando la competencia era mayor, la densidad de la

madera de árboles suprimidos era menor y esta variación se acentuaba progresivamente con la distancia desde la médula. Por el contrario, la madera de los árboles creciendo con menor competencia alcanzaba los valores de densidad máxima más temprano, lo que resulta en un fuste con mayor proporción de madera madura y de densidad más uniforme.

Cowse, citado por Bertolani et al. (1995), manifiestan que en *E. grandis* los raleos deben ser tempranos y pesados para estimular el rápido crecimiento en diámetro. Por otra parte, la madera producida hasta la edad de 15 años será de calidad inferior, con altas tensiones de crecimiento, de manera independiente del espaciamiento al que estén creciendo los árboles. Por este motivo, el autor recomienda que el primer raleo sea más liviano y que es preferible aplicarlo cuando superen en dimensión los valores mínimos utilizables.

2.4. INVESTIGACIÓN SOBRE RALEO EN *EUCALYPTUS*

2.4.1. Ensayos de raleo en *Eucalyptus*

Si bien en la actualidad es frecuente encontrar muchos trabajos de raleo combinado con otras prácticas silvícolas en este género, son pocos aquellos en los que se evalúa sólo diferentes regímenes de raleo, como el que se presenta a continuación.

Schönau (1979) estudia raleo en *E. grandis* mediante un experimento factorial. Los cuatro factores considerados son severidad de raleo, edad del rodal al primer raleo, intervalo entre raleos y densidad final de plantación, cada uno con tres niveles (Cuadro 2). Se presentan resultados preliminares sobre registros a los 6 y 10 años de edad de la plantación.

Cuadro 2. Resumen del experimento factorial 3⁴ sobre *E. grandis* en Sudáfrica (Schönau, 1979).

FACTOR	NIVEL	valor
Peso de raleo (%)	0	32.0
	1	38.2
	2	47.5
Edad del primer raleo (años)	0	4
	1	5
	2	6
Intervalo entre raleos (años)	0	2
	1	3
	2	4
Densidad final (número de árboles/ha)	0	148
	1	192
	2	236

El experimento se realizó en 81 parcelas de 677 m² y se comenzó con una densidad de 1329 árboles/há. Los 27 tratamientos son combinaciones de los diferentes niveles de los factores presentados anteriormente. Se midió anualmente *DAP* de todos los árboles y altura sobre los individuos raleados. El criterio de raleo era retirar en primera instancia los árboles suprimidos, de mala conformación o dañados y luego aquellos con ramas gruesas, torcidos o sinuosos.

Abbiati (1987) evaluó un ensayo de raleo en *E. grandis* instalado en Ituzaingó, Corrientes, Argentina. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en un testigo sin ralear y dos intensidades de raleo, aplicados a la edad de 5 años, denominados suave e intenso. Se midió *DAP* a lo largo de 7 años y se calculó área basimétrica por unidad de superficie como estimador del volumen.

Medhurst et al. (2001) describen los resultados de tres ensayos de raleo con *E. nitens* en Tasmania. Los tres ensayos fueron instalados con un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en tres o cuatro niveles de raleo y un testigo.

2.4.2. Ensayos de raleo en *Eucalyptus grandis* en Uruguay

Pese a que el raleo es una práctica difundida en la zona Norte del país, aún no existe suficiente información publicada acerca de los efectos de distintos regímenes de raleo sobre crecimiento y productividad.

El ensayo evaluado por Methol et al. (2005) tuvo como objetivo comparar el efecto de diferentes esquemas de raleo y densidades de rodal a turno final sobre el crecimiento en *DAP* y en volumen total (m^3/ha). El diseño experimental es en bloques completos al azar, con 3 repeticiones y parcelas de 960 m^2 en una plantación instalada en diciembre de 2000 sobre suelos del grupo CONEAT 7.31 a una densidad inicial de 780 árboles/ha.

Los tratamientos consistieron en esquemas de 2 raleos combinando diferentes intensidades, así como a turno final y un testigo sin raleo (Cuadro 3). Al momento del primer raleo se aplicó una poda uniforme a todo el ensayo.

Cuadro 3. Caracterización de los tratamientos de raleo (Methol et al., 2005).

Tratamiento	Primer raleo		Segundo raleo	
	Intensidad	Árboles/há.	Intensidad	Árboles/há.
1	fuerte	400	fuerte	100
2	fuerte	400	moderada	150
3	fuerte	400	baja	200
4	moderada	550	fuerte	200
5	moderada	550	moderada	250
6	moderada	550	baja	300
7	baja	700	fuerte	300
8	baja	700	moderada	350
9	baja	700	baja	400
10		todos		todos

Methol et al. (2005) comparan los efectos de la poda con los del raleo sobre el crecimiento de *E. grandis*. Los resultados sugieren que la poda tiene un efecto más notorio a edades muy tempranas (menores a 5 años) que los raleos; una vez que se establece competencia entre árboles, son más importantes los efectos de los raleos

2.4.3. Ensayos de poda y raleo en *Eucalyptus* sp.

Muñoz et al. (2005) evaluaron un ensayo de poda y raleo en *E. nitens* en la VII región de Chile, instalado con el objeto de evaluar los efectos de estas cortas sobre el crecimiento en diámetro, altura y volumen a la edad de 14 años, 8 años después de establecido el experimento. El diseño del mismo es factorial 2^3 , con tres repeticiones. Los factores bajo estudio fueron diferentes niveles de severidad de poda e intensidad de raleo (Cuadro 4). Los nueve tratamientos resultan de la combinación de estos factores.

Cuadro 4. Diseño experimental de un ensayo de poda y raleo en *E. nitens* en la VII región de Chile (adaptado de Muñoz et al., 2005).

FACTOR	NIVEL
Severidad de poda	Sin poda
	3.5 m
	7 m
Densidad de rodal nominal	1100 árboles/ ha
	800 árboles/ ha
	400 árboles/ ha

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Descripción del sitio experimental

El ensayo fue instalado en 2001 en una plantación de *Eucalyptus grandis* del año 2000, propiedad de la empresa COLONVADE S.A., en el establecimiento “Ríos”, departamento de Rivera. Se sitúa en los 34,31°13'06 de latitud Sur y 55° 48'40 de longitud Oeste.

El sitio experimental se ubica sobre suelos pertenecientes a la Unidad Rivera, según la Carta de Reconocimientos de Suelos del Uruguay y al grupo 7.2. según CO.N.E.A.T. La Unidad tiene como suelos dominantes a los Acrisoles Ocrícos Abrúpticos Arenosos y Acrisoles Ocrícos Típicos Arenosos. Presenta un relieve de colinas, con nula pedregosidad y rocosidad, y un drenaje moderado.

El grupo de suelos CO.N.E.A.T. 7.2. se caracteriza por integrar suelos en donde dominan Inceptisoles melanícos/ umbrícos, ser moderadamente profundos, con buen drenaje, pendientes que oscilan entre 10-15% y texturas Franco-Arenosas de baja fertilidad.

En la zona se registran valores de precipitación media anual de 1639 mm. La temperatura media anual es de 18.1 °C, en tanto que la temperatura media máxima es 23.4 °C y la temperatura media mínima es 12.7 °C.

3.1.2. Descripción del ensayo

El diseño experimental utilizado en el ensayo es bloques completos al azar (DBCA) e incluye 18 tratamientos en 3 bloques, que combinan diferentes pesos de raleo (Cuadro 5) y severidades de poda (Cuadro 6) como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 5. Peso de raleo y edad de aplicación

Peso de Raleo	Edad de aplicación	Árboles/ ha. remanentes	Porcentaje de Árboles/ ha. retirados (%)
0	testigo	1000	0
1	1.5	500	50
	8	300	40
2	1.5	670	33
	6	400	40
	10	250	37,5
3	4	530	47
	6	230	57
4	No definido		

Los métodos de raleo aplicados fueron una combinación de raleo por lo bajo, selectivo y por espaciamiento. Los criterios para seleccionar los árboles a retirar fueron, en orden de importancia, *DAP*, estado sanitario, bifurcaciones, rectitud del fuste, abundancia y grosor de ramas y espaciamiento entre árboles.

Cuadro 6. Niveles de intensidad y severidad de poda

Nivel de intensidad	1ª poda 2001		2ª poda 2002		3ª poda 2003	
	Severidad	Porcentaje extracción de copa verde	Severidad	Porcentaje extracción de copa verde	Severidad	Porcentaje extracción de copa verde
0	0	0%	0	0%	0	0%
1	3 m fuste podado	40%	3 m fuste podado	37%	3 m fuste podado	32%
2	3 m copa remanente	60%	0	0%	9 m fuste podado	60%
3	4 m copa remanente	50%	3 m copa remanente	35%	3 m copa remanente	35%
4	5 m copa remanente	40%	4 m copa remanente	20%	4 m copa remanente	15%

*se podan un número equivalente a 225 árboles dominantes/ ha

Los métodos de poda incluían más de un criterio al definir severidad. Así, en el nivel 1 de intensidad, la severidad se expresa como longitud de fuste podado en cada intervención y equivale al largo de una troza. Por otra parte, en los

niveles de intensidad 2, 3 y 4, la severidad se asocia a una longitud de copa remanente luego de la poda. Para comparar los resultados sobre una misma base, se calculó el porcentaje de extracción de la copa verde como variable indicadora de severidad de la poda (Anexos).

Cuadro 7 Tratamientos de poda y raleo

Tratamiento			Raleos	Podas	Podas	Podas				
	Raleo s	Podas	2001	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010
1	0	0								
2	1	0	500						300	
3	2	0	670					400		250
4	3	0					530	230		
5	4	0	No definido							
6	1	1	500	Poda 1 troza	Poda 1 troza	Poda 1 troza			300	
7	2	1	670	Poda 1 troza	Poda 1 troza	Poda 1 troza		400		250
8	3	1		Poda 1 troza	Poda 1 troza	Poda 1 troza	530	230		
9	4	1	No definido	Poda 1 troza	Poda 1 troza	Poda 1 troza				
10	1	2	500	3 m copa		Dominantes a 9 m*			300	
11	2	2	670	3 m copa		Dominantes a 9 m*		400		250
12	3	2		3 m copa		Dominantes a 9 m*	530	230		
13	1	3	500	4 m copa	3 m copa	3 m copa			300	
14	2	3	670	4 m copa	3 m copa	3 m copa		400		250
15	0	3		4 m copa	3 m copa	3 m copa				
16	1	4	500	5 m copa	4 m copa	4 m copa			300	
17	2	4	670	5 m copa	4 m copa	4 m copa		400		250
18	0	4		5 m copa	4 m copa	4 m copa				

*se poda un número equivalente a 225 árboles dominantes/ ha

A continuación se describe el procedimiento para implementar el diseño experimental descripto. Se comenzó con la delimitación de 54 parcelas cuadradas, de 30 x 30 m (900 m²), que fueron marcadas con una escuadra óptica y una cinta métrica. Los vértices de las parcelas fueron marcados con tubos de plástico blancos, en los cuales se anotó además información sobre bloque y tratamiento que se aplica a la parcela que están delimitando.

Se midió *DAP* y se calculó área basal para cada parcela. Los valores de área basal fueron ordenados de menor a mayor y se formaron 3 bloques de 18 parcelas. Luego se asignó al azar los tratamientos a las parcelas de cada bloque. En el croquis de la Figura 2 se representan las parcelas con sus respectivos tratamientos.

Figura 2. Croquis del ensayo, número de parcela (color rojo), bloque y tratamiento (color negro)

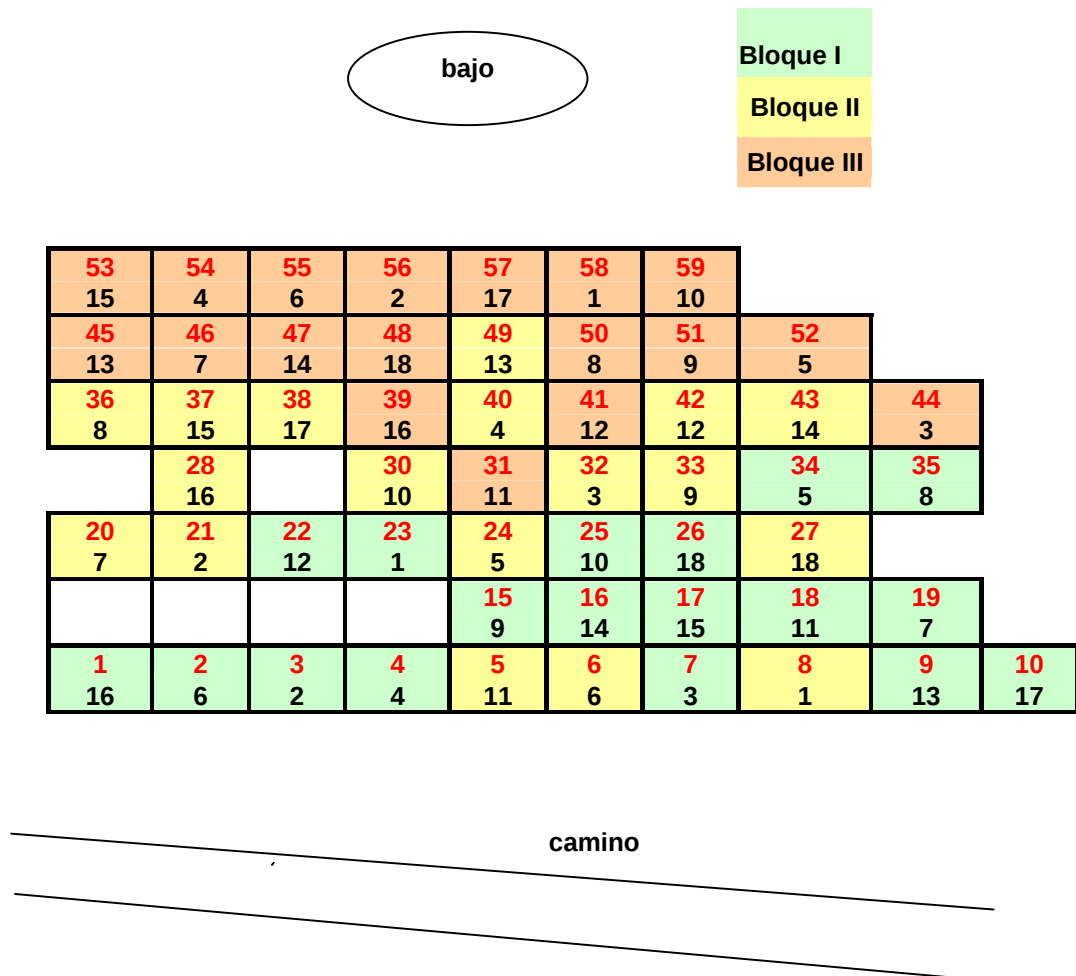


Figura 3. Tratamiento 1; 1000 árboles/ ha, sin poda.



Figura 4. Tratamiento 2, 500 árboles/ ha, sin poda.



Figura 5. Tratamiento 18; 1000 árboles/ ha, con poda.



Figura 6. Tratamiento 6; 500 árboles/ ha, con poda.



3.2. EVALUACIÓN PREVIA DEL ENSAYO

Se presenta a continuación los resultados obtenidos por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa COLONVADE S.A. al analizar los datos registrados entre los años 2002 y 2004 ¹.

Las variables analizadas fueron *DAP* promedio, incremento en *DAP*, altura promedio e incremento en altura. No se incluyó en el estudio de los efectos de poda las parcelas testigo.

Al evaluar el efecto de las diferentes severidades de poda realizadas en 2001, se observó que como resultado de la intervención más severa, la poda 3, que dejaba una longitud de copa remanente de 3 m, disminuyen comparativamente los valores promedio de todas las variables estudiadas (Tabla 1).

Tabla 1: Efecto de la poda 2001 estudiado en 2002

Intensidad de Poda	<i>DAP</i> (cm) 2002	IMA <i>DAP</i> (cm/año) 2001 - 2002	<i>Ht</i> (m) 2002	IMA <i>Ht</i> (m/año) 2001 - 2002
1	12,51 a	4,19 b	11,49 a	3,71 a
2	12,52 a	4,38 a	11,37 a	3,58 a
3	12,05 b	3,95 c	11,04 b	3,16 b
4	12,47 a	4,37 a	11,32 a	3,54 a

En cuanto el efecto de los raleos aplicados en 2001, los valores promedio de las variables *DAP* e incremento en *DAP* de los tres niveles de raleo presentan diferencias significativas entre sí (Tabla 2). Los mayores valores de estas variables los alcanzan los tratamientos con menor densidad de rodal (500 árboles/ ha), seguidos de aquellos que corresponden a 670 árboles/ ha y por último se encuentran los tratamientos sin raleo. Es probable que las diferencias observadas se deban más al tipo de raleo aplicado que al crecimiento individual después del raleo.

El efecto del raleo en la altura promedio no fue significativo en 2002. Se observaron en cambio diferencias significativas en la variable incremento en altura, presentando el menor valor las parcelas con una densidad de rodal de 500 árboles/ ha (Tabla 2).

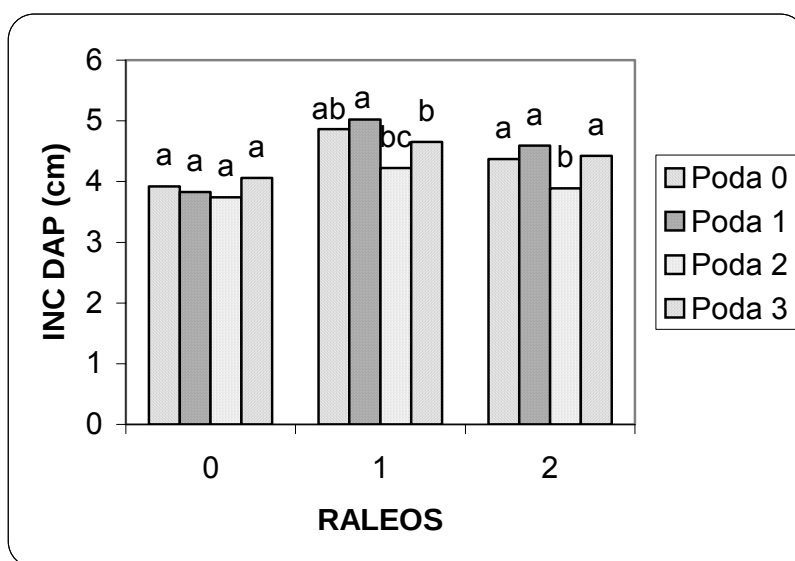
¹COLONVADE. 2004. Resultados 2002 y 2004 (sin publicar)

Tabla 2: Efecto del raleo 2001 estudiado en 2002

Peso de Raleo	DAP (cm) 2002	IMA DAP (cm/año) 2001 - 2002	Ht (m) 2002	IMA H (m/ año) 2001 – 2002
0	12,00 c	3,88 c	11,39 a	3,66 a
1	13,05 a	4,75 a	11,25 a	3,33 b
2	12,51 b	4,37 b	11,35 a	3,55 a

En forma independiente del peso de raleo, la poda 3 resulta en la reducción de los incrementos en *DAP* respecto a las demás severidades de poda. Las diferencias significativas más claras se observan en los tratamientos con densidad de rodal 500 árboles/ ha (Gráfica 1).

Gráfica 1. Incremento *DAP* 2001-2002 en los 3 niveles de raleo bajo las 4 severidades de poda



En 2003, los valores de las variables *DAP* promedio e incremento en *DAP*, presentan diferencias significativas entre severidades de poda. La poda 3, que dejaba 3 m de copa viva en 2002 y 2003, es la que más afectó el crecimiento (Tabla 3).

Tabla 3: Efecto de la poda 2003

Intensidad de Poda	<i>DAP</i> (cm) 2003	<i>IMA DAP</i> (cm/año) 2002 - 2003	<i>Ht</i> (m) 2003	<i>IMA H</i> (m/ año) 2002 – 2003
1	17,70 a	9,33 a	16,96	9,15
2	17,09 b	9,02 ab	16,76	9,02
3	16,44 c	8,35 c	16,50	8,72
4	17,08 b	8,81 b	16,75	8,88

En cuanto a el efecto de los tratamientos de raleo, la densidad de rodal de 500 árboles/ ha alcanza los mayores valores de *DAP* promedio en 2003 (Tabla 4). Para incremento en *DAP* se evidencian diferencias significativas entre los 3 tratamientos, alcanzando el mayor valor el tratamiento 1. No se observan diferencias en las variables altura e incremento en altura.

Tabla 4: Efecto del raleo 2003

Peso de Raleo	<i>DAP</i> (cm) 2003	<i>IMA DAP</i> (cm/año) 2002 - 2003	<i>Ht</i> (m) 2003	<i>IMA H</i> (m/ año) 2002 – 2003
0	16,00 c	7,89 c	16,86	9,13
1	18,09 a	9,78 a	16,56	8,66
2	17,13 c	8,96 b	16,81	9,03

En 2004, la intensidad de poda 3 disminuye significativamente los valores de *DAP* promedio y de incremento en *DAP*. No tiene este efecto sobre las variables relacionadas con la altura de los árboles (Tabla 5).

Tabla 5: Efecto de la poda 2004

Intensidad de Poda	DAP (cm) 2004	IMA DAP (cm/año) 2003 - 2004	Ht (m) 2004	IMA H (m/ año) 2003 – 2004
1	18,60 a	10,22 a	18,80 a	10,99 a
2	18,09 b	10,02 ab	18,99 a	11,26 a
3	17,60 c	9,51 c	18,92 a	11,14 a
4	18,08 bc	9,81 bc	18,89 a	11,02 a

El efecto del raleo continúa con la misma tendencia (Tabla 6). La densidad de 500 árboles/ ha, alcanza los mayores *DAP* promedio y mayores incrementos en *DAP*. No ocurre lo mismo con los incrementos en altura para el mencionado año, ya que el tratamiento 1 de raleo es el que muestra el menor incremento en altura (Tabla 6).

Tabla 6: Efecto del raleo 2004

Peso de Raleo	DAP (cm) 2004	IMA DAP (cm/ año) 2003 - 2004	Ht (m) 2004	IMA H (m/ año) 2003 – 2004
0	16,82 c	8,71 c	18,86 a	11,14 ab
1	19,27 a	10,95 a	18,,75 a	10,85 b
2	18,19 c	10,01 b	19,10 a	11,32 a

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Variables evaluadas

Se estudió diámetro a la altura del pecho (*DAP*), Altura total (*Ht*) y Volumen total (*Vt*). A continuación se describen las variables de medición directa evaluadas en agosto de 2006.

- Diámetro a la altura del pecho con corteza (*DAP*). Se midió el diámetro del fuste a 1.30 m de altura de todos los árboles de la parcela, con cinta diamétrica. La apreciación de ésta es de 0.1 cm.
- Altura total: Se midió en todos los árboles de la parcela con clinómetro de Haga. Se calculó la altura a partir de dos lecturas, la primera realizada en la base del árbol, la segunda en el ápice.

A partir de estas variables y de los factores de forma (*FF*) estimados para cada clase diamétrica por personal de la empresa, se calculó volumen total con corteza (*Vt c/c*) con la siguiente fórmula.

$$V \text{ total } c/c = DAP \text{ } c/c^2 \times \pi /_4 \times Ht \times FF$$

donde,

V total c/c = volumen total con corteza (m³)

DAP c/c = diámetro a la altura del pecho (m)

π = la constante pi.

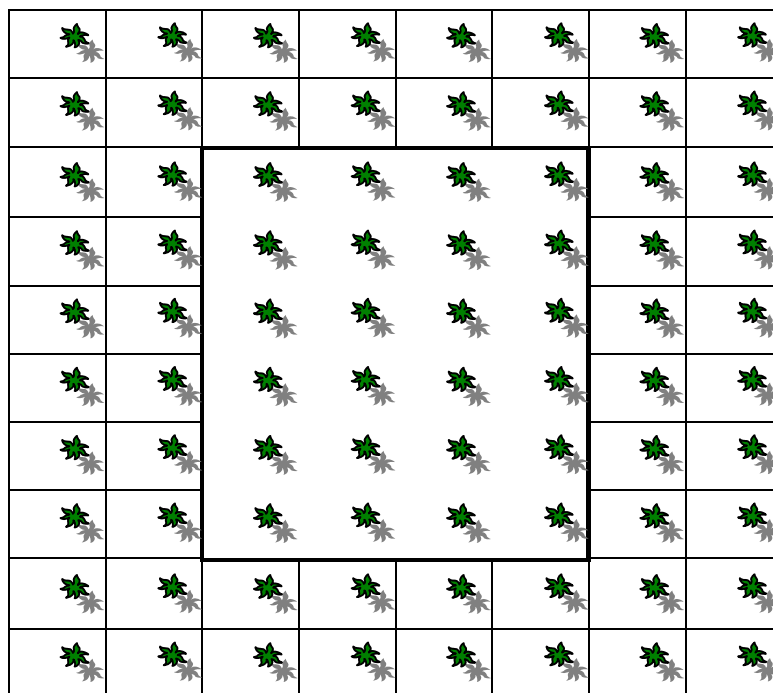
Ht = altura total (m)

FF = factor de forma

3.3.2. Procesamiento de datos

A los efectos de controlar efectos de borde, se realizó una depuración de los datos recabados en 2006 y los registros anteriores (2002 – 2005), que consistió en eliminar las dos primeras y dos últimas filas de cada parcela y los dos primeros y los dos últimos árboles de cada fila (Figura 7).

Figura 7. Representación esquemática de la unidad experimental (parcela) y de la parcela efectiva.



Se realizó un análisis descriptivo (Anexos) en el cual se constató una alta proporción de individuos muertos en pie. Por esto, se realizó un análisis secuencial; en el cual intervenían por un lado la distribución marginal de individuos muertos y por otro, la distribución condicional de los parámetros dendrométricos sujetos a la supervivencia, con el fin de asegurar que dichas muertes no fuesen causa de los tratamientos.

$$f(x, y) = f(x) \cdot f(y | X=x)$$

donde:

$f(x, y)$ = distribución conjunta

$f(x)$ = distribución marginal de muertes

$f(y | X=x)$ = distribución condicional de las variables dendrométricas sujeto a supervivencia, analizado posteriormente en un diseño en bloques completos al azar (DBCA).

A los efectos de los análisis estadísticos, se utilizó como unidad experimental el promedio de las variables dendrométricas de la parcela efectiva. Este promedio fue calculado con los árboles sobrevivientes. Se evitó utilizar a los árboles individuales como unidad experimental para no tener diferente número de individuos por tratamiento y así obtener un modelo balanceado y un diseño completo. A su vez, desde el punto de vista productivo, es más importante el volumen promedio por parcela que el volumen individual.

La base de datos, obtenida fue analizada utilizando planilla electrónica Microsoft Excel y los programas estadísticos INFOSTAT y R. Con dichos programas se estudiaron los efectos de los tratamientos entre 2002 y 2006, con el objeto de detectar posibles diferencias significativas entre ellos. Esto fue realizado para las variables *DAP*, *Ht* y *Vt*. Se propuso el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_{(j)} + \tau_{(i)} + \varepsilon_{(ij)} \quad \begin{matrix} j = 1, 2, 3 \\ i = 1, 2, \dots, 18 \end{matrix}$$

donde,

Y_{ij} = Valor promedio que toma de la variable dendrométrica (*DAP*, altura y volumen) en el i-ésimo tratamiento y en el j-ésimo bloque

μ = media de la población

$\beta_{(j)}$ = efecto del j-ésimo bloque

$\tau_{(i)}$ = efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{(ij)}$ = error experimental

El formato de análisis de varianza utilizado y la tabulación de los componentes de varianza se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Formato de análisis de varianza

Fuente de variación	grados de libertad	Cuadrados Medios Esperados	Valor F
Bloque (B)	(b-1)	SC (B) / (b-1)	
Tratamiento (t)	(t-1)	SC(τ) / (t-1)	CM (τ) / CM (E)
Error Experimental (E)	(b-1)(t-1)	SC(E) / (b-1)(t-1)	

Donde,

b = número de bloques

t = número de tratamientos

SC (B) = suma de cuadrados del bloque

SC (τ) = suma de cuadrados del tratamiento

SC (E) = suma de cuadrados del error

CM (τ) = cuadrado medio del tratamiento

CM (E) = cuadrado medio del error

La probabilidad de que el valor F calculado sea significativo depende de las comparaciones con el valor F de tabla. En el caso que el mismo sea mayor al valor F de tabla, se puede afirmar con un 95% de confianza que las medias son distintas.

Para que el modelo corresponda a un *DBCA*, se deben realizar los siguientes supuestos:

- ε_{ij} : son $V^s A^s I^s N(0; \sigma^2_{\varepsilon})$
- El modelo es correcto y aditivo.
- No existe interacción Bloque x Tratamiento.

Existe ortogonalidad entre bloques y tratamientos, es decir que cuando se comparan los tratamientos se logra eliminar la información proveniente de los bloques.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Se presentan a continuación un estudio de la mortalidad, seguido de los resultados de análisis de varianza para diámetro a la altura del pecho (*DAP*), altura total (*Ht*) y volumen total (*Vt*) para cada año de evaluación; en los Anexos se encuentran los análisis completos. Se presenta, para cada variable, una tabla con los resultados por año. Se utilizó la prueba Tukey de comparación de medias, con un nivel de significación de 0.05, en donde letras distintas indican diferencias entre medias con un 95% de confianza.

4.1. ANÁLISIS DE MORTALIDAD

Se buscó una asociación entre la mortalidad de los árboles y algún indicador de competencia como el factor de espaciamiento (*F. E. %*) y el coeficiente de espaciamiento (*C. E.*). No se encontró una asociación lineal entre dichas variables. Entonces, se puede decir que el nivel de competencia entre los árboles no se asocia con el porcentaje de árboles muertos por parcela; ya que los valores de los coeficientes de regresión (ver Anexo) fueron:

- $r (\% \text{ individuos muertos} - F. E. \%) = 0.0138$
- $r (\% \text{ individuos muertos} - C. E.) = 0.168$

Por lo tanto, se descarta la hipótesis de que las muertes de los árboles sean causadas por el efecto de los tratamientos. Dicha mortalidad podría asociarse así a efectos de otra naturaleza, como pueden ser competencia por agua y nutrientes en períodos secos, a heladas o ataque de patógenos.

El porcentaje de mortalidad podría asociarse a la ubicación topográfica de los bloques. A nivel de la muestra, se pudo observar que el Bloque I, en la zona más alta de la ladera, presenta los mayores porcentajes de mortalidad comparado con los otros dos bloques. El Bloque III, en la ladera baja, presenta la menor proporción de individuos muertos y en el Bloque II, en la ladera media, los porcentajes de mortalidad presenta valores intermedios (Anexo Tablas de mortalidad).

En el ensayo evaluado por Schönaue (1970, 1974), en un sitio de baja calidad se observó un súbito aumento de la mortalidad a la edad de 6 años, que el autor atribuye a la muerte de una gran proporción de árboles suprimidos durante una sequía de primavera.

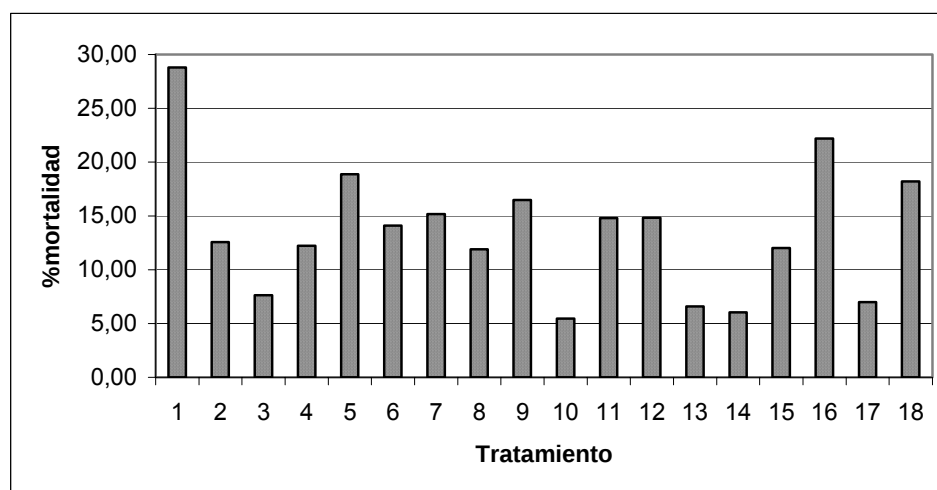
En cuanto al porcentaje de mortalidad promedio de los tres bloques (Tabla 7), los máximos valores de mortalidad en 2006 se ubican entre 16 y 28%

(Gráfica 2). Los tratamientos 1, 5, 16 y 18 son los que presentan mayor mortalidad hacia el final del período de estudio. Se podría asociar la alta mortalidad en el caso de los tratamientos 1, 5 y 18 a la alta densidad de rodal y por lo tanto a un proceso de raleo natural. No sería este el caso del tratamiento 16, con 500 árboles/ ha.

Tabla 7 Porcentaje de mortalidad media de los bloques 2002 - 2006

Tratamiento	Año				
	2002	2003	2004	2005	2006
1	0.98	12.35	15.29	23.05	28.78
2	1.75	5.26	7.12	7.12	12.57
3	0.00	5.15	5.15	7.62	7.62
4	2.38	10.65	10.65	12.24	12.24
5	0.00	9.01	10.72	15.46	18.88
6	1.52	7.81	7.81	10.85	14.11
7	3.19	5.42	5.42	12.70	15.17
8	0.00	8.22	8.22	8.22	11.92
9	0.00	5.52	7.67	14.67	16.49
10	1.67	1.67	3.33	5.56	5.46
11	9.19	10.58	13.35	13.35	14.80
12	0.00	4.85	12.43	12.43	14.81
13	1.96	6.58	6.58	6.58	6.58
14	0.00	1.19	2.47	3.66	6.04
15	1.84	5.62	6.63	10.27	12.02
16	1.67	10.18	11.93	17.11	22.19
17	1.15	5.84	5.84	5.84	6.99
18	1.75	5.93	5.93	13.93	18.22

Gráfica 2. Porcentaje de mortalidad en 2006



4.2. DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP)

En 2002 los resultados (Cuadro 9) muestran que en ese primer año de evaluación no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En 2001 se habían aplicado intervenciones de poda y raleo, pero no hubo tiempo suficiente para que se expresaran los efectos de los tratamientos. Esta situación lleva a que las diferentes parcelas sean homogéneas desde el comienzo.

Cuadro 9. Análisis de la Varianza (DAP promedio); 2002

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	4,35	19	0,23	2,77	<0,0047
Bloque	2,57	2	1,28	15,53	<0,0001
Tratamientos	1,78	17	0,1	1,27	0,2705
Error	2,81	34	0,08		
Total	7,16	53			

Para el año 2003 de acuerdo a la prueba de comparación de medias se comienzan a visualizar diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos y entre bloques (Cuadro 10). Como se muestra en la Tabla 8, se

formaron 8 grupos de tratamientos cuyas medias no difieren significativamente entre sí.

Cuadro 10. Análisis de la Varianza (*DAP promedio*); 2003

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	72,20	19	3,80	9,91	<0,0001
Bloque	2,69	2	1,35	3,51	0,0413
Tratamientos	69,51	17	4,09	10,66	<0,0001
Error	13,04	34	0,38		
Total	85,24	53			

Tabla 8. Comparación Tukey de *DAP promedio* para 2003

Tratamiento	<i>DAP (cm)</i>					
2	18.66	A				
6	17.80	A	B			
16	17.62	A	B	C		
4	17.25	A	B	C	D	
3	17.13	A	B	C	D	
17	16.86	A	B	C	D	
13	16.81	A	B	C	D	
7	16.70		B	C	D	
8	16.42		B	C	D	
14	16.37		B	C	D	
5	15.96		B	C	D	
1	15.74			C	D	E
10	15.63				D	E
18	15.54				D	E
15	15.53				D	E
9	15.40				D	E
11	14.41					E
12	14.10					E

Los tratamientos con mayor *DAP* promedio fueron aquellos con una densidad de rodal de 500 árboles/ ha (tratamientos 2, 6 y 16) a partir de 2001. Con la misma densidad de rodal, los tratamientos 10 y 13 no mostraron esta

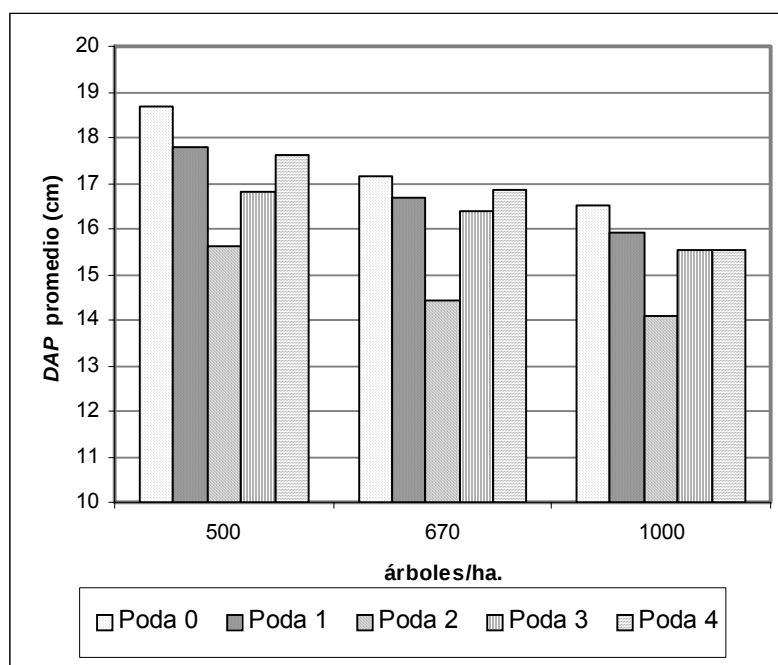
tendencia. La poda en estos dos tratamientos es más severa que en los anteriores, lo que podría explicar los menores valores de *DAP* medio.

En los tratamientos con densidad de rodal de 670 árboles/ ha (tratamientos 3, 7, 11, 14 y 17), los valores de *DAP* medio son inversamente proporcionales a la severidad de poda. Así, los tratamientos con poda más severa, que deja sólo 3 m de copa viva, con densidad intermedia y más alta (tratamientos 11 y 12, respectivamente) presentan los menores *DAP* promedio. Con la misma severidad de poda, pero con menor densidad de rodal, el tratamiento 10 tiene un *DAP* promedio significativamente mayor. Esto puede atribuirse a un nivel menor de competencia.

En los tratamientos sin raleo o aún no raleados en 2003 (1000 árboles/ ha), se observó una relación similar entre *DAP* promedio y severidad de poda. Una excepción sería el tratamiento 8, con *DAP* promedio mayor al testigo, con igual densidad de rodal y poda leve.

En la Gráfica 3 se aprecia una relación inversa entre *DAP* promedio y densidad de rodal. La misma dependencia se observa entre la variable y severidad de poda, es decir que se logran mayores valores de *DAP* medio aquellos tratamientos con podas más leves.

Gráfica 3. *DAP* promedio según densidad de rodal y severidad de poda; 2003



En 2004 se observan diferencias significativas para *DAP* promedio entre los tratamientos y entre bloques, aunque menos notorias (Cuadro 11). Al realizar la comparación Tukey entre medias, se obtuvo ocho nuevos grupos de tratamientos, dentro de los cuales no existen diferencias significativas (Tabla 9).

Cuadro 11. Análisis de la Varianza (*DAP* promedio); 2004

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	54,18	19	2,85	6,08	<0,0001
Bloque	3,21	2	1,60	3,42	0,0443
Tratamientos	50,97	17	3,00	6,40	<0,0001
Error	15,94	34	0,47		
Total	70,12	53			

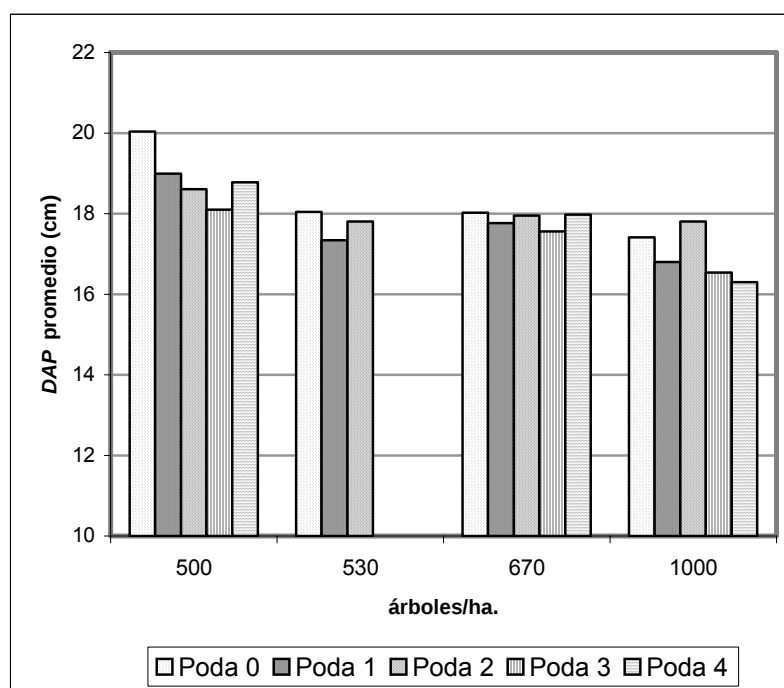
Tabla 9. Comparación Tukey de *DAP* promedio para 2004

Tratamiento	<i>DAP</i> (cm)					
2	20.04	A				
6	19.00	A	B			
16	18.78	A	B	C		
10	18.61	A	B	C	D	
13	18.1	A	B	C	D	E
4	18.05	A	B	C	D	E
3	18.02	A	B	C	D	E
17	17.98	A	B	C	D	E
11	17.95	A	B	C	D	E
12	17.81		B	C	D	E
7	17.77		B	C	D	E
14	17.56		B	C	D	E
8	17.34		B	C	D	E
5	16.77			C	D	E
1	16.71			C	D	E
15	16.54				D	E
18	16.3					E
9	16.26					E

Los tratamientos que recibieron mayor peso de raleo (densidad de rodal 500 árboles/ ha) alcanzan mayor *DAP* promedio para todos los niveles de severidad de poda, sin excepciones.

Estos cinco tratamientos (2, 6, 16, 10 y 13) en general muestran una tendencia a que el *DAP* medio sea inversamente proporcional a la severidad de poda. El *DAP* promedio del tratamiento 10, con la mayor severidad de poda al inicio, tuvo un marcado aumento en su tasa de crecimiento. Este efecto puede atribuirse a que en 2002 este tratamiento no incluía poda y hubo un período de recuperación que no tuvieron los restantes tratamientos con la misma densidad de rodal. Por otra parte, en 2003 se podaron los 225 árboles dominantes por hectárea hasta una altura de 9 metros; entonces, la mitad de los árboles evaluados en 2004 no habían sido podados desde 2001 y contribuyen a que el *DAP* promedio fuera mayor.

Gráfica 4. *DAP* promedio según densidad de rodal y severidad de poda; 2004



Los cinco tratamientos de menor *DAP* medio son aquellos que no tuvieron raleos (1000 árboles/ ha), a diferencia de lo observado en 2003, cuando estos tratamientos ocupaban posiciones intermedias en la tabla de comparación de medias. Estos resultados pueden atribuirse al aumento en la competencia por alta densidad de rodal.

Las posiciones intermedias de la Tabla 9 son ocupadas por aquellos tratamientos con peso de raleo intermedio (670 y 530 árboles/ ha); dentro de esta densidad se mantiene la tendencia general de que las podas más severas resultan en los menores *DAP* promedio.

En la Tabla 9 se puede visualizar cómo se modifica el comportamiento de los tratamientos, en especial la recuperación de los árboles con poda más severa (tratamientos 10, 11 y 12) respecto a 2003.

En 2005 hay diferencias significativas entre valores de *DAP* medios de tratamientos. Por primera vez desde la instalación del ensayo, no se hallaron diferencias significativas entre *DAP* medio de bloques (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de la Varianza (*DAP* promedio); 2005

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	60,90	19	3,21	4,67	<0,0001
Bloque	2,68	2	1,34	1,95	0,1577
Tratamientos	58,22	17	3,42	4,99	<0,0001
Error	23,35	34	0,69		
Total	84,24	53			

En 2005 se forman nueve grupos de tratamientos (Tabla 10), dentro de los cuales no existen diferencias significativas entre valores de *DAP* medio.

Tabla 10. Comparación Tukey de *DAP* promedio para 2005

Tratamiento	<i>DAP</i> (cm)					
2	21.55	A				
16	20.69	A	B			
10	20.53	A	B	C		
6	20.31	A	B	C	D	
13	19.7	A	B	C	D	E
4	19.56	A	B	C	D	E
11	19.41	A	B	C	D	E
3	19.41	A	B	C	D	E
12	19.33	A	B	C	D	E
7	19.3	A	B	C	D	E
17	19.28	A	B	C	D	E
14	19.09	A	B	C	D	E
8	18.88		B	C	D	E
1	18.22		B	C	D	E
5	17.98			C	D	E
15	17.93				D	E

18	17.88	D	E
9	17.68		E

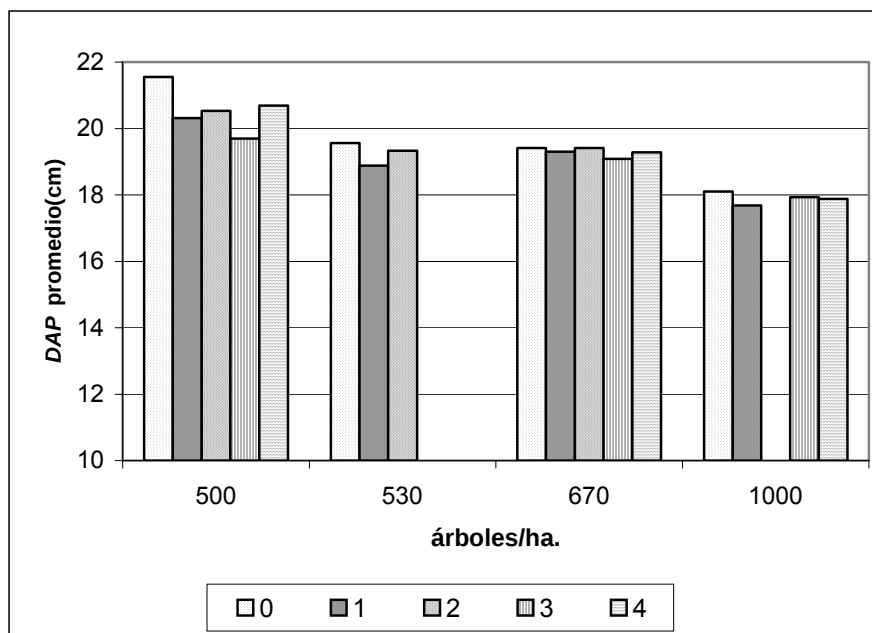
Se mantiene la relación inversa entre *DAP* promedio y densidad del rodal, observada en los años anteriores. Los tratamientos con una densidad de 500 árboles /ha presentan los mayores *DAP* promedio. El valor de la variable bajo el tratamiento 10, con poda inicialmente más severa, que presentó una tasa de crecimiento mayor al resto entre 2003 y 2004, mantiene dicha tendencia. El tratamiento 13 presenta el menor *DAP* medio dentro de esta densidad de rodal; este efecto podría asociarse a la severidad de las dos últimas podas aplicadas, que dejaban 3 m de copa remanente.

En 2005 se constata un aumento de los *DAP* promedio de los tratamientos 4, 8 y 12 por efecto del raleo aplicado en 2004, en el cual se redujo la densidad de rodal de 1000 a 530 árboles/ ha. Dicho incremento no se puede atribuir aún a una respuesta al raleo. El aumento del *DAP* medio se asocia en cambio al método de raleo adoptado (por lo bajo), en el cual se retiró los árboles de menor tamaño, que representan el 47% de la población.

Los tratamientos con densidades de rodal 670 y 530 árboles/ ha presentan valores de *DAP* promedio intermedios. Si bien las diferencias observadas entre estos tratamientos no son significativas, su posición en la tabla depende de la relación inversa entre la variable y la severidad de poda.

Los cinco tratamientos en los que no se aplicó raleo (1000 árboles/ ha) presentan los menores *DAP* promedio (Gráfica 5). A diferencia de tratamientos con menor densidad de rodal y de lo observado en años anteriores, no se constata claramente la relación inversa entre severidad de poda y el *DAP* medio. El efecto de densidad de rodal y competencia parece ser más importante que los resultados asociados a la poda.

Gráfica 5. DAP promedio según densidad de rodal y severidad de poda; 2005



En 2006 los resultados evidencian diferencias significativas entre valores de DAP medios de tratamientos; no así diferencias significativas entre bloques (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de la Varianza (*DAP promedio*); 2006

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	81.34	19	4.28	5.35	<0,0001
Bloque	1.40	2	0.70	0.87	0,4273
Tratamientos	79.95	17	4.7	5.87	<0,0001
Error	27.23	34	0.8		
Total	108.57	53			

En la Tabla 11 se muestra la comparación Tukey de medias para 2006; se mantienen nueve grupos de tratamientos, dentro de los cuales no existen diferencias significativas entre valores de DAP medio.

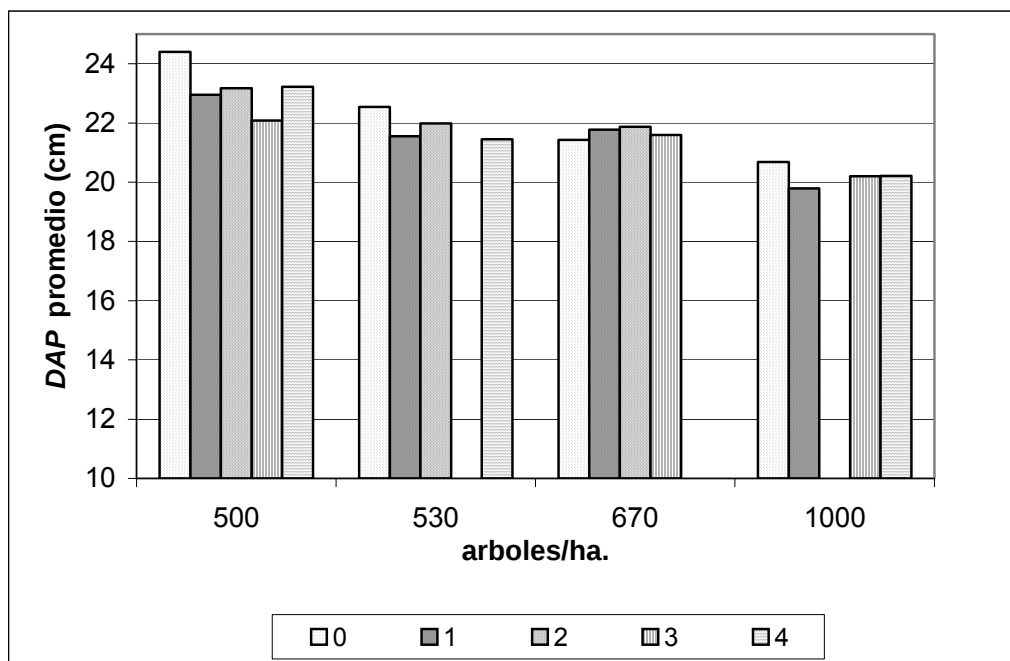
Tabla 11. Comparación Tukey de *DAP* promedio para 2006

Tratamiento	<i>DAP</i> (cm)					
2	24.40	A				
16	23.22	A	B			
10	23.17	A	B	C		
6	22.95	A	B	C	D	
4	22.54	A	B	C	D	E
13	22.08	A	B	C	D	E
12	21.99	A	B	C	D	E
11	21.87	A	B	C	D	E
7	21.78	A	B	C	D	E
14	21.6		B	C	D	E
8	21.55		B	C	D	E
17	21.45		B	C	D	E
3	21.43		B	C	D	E
1	20.68		B	C	D	E
18	20.21			C	D	E
15	20.20			C	D	E
5	19.98				D	E
9	19.79					E

En 2006 los cinco tratamientos con 500 árboles/ ha continúan presentando los mayores valores de *DAP* promedio (Gráfica 6). La excepción sigue siendo el tratamiento 13, con menor crecimiento, asociado a las dos últimas podas severas. El tratamiento 2, como en los años anteriores, es el que presenta mayor *DAP* promedio, que puede atribuirse a que los árboles crecen bajo un nivel mínimo de competencia y disponen del mayor volumen de copa viva posible. El tratamiento 16 es el que presenta resultados más favorables para esta variable a la edad de 6 años.

En una situación intermedia se ubican en la tabla los *DAP* promedio de tratamientos con densidades de 530 y de 670 árboles/ ha. Se observó una tendencia similar a la ocurrida en 2005 entre tratamientos con densidad 1000 árboles/ ha, en los cuales la relación entre severidad de poda y *DAP* promedio es poco clara.

Gráfica 6. *DAP* promedio según densidad de rodal y severidad de poda; 2006



Los tratamientos con densidad de rodal 1000 árboles/ ha continúan presentando los menores *DAP* medios (Gráfica 6). Se puede considerar a ambos tratamientos 1 y 5 como testigo, ya que este último no recibió raleo como se había planificado. No obstante, el *DAP* promedio del tratamiento 1 ha sido significativamente mayor al valor del tratamiento 5. Es posible que esto se asocie a que el primero presenta un mayor porcentaje de mortalidad, que tuvo un efecto análogo a un raleo.

Lückhoff (1967) observó que la remoción de un 40 % de o más de copa viva produce una reducción altamente significativa del *DAP* promedio y del incremento en *DAP* durante la estación de crecimiento posterior a la poda. Por otra parte, una severidad de poda de un tercio o menos de la copa viva no tuvo efecto significativo sobre el crecimiento en *DAP*.

Schönau (1970, 1974) observa que la reducción del porcentaje de copa viva en un 30 o 50 % hasta podar una altura de 6,7 m redujo notoriamente el crecimiento en *DAP* de *E. grandis* cultivado en un sitio de baja calidad.

A diferencia de los resultados obtenidos, Bredenkamp et al. (1980) no encontraron diferencias significativas en crecimiento en *DAP* promedio, al retirar hasta el 50% de la copa viva.

Methol et al. (2005) observaron que una primera poda severa produjo una reducción en crecimiento en diámetro, en especial en *DAP* (Cuadro 14). Este efecto se vio después atenuado por el menor número de intervenciones que requieren los tratamientos más intensos para alcanzar una misma altura final de poda. Se constató un claro efecto negativo de la severidad de poda sobre el crecimiento en *DAP*, lo que se relaciona con el porcentaje de copa remanente en cada tratamiento.

Cuadro 14: Incrementos acumulados en altura (m) y *DAP* (cm) a los x meses de la última poda y última medición (Methol et al., 2005)

Tratamiento	7 meses de 1ª poda		5 meses de 2ª poda		9 meses de 4ª poda		18 meses de 4ª poda		Junio 2005	
	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)
Fuerte	1.6	1.8	3.8	4.6	6.6	7.7	10.1	11.1	17.5	18.6
Medio/Fuerte	2	2.6	4.4	5.3	6.4	7.6	10.1	11.1	17.3	18.5
Medio/Suave	2.1	3.1	4.5	5.5	6.5	8.1	10.2	11.6	17.6	19.2
Suave	2.3	3.7	4.6	5.7	6.4	8.7	10.6	12.2	17.9	19.8

Schönau (1979) observó sobre el experimento factorial de raleo en *E. grandis* que los tratamiento más pesados y tempranos, aumentaron significativamente los valores de *DAP* a las edades de 6 y 10 años.

Muñoz et al. (2005), al evaluar un ensayo de poda y raleo en *E. nitens*, a los 14 años de edad, observan que el *DAP* medio de los tratamientos con raleo más intenso a 400 árboles/ ha, presenta diferencias significativas con respecto a los restantes raleos, independiente del nivel de poda aplicado.

En el ensayo de raleos evaluado por Methol et al. (2005), se observó que el *DAP* promedio en los tratamientos con mayor intensidad de raleos era mayor, tres años después de instalado el ensayo, i.e. a la edad de 5 años (Cuadro 15).

Cuadro 15: Valores promedio de *DAP* y Altura en mayo de 2005, incrementos periódicos y anuales entre marzo de 2002 y mayo de 2005, según intensidad del primer raleo (adaptado de Methol et al., 2005).

Árboles/ ha dejados en el primer raleo	Valor mayo 2005		Incrementos 2002 - 2005		IMA 2002 – 2005	
	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)	Altura (m)	<i>DAP</i> (cm)
400	14,7	20,1	7,1	11,9	4,0	4,0
550	14,7	18,8	7,2	10,8	2,4	3,6
700	14,4	17,8	7,0	10,1	2,3	3,4
testigo	13,7	17,0	6,6	10,1	2,2	3,4

Estos resultados sugieren que la competencia entre árboles se establece al cuarto o quinto año destacando la importancia de ejecutar raleos tempranos.

Methol et al. (2005) comparan los efectos de la poda con los del raleo sobre el crecimiento de *E. grandis*. Los resultados sugieren que la poda tiene un efecto más notorio a edades muy tempranas (menores a 5 años) que los raleos, una vez que se establece la competencia entre árboles, son más importantes los efectos de los raleos.

4.3. ALTURA TOTAL (*Ht*)

Los resultados de los análisis de varianza indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable altura total, en 2002, 2004, 2005 y 2006 (Anexo). Los regímenes silviculturales aplicados no tienen efecto sobre el crecimiento en altura. Esto probablemente se explique por la estrecha relación de *Ht* con la calidad del sitio para la especie. Así, a mayor *Ht* para una misma edad y densidad de rodal, mayor será la adaptación de la especie en cuestión al sitio.

En 2002 se observó diferencias significativas entre bloques. Esto se asocia a la calidad de sitios y a la posición topográfica de los bloques. El Bloque III, con mayor *Ht* promedio, se ubica en la parte baja de la ladera; el Bloque II, en la ladera media, presenta un valor intermedio y el Bloque I, con menor *Ht* media, se sitúa en la ladera alta (Tabla 12).

Tabla 12. Comparación Tukey de *Ht* media para 2002

Bloque	<i>Ht</i> (m)	
3	8.05	A
2	7.71	B
1	7.40	C

Sólo en 2003 se evidenciaron diferencias significativas entre *Ht* media de tratamientos (Cuadro 16). En la Tabla 13 se observa que los tratamientos 4 y 11 presentan valores promedio significativamente mayor y menor, respectivamente, que el resto de los tratamientos.

Cuadro 16. Análisis de la Varianza (*Ht promedio*); 2003

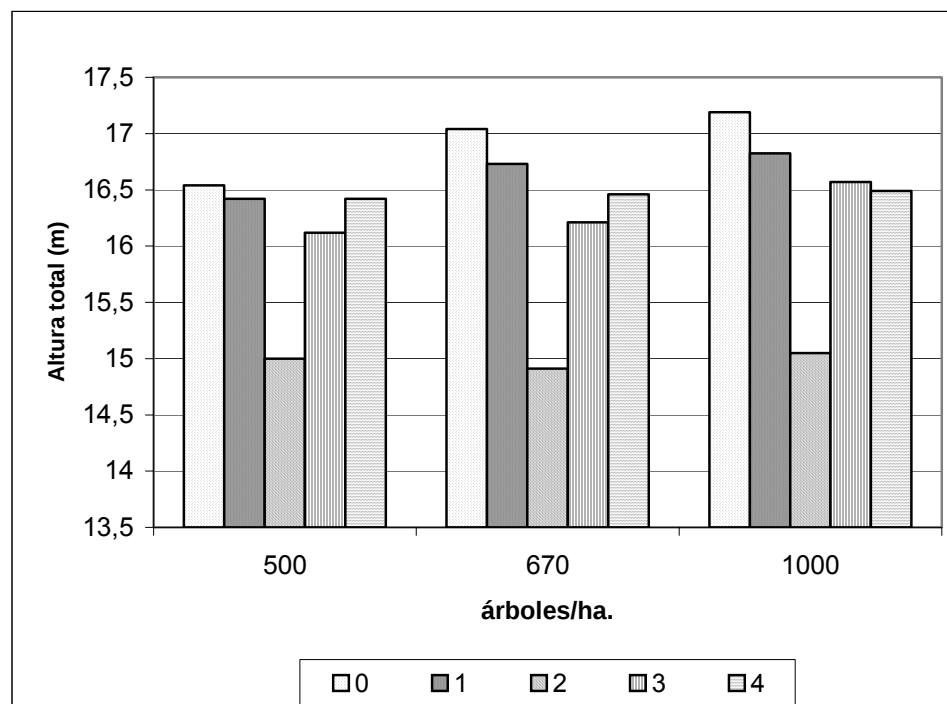
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	32,21	19	1,7	2,35	0,0147
Bloque	1,74	2	0,87	1,20	0,3124
Tratamientos	30,47	17	1,79	2,48	0,0118
Error	24,56	34	0,72		
Total	56,77	53			

Tabla 13. Comparación Tukey de *Ht* media para 2003

Tratamiento	<i>Ht</i> (m)		
4	17.55	A	
5	17.41	A	B
8	17.37	A	B
3	17.04	A	B
1	16.83	A	B
7	16.73	A	B
15	16.57	A	B
2	16.54	A	B
18	16.49	A	B
17	16.46	A	B
16	16.42	A	B
6	16.42	A	B
9	16.28	A	B
14	16.21	A	B
13	16.12	A	B
12	15.05	A	B
10	15	A	B
11	14.91		B

El tratamiento 4, con la mayor *Ht* promedio, aún presentaba 1000 árboles/ ha y no había recibido poda, por lo cual era equivalente a un tratamiento testigo. En la última posición se encuentra el tratamiento 11, al que se aplicó en 2001 un raleo hasta 670 árboles/ ha y una poda severa dejando 3 m de copa viva. En la Gráfica 7 se visualiza este efecto, ya que la poda severa (2) resulta en los menores valores de *Ht* promedio en diferentes densidades de rodal.

Gráfica 7. *Ht* promedio según densidad de rodal y severidad de poda; 2003



Lückhoff (1967) observó que la poda de 40 % o más de copa viva produce en general una caída significativa en la altura total media y en el incremento en altura durante la estación de crecimiento siguiente a la poda. Esta reducción es menor en comparación a la observada en *DAP* promedio.

Schonau (1970, 1974) observa en *E. grandis* que a la edad de 10 años las altura promedio de las parcelas podadas fueron significativamente menores a los valores de parcelas sin podar.

En el experimento factorial de raleo estudiado por Schönaue (1979), se observó que los tratamientos más severos y tempranos aumentaron significativamente los valores de *Ht* media a las edades de 6 y 10 años.

Bredenkamp et al. (1980) constataron que el crecimiento en altura se retrasó significativa al retirar 50 % de la copa viva, pero solo por un corto período. Este efecto lo asocian a la alta correlación entre la altura y el largo de copa. También concluyeron que la poda no afecta el posterior desrame natural ni la conicidad de las trozas con o sin podar.

En la evaluación de uno de tres ensayos de raleo en *E. nitens*, Medhurst et al. (2001) encontraron que a densidades de rodal de 100, 200, 300 y 400 árboles / ha y un testigo de 890 árboles / ha, la altura no es afectada por el raleo.

Muñoz (2005), al evaluar un ensayo de poda y raleo en *E. nitens*, a los 14 años de edad, observan la *Ht* de los tratamientos con raleo más intenso a 400 árboles/ ha, presenta diferencias significativas con respecto a los restantes raleos, independiente del nivel de poda aplicado.

En el ensayo evaluado por Methol et al. (2005) se observó que la altura resulta menos afectada por la severidad de poda en comparación con el *DAP*.

4.4. VOLUMEN TOTAL (VT)

En 2002 no se observa diferencias significativas entre valores de volumen total medio de tratamientos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de la Varianza (*Vt promedio*); 2002

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	0.00013	19	0.00001	2.662	0.00620
Bloque	0.00009	2	0.00005	18.456	<0.0001
Tratamientos	0.00003	17	0.00000	0.804	0.67730
Error	0.00009	34	0.00000		
Total	0.00021	53			

En 2003 los resultados evidencian diferencias significativas entre valores de *Vt* medio de tratamiento, pero no así entre los promedios de bloques (Cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de la Varianza (*Vt promedio*); 2003

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	0.03	19	0.0015	5.51	<0,0001
Bloque	0.0086	17	0.00043	1.55	0.2263
Tratamientos	0.03	2	0.0017	5.97	<0,0001
Error	0.01	34	0.00028		
Total	0.04	53			

En la Tabla 14 se muestra la comparación Tukey de medias para 2003. Se establecen cinco grupos de tratamientos, dentro de los cuales no existen diferencias significativas entre valores de *Vt* medio.

Tabla 14. Comparación Tukey de medias para 2003

Tratamiento	<i>Vt</i> (m ³)			
2	0.19	A		
6	0.17	A	B	
3	0.17	A	B	
4	0.17	A	B	
16	0.16	A	B	
7	0.15	A	B	
17	0.15	A	B	
8	0.15	A	B	
5	0.15	A	B	C
13	0.15	A	B	C
14	0.14	A	B	C
1	0.14	A	B	C
15	0.13		B	C
18	0.13		B	C
9	0.13		B	C
10	0.12		B	C
12	0.1			C
11	0.1			C

Los tratamientos 2 y 6, con una densidad de rodal de 500 árboles/ ha, presentan los mayores valores de V_t promedio, como se observó con el *DAP* medio. Esta superioridad puede asociarse con la poda; el tratamiento 2 no recibió poda y al tratamiento 6 se le aplicó el nivel de poda más leve. Los demás tratamientos dentro de esta densidad (tratamientos 10, 13 y 16) no siguen la misma tendencia.

Los tratamientos que se ubican en una situación intermedia en la Tabla 14, no presentan un comportamiento claro de acuerdo a los regímenes silvícolas aplicados.

Los tratamientos 10, 11 y 12, con el menor V_t medio son los que presentan la poda inicial más severa.

En 2004 existen diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos (Cuadro 19). Estos se agrupan en tres categorías, dentro de las cuales no se evidencian diferencias significativas (Tabla 15).

Cuadro 19. Análisis de la Varianza (V_t promedio); 2004

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	0.02	19	0.00110	3.49	0.0007
Bloque	0.0018	2	0.0009	2.77	0.0771
Tratamientos	0.02	17	0.0012	3.58	0.0008
Error	0.01	34	0.00033		
Total	0.03	53			

Tabla 15. Comparación Tukey de Vt medio para 2004

Tratamiento	Vt (m ³)		
2	0.24	A	
10	0.21	A	B
6	0.21	A	B
16	0.21	A	B
3	0.2	A	B
12	0.20	A	B
7	0.20	A	B
17	0.20	A	B
13	0.20	A	B
4	0.20	A	B
11	0.19	A	B
8	0.19	A	B
14	0.18		B
5	0.18		B
1	0.17		B
15	0.17		B
18	0.16		B
9	0.16		B

Los tratamientos que recibieron mayor peso de raleo (densidad de rodal 500 árboles/ ha) alcanzan el mayor Vt promedio para todos los niveles de severidad de poda, a excepción del tratamiento 13 al que se aplicó la poda de mayor severidad en la última intervención. Estos cinco tratamientos (2, 6, 16, 10 y 13) en general muestran una tendencia a que el Vt medio sea inversamente proporcional a la severidad de poda. Los valores de Vt promedio del tratamiento 10, al igual que con el DAP medio, presentan una rápida recuperación.

Las densidades de rodal de 530 y 670 árboles/ ha presentan valores intermedios de Vt medio (Tabla 15), comportamiento análogo al observado en el DAP medio para el mismo año.

Los tratamientos de menor Vt medio son aquellos que no tuvieron raleos (1000 árboles/ ha), siguiendo también la misma tendencia del DAP medio para 2004.

En el Cuadro 20 se observan diferencias significativas entre tratamientos para 2005. No se constatan dichas diferencias para el efecto bloque.

Cuadro 20. Análisis de la Varianza (*Vt promedio*); 2005

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	0.04	19	0.0019	2.85	0.0038
Bloque	0.0015	2	0.00075	1.13	0.3338
Tratamientos	0.03	17	0.002	3.05	0.0028
Error	0.02	34	0.000660		
Total	0.06	53			

En la comparación de medias Tukey se forman tres grupos, dentro de los cuales no se evidencian diferencias significativas (Tabla 16).

Tabla 16. Comparación Tukey de *Vt* medio para 2005

Tratamiento	<i>Vt</i> (m ³)		
2	0.30	A	
16	0.28	A	B
6	0.28	A	B
10	0.28	A	B
3	0.26	A	B
13	0.25	A	B
7	0.25	A	B
4	0.25	A	B
12	0.25	A	B
17	0.25	A	B
11	0.24	A	B
14	0.24	A	B
8	0.24	A	B
1	0.22		B
5	0.22		B
15	0.22		B
18	0.21		B
9	0.21		B

Al igual que en los años anteriores y de manera similar a lo observado con el *DAP* medio, se mantiene la relación inversa entre el *Vt* promedio y la densidad del rodal. Los tratamientos con una densidad de 500 árboles/ ha

presentan los mayores *Vt* promedio. No obstante, no se observan diferencias significativas entre valores de los tratamientos con densidades de rodal de 530 y 670 árboles/ ha (Tabla 16).

Los tratamientos con una densidad de rodal de 1000 árboles/ ha forman un grupo sin diferencias significativas con los menores valores de *Vt* promedio.

En 2006 existen diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 21); el efecto de los bloques no es significativo.

Cuadro 21. Análisis de la Varianza (*Vt* promedio); 2006

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	0.1	19	0.01	3.01	0.0025
Tratamientos	0.09	17	0.01	3.21	0.0019
Bloque	0.00450	2	0.0023	1.3	0.2855
Error	0.06	34	0.0017		
Total	0.16	53			

La evolución del efecto de los bloques a través del período de registro es similar para las tres variables estudiadas. Se observan diferencias significativas entre *DAP* medio de bloques sólo hasta 2004 y para *Ht* y *Vt* se observaron diferencias significativas únicamente en 2002. Si bien el modelo estadístico explica los resultados de manera adecuada durante el periodo de estudio, se podría cuestionar el diseño experimental en bloques completos al azar, dado que con el transcurso del tiempo el efecto de los bloques pierde significación.

En la Tabla 17 muestra que los *Vt* medios en la comparación Tukey se agrupan en tres categorías sin diferencias significativas entre valores.

El tratamiento 2, con una densidad de rodal de 500 árboles/ ha y sin poda, presenta un *Vt* medio superior a los demás tratamientos. En la categoría siguiente, los valores mayores corresponden a la misma densidad de rodal, seguidos de aquellos con densidades de rodal 530 y 670 árboles/ ha. Los menores valores, en la última categoría, es decir sin diferencias significativas entre si, corresponden a tratamientos sin raleo (1000 árboles/ ha) (Gráfica 8).

Gráfica 8. V_t promedio según densidad de rodal y severidad de poda; 2006

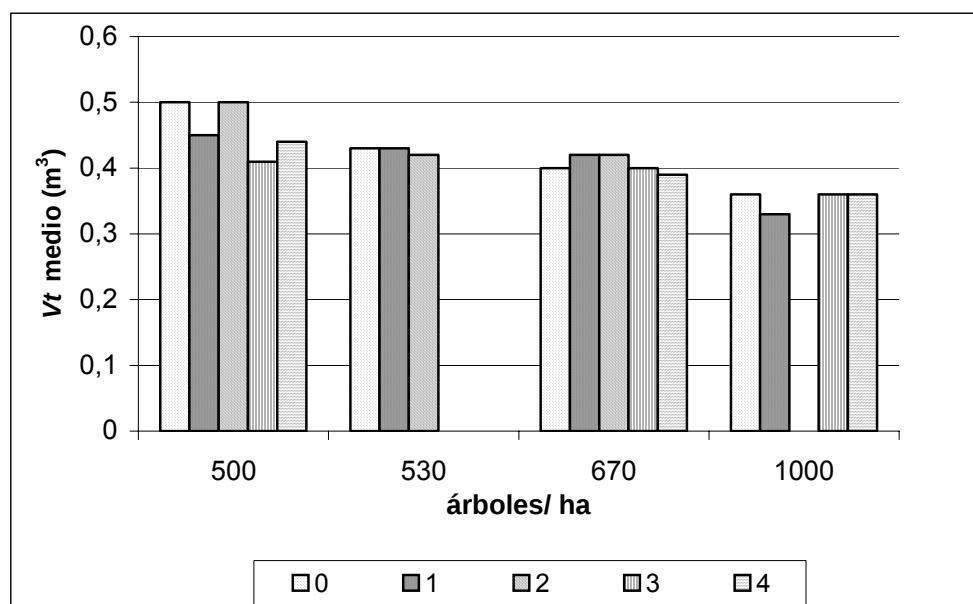


Tabla 17. Comparación Tukey de V_t medio para 2006

Tratamiento	V_t (m³)		
2	0.50	A	
10	0.46	A	B
6	0.45	A	B
16	0.44	A	B
4	0.43	A	B
7	0.42	A	B
12	0.42	A	B
11	0.42	A	B
13	0.41	A	B
14	0.40	A	B
8	0.40	A	B
3	0.40	A	B
17	0.39	A	B
1	0.37		B
15	0.36		B
18	0.36		B
5	0.35		B
9	0.33		B

Los tratamientos con 50% de peso de raleo precomercial (500 árboles/ ha al año de plantación), resultan en los mayores valores promedio, tanto en *DAP* como en *Vt* a la edad de 6 años. No se observó diferencias significativas entre los tratamientos que incluyen raleo precomercial con un peso de 33% (670 árboles/ ha al año de plantación) y aquellos donde el primer raleo es comercial a los cuatro años, con un peso de 47% (530 árboles/ ha).

Sería aconsejable realizar un seguimiento a edades más avanzadas hasta turno final, en el cual se comparen los tratamientos con raleos precomercial a desecho (tratamientos 2, 6, 10, 13 y 16 a 500 árboles/ ha peso numérico 50 % y tratamientos 3, 7, 11, 14 y 17 a 670 árboles/ ha, peso numérico 33%) contra aquellos tratamientos en los cuales el primer raleo es comercial a los 4 años (tratamientos 4, 8 y 12 a los 530 árboles/ ha, con peso numérico 47%).

En el ensayo descrito por Stackpole et al., citados por Montagu et al. (2003), la poda mas severa, en la cual se retiraron todas las ramas hasta los 7 cm de diámetro del fuste, redujo la tasa de crecimiento en las tres especies estudiadas. A los 3 años de la intervención, el volumen del fuste en el tratamiento de poda más severa disminuyó en un 35%, comparado con el tratamiento más leve (poda hasta los 17 cm de diámetro del fuste). El volumen se incrementó en un 40 % en los tratamientos con densidades de rodal de 200 y 400 árboles/ ha. comparados con los de 1200 árboles/ ha. El tratamiento más recomendable sería podar hasta los 12 cm de diámetro del fuste, ya que no resiente el crecimiento y una poda más leve hasta implica que haya ramas muertas y perjudique la oclusión del leño.

Los resultados del ensayo evaluado por Methol et al. (2005) indican que, desde el punto de vista del crecimiento en *DAP* y altura, es aconsejable la aplicación de poda con baja severidad en cuatro etapas. Sin embargo, desde el punto de vista operativo y de costos, es conveniente reducir el número de intervenciones a dos o tres.

Schönau (1979) observó en el experimento factorial, que el peso del raleo no afectó el incremento medio anual (*IMA*, m³/ha/año) en *E. grandis* a las edades de 6 y 10 años.

Al estudiar el efecto de 2 intensidades de raleo y un testigo, con densidad de rodal de 880, 1066 y 1300 árboles/ ha, sobre el área batimétrica en *E. grandis*, Abbiati (1987) observa que no hubo evidencias que confirmaran que el raleo produce modificaciones en el área batimétrica (m²/ ha); como estimador del volumen. A pesar de esto se detecto un ritmo de crecimiento distinto entre las medias de los tratamientos a través del tiempo. También se detectó que el raleo produjo plantas con áreas basales más uniformes que el testigo

Muñoz et al. (2005) al evaluar un ensayo de poda y raleo en *E. nitens*, a los 14 años de edad observan que el tratamiento de raleo más intenso a 400 árboles/ ha, presenta diferencias significativas en los valores de volumen medio con respecto a los restantes tratamientos de raleo.

5. CONCLUSIONES

La mortalidad de los árboles no se vinculó a el efecto de los tratamientos de poda y raleo aplicados. Se observó a nivel de la muestra, una tendencia a que a que la mortalidad se relacionara con la topografía; el bloque ubicado en la parte superior de la ladera presentó el mayor porcentaje de mortalidad. Esto podría asociarse a la competencia por agua en períodos secos.

A la edad de 6 años, no se observaron efectos de poda o de raleo sobre el crecimiento en *Ht* promedio. Solo se presentaron diferencias significativas para esta variable entre tratamientos para 2003 y entre bloques para 2002.

En todos los años evaluados, el *DAP* promedio mantuvo una relación directamente proporcional al peso de raleo. La poda siempre tuvo algún efecto sobre el *DAP*. Cuando la densidad de rodal era menor (raleos más pesados), se observó con mayor claridad que la severidad de poda reduce el crecimiento en *DAP*. A mayor densidad de rodal (parcelas con raleo más liviano o sin raleo) es menos evidente la relación entre la severidad de poda y crecimiento en *DAP*. A mayores densidades de rodal, el efecto de la competencia parece ser mayor que los efectos asociados a la poda.

Los efectos de los tratamientos sobre el *Vt* presentan una tendencia similar a los resultados obtenidos en la variable *DAP*. Los mayores valores de *Vt* promedio se obtuvieron en las parcelas con menor densidad de rodal (500 árboles /ha).

Los tratamientos con 50% de peso de raleo precomercial, resultan en los mayores valores promedio para tanto en *DAP* como *Vt* a la edad de 6 años. No se observó diferencias significativas al aplicar un raleo precomercial con un peso de 33% al año de plantación, con respecto a un raleo comercial al los cuatro años con un peso de 47%. Por lo tanto, sería aconsejable realizar evaluaciones periódicas hasta el final de la rotación y un análisis económico para decidir cuál de dichos tratamientos es el más favorable.

El nivel de poda que permite mayores crecimientos, tanto en *DAP* como en *Vt*, es aquel que retira un 40% de la copa viva en la primer intervención, al año de plantación y al segundo y tercer año un 20 y 15% de la copa viva respectivamente (poda 4). Por el contrario, el nivel de poda que más resintió el crecimiento fue el que retiraba 50, 35 y 35% de la copa viva durante tres años consecutivos de poda (nivel de poda 3). Este nivel de poda tuvo un efecto perjudicial aun más notorio sobre el crecimiento que el nivel 2, con una poda

inicial muy severa (60% de la copa verde). Es probable que esto se deba a que en este nivel la poda se aplicó en 2 etapas, con un intervalo de dos años lo que permitió la recuperación de los árboles podados.

Si bien el modelo estadístico explica los resultados de manera adecuada durante el periodo de estudio, se podría cuestionar el diseño experimental en bloques completos al azar, dado que con el transcurso del tiempo el efecto de los bloques pierde significación. En futuras evaluaciones del ensayo la información se debería analizar en forma tentativa con uno o más modelos alternativos que eventualmente se ajusten mejor a los registros.

6. RESUMEN

Se evaluó un ensayo de poda y raleo de *Eucalyptus grandis* en el establecimiento Ríos departamento de Rivera, Uruguay entre los 2 y 6 años de edad. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 3 repeticiones y 18 tratamientos. Estos combinaron 5 niveles de severidad de poda aplicados en 3 años consecutivos (0 - testigo sin podar, 1 - poda de 1 troza de 3m, 2 - 3m de copa remanente el primer y tercer año, 3 - 4m de copa remanente el primer año y 3m el segundo y tercer año y 4 - 5m de copa remanente el primer año y 4m el segundo y tercer año) y 4 regímenes de raleo alternativos (0 - testigo sin ralear, 1 - raleo precomercial a 500 árboles/ ha a edad 1 año, 2 - raleo precomercial a 670 árboles /ha a edad 1 año y 3 - raleo comercial a 530 árboles/ ha a edad 4 años). Se estudió los efectos de los tratamientos sobre la mortalidad y las variables diámetro a la altura del pecho (*DAP*), altura total (*Ht*) y volumen total con corteza (*Vt*). Se constató que la proporción de individuos muertos en pie, no se asocia al efecto de los tratamientos. No se observaron efectos de poda y raleo sobre el crecimiento en *Ht* promedio a los 6 años. El *DAP* promedio mantuvo una relación directamente proporcional al peso de raleo para todos los registros e inversamente proporcional con la severidad de poda. Esta última relación fue más evidente a menor densidad de rodal; a mayores densidades de rodal, el efecto de la competencia parece ser mayor que los efectos asociados a la poda. A los 6 años, el nivel de raleo 1 resultó en los mayores valores de las variables *DAP* y *Vt*., el nivel de raleo 2 no tuvo diferencias significativas con respecto al nivel de raleo 3. El nivel de poda 4 generó los mayores crecimientos, tanto en *DAP* como en *Vt*; lo contrario ocurrió con la poda 3. Sería aconsejable realizar evaluaciones periódicas hasta la edad de rotación y un análisis económico para decidir cuál combinación de podas y raleos produce mayores volúmenes de madera de calidad.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*; Poda; Raleo; Sistemas silvícolas

7. SUMMARY

A pruning and thinning *Eucalyptus grandis* trial was assessed between ages 2 and 6 years, at Rios forest farm in Rivera, Uruguay. Experiment design was complete random blocks with 3 replications and 18 treatments. The latter combined five levels of pruning severity performed during 3 consecutive years (0 – unpruned control, 1 – 3m log length, 2 – 3m remaining crown first and third years, 3 – 4m remaining crown first year and 3m remaining crown second and third years and 4 – 5m remaining crown first year and 4m remaining crown second and third years) and 4 alternatives thinning regimes (0 – unthinned control, 1 – pre-commercial thinning to 500 trees/ ha at age 1 year, 2 - pre-commercial thinning to 670 trees/ ha at age 1 year and 3 – commercial thinning to 530 trees/ ha at age 4 years). Treatments effects on mortality and diameter breast height (*DBH*), total height (*Ht*) and total volume over bark (*Vt*) were studied. Mortality was not related to treatment effects. Thinning and pruning effects did not affect *Ht* growth at age 6 years. Mean *DBH* was in direct proportion to thinning weight and inversely related to pruning severity. The latter relationship was more in evidence at lower stand densities, at high stand density the effect of competition seems to be more important than pruning. influences. At age 6, thinning level 1 resulted in higher *DBH* and *Vt* values; thinning level 2 showed no significant differences with level 3. Pruning level 4 allowed highest *DBH* an *Vt* growth; the opposite is true for pruning level 3. Periodic assessment is recommended throughout rotation and a economic evaluation in order to obtain the best combination of pruning and thinning regimes which yield higher volumes of quality wood.

Keywords: *Eucalyptus grandis*; Pruning; Thinning; Silvicultural systems

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ABBIATI, N. N. 1987. Evaluación del efecto de dos intensidades de raleo sobre el área basimétrica de *Eucalyptus grandis*. In: Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales (1o., 1987, Buenos Aires). Actas. Buenos Aires, Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. t. 4, pp. 186–196.
2. BERTOLANI, F.; NICOLIELO, N.; CHAVES, R. 1995. Manejo de *Eucalyptus* sp para serraria; a experiência da Duratex S.A. (en línea). In: Seminario Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria (1995, São Paulo). Anais. São Paulo, IPEF. Consultado 28 jul. 2006. Disponible en

http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_serraria/cap03.pdf
3. BREDENKAMP, B.V.; MALAN, F.S.; CONRADIE, W.E. 1980. Some effects of pruning on growth and timber quality of *Eucalyptus grandis* in Zululand. South African Forestry Journal. no. 114: 29-34.
4. DAY, J.R.; GONDA, H.E. 1987. The crop planning method to improve the yield of slash pine plantation in Misiones. In: Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales (1o., 1987, Buenos Aires). Actas. Buenos Aires, Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. t. 4, pp. 116–133.
5. DE LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STOLF NOGUEIRA, M. C. 2000. Influence of thinning on the *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden growth stress. Scientia Forestalis. 58: 111 - 125.
6. FROST, I.A.; McENZIE, G. R. 1976. Radiata pine, a basis for selection of trees for pruning and thinning. 4^a. ed. Wellington, New Zealand, New Zealand Forest Service. 24 p.
7. GERRAND, A.M.; MEDHURST, J.L.; NEILSEN, W.A. 1997. Thinning and pruning eucalypt plantations for sawlog production in Tasmania. Forestry Tasmania Tasforests. 9: 15-34.

8. HAWLEY, R. C.; SMITH, D. M. 1972. Silvicultura práctica. 6ª. ed. Barcelona, Omega. 544 p.
9. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS AGROPECUARIAS (INTA). 1995. Manual para productores de eucaliptos de la mesopotamia Argentina. Concordia, Entre Ríos, Grupo Forestal/INTA. 171 p.
10. _____. 2003. Poda en *Eucalyptus grandis*. (en línea). Estación Experimental Bella Vista, Corrientes. Hoja de Divulgación 22. 6 p. Consultado 28 jul. 2006. Disponible en

<http://www.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/forestales/22%20-%20Poda%20de%20Eucalyptus%20Grandis.pdf>
11. KOLLN, R. 2000. Criterios de poda y raleo en *Eucalyptus grandis* en Shell C.A.P.S.A. (en línea). Entre Ríos, s.e. Consultado 28 jul. 2006. Disponible en

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/biblos/2000.htm>
12. LÜCKHOFF, H. A. 1967. Pruning of *Eucalyptus grandis*. Forestry in South Africa. 8: 75–83.
13. LUSSICH, F. 2002. Evaluación de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* L. en Tacuarembó. Etapa 1: instalación y evaluación inicial. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 61 p.
14. MABVURIRA, D.; PUKKALA, T. 2002. Optimising the management of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden plantations in Zimbabwe. Forest Ecology and Management. 166(1): 149-157.
15. MALAN F. S., HOON M. 1992. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal. no. 163: 13–20.
16. MAREE, H.B. 1979. The development of a pruning policy for the fast growing eucalypt species in State Forests. South African Forestry Journal. no. 109: 32-7.

17. MEDHURST, J.L.; BEADLE, C.L.; NEILSEN, W.A. 2001. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. Canadian Journal of Forest Research. 31(2): 187-197.
18. METHOL, R.; BALMELLI, G.; RESQUIN, F. 2005. Evaluación de la intensidad de poda en *Eucalyptus grandis* al tercer año de crecimiento. In: Jornada Forestal (2ª, 2005, Tacuarembó). Visita a ensayos de silvicultura y mejoramiento de pinos y eucaliptos. Montevideo, INIA. pp. 11-17.
19. MONTANGU, K.; KEARNEY, D.; SMITH, G. 2003. Pruning Eucalypts; the biology and silviculture of clear wood production in planted eucalypts. (en línea). RIRDC Publication. Land and Water no. 02/152. 34 p. Consultado 28 jul. 2006. Disponible en [http:// www.rirc.gov.au/reports/AFT/02-152.pdf](http://www.rirc.gov.au/reports/AFT/02-152.pdf)
20. MUÑOZ, F.; ESPINOSA, M.; HERRERA M. A.; CANCINO J. 2005. Características del crecimiento en diámetro, altura y volumen de una plantación de *Eucalyptus nitens* sometida a tratamientos silvícolas de poda y raleo. Bosque. 26(1): 93-99.
21. PINKARD, E.A.; BEADLE, C.L. 1998. Aboveground biomass partitioning and crown architecture of *Eucalyptus nitens* following green pruning. Canadian Journal of Forest Research. 28(9): 1419-28.
22. POYNTON R.J. 1980. The silvicultural treatment of eucalypt plantations in Southern Africa. South African Forestry Journal. no 116:11-6.
23. SCHÖNAU, A.P.G. 1974. The effect of planting spacing and pruning on growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal. no. 88:16-23.
24. _____. 1979. Application of a factorial design to a thinning experiment in *Eucalyptus grandis*, with intermediate results. South African Forestry Journal. no. 121: 70-78.
25. SHEPHERD, K. R. 1986. Plantation silviculture. Dordrecht, Nijhoff. 322 p.

26. SHIELD, E.; HANSEN, R. 1995. Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de *Eucalyptus* en Uruguay. Proyecto Regional de alternativas para la inversión forestal – Fase II. Montevideo, MGAP. DF/OEA. 105 p.
27. THADEU, H. 1995. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. (en línea). In: Seminario Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria (1995, São Paulo). Anais. São Paulo, IPEF. Consultado 28 jul. 2006. Disponible en
- http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_serraria/cap02.pdf
28. URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL. 2005. Boletín estadístico. Montevideo. 52 p.

9. ANEXOS

ANEXO 1: CALCULO DE SEVERIDAD DE PODA (SP%)

$$Sp\% = \frac{\text{longitud de fuste podada}}{\text{longitud de copa viva}} * 100$$

- En 2001:

Longitud de copa viva = Altura total para todos los tratamientos

Nivel de poda 1: $Sp\% = 3m/Ht * 100$

Niveles de poda 2, 3 y 4: $Sp\% = (Ht - \text{longitud de copa remanente}) / Ht * 100$

Tratamientos 10, 11 y 12 longitud de copa remanente = 3m

Tratamientos 13, 14 y 15 longitud de copa remanente = 4m

Tratamientos 16, 17 y 18 longitud de copa remanente = 5m

- En 2002:

Nivel de poda 1: $Sp\% = 3m + 3m/Ht * 100$

Niveles de poda 2, 3 y 4: $Sp\% = [Ht - (\text{long. fuste podado 2001} + \text{long. copa remanente})/Ht] * 100$

- En 2003:

Nivel de poda 1: $Sp\% = 3m + 3m + 3m / Ht * 100$

Niveles de poda 2, 3 y 4: $Sp\% = [Ht - (\text{long. fuste podado 2001} + \text{long. fuste podado 2002} + \text{long. copa remanente})/Ht] * 100$

Cuadro 1. Altura total, longitud de copa retirada y porcentaje de copa verde retirada en cada tratamiento

Tratamiento	Nivel de poda	altura total			long copa retirada			% copa verde retirada		
		2001	2002	2003	2002e	2002o	2003	2002e	2002o	2003
1	0	7.4	10.8	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0	7.7	10.7	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0	7.6	11.4	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0	8.0	11.6	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0	7.7	11.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1	7.9	10.8	15.2	3.0	3.0	3.0	38.2	38.7	32.7
7	1	7.8	10.8	15.4	3.0	3.0	3.0	38.3	38.5	31.9
8	1	7.8	11.5	15.6	3.0	3.0	3.0	38.4	35.2	31.2
9	1	7.5	11.2	15.4	3.0	3.0	3.0	40.0	36.6	32.0
10	2	7.9	10.3	14.5	4.9		8.5	62.0		58.5
11	2	7.8	9.9	13.4	4.8		7.4	61.5		55.1
12	2	7.8	11.0	14.9	4.8		8.9	61.5		59.8
13	3	7.7	10.7	14.4	3.7	3.7	4.4	47.8	34.6	30.6
14	3	7.7	11.1	15.1	3.7	4.1	5.1	48.2	36.9	33.7
15	3	7.8	11.0	15.7	3.8	4.0	5.7	48.5	36.6	36.4
16	4	7.8	11.1	15.0	2.8	2.1	2.0	35.7	19.1	13.6
17	4	8.0	11.2	15.1	3.0	2.2	2.1	37.2	19.7	14.1
18	4	8.6	12.1	16.0	3.6	3.1	3.0	41.9	25.7	18.6

ANEXO 2: ANÁLISIS DESCRIPTIVO, VALORES PROMEDIO DE LAS VARIABLES

Cuadro 2: DAP promedio bloque 1

Tratamiento	2002o	2003	2004	2005	2006
1	11,42	14,18	14,10	14,90	14,78
2	12,92	17,98	18,75	20,55	20,74
3	11,28	14,98	16,39	17,08	19,53
4	12,48	16,93	17,52	18,30	21,10
5	11,36	15,42	15,81	16,38	17,26
6	12,65	15,13	16,17	17,46	18,71
7	11,50	15,49	16,44	14,56	15,69
8	11,77	15,88	16,63	18,19	18,51
9	11,80	14,36	14,91	14,19	15,60
10	11,82	15,01	17,50	17,08	19,47
11	11,15	13,89	17,43	18,70	19,50
12	11,48	13,30	14,64	15,82	16,23
13	12,66	15,48	16,58	17,78	19,95
14	12,63	16,45	17,06	18,42	21,12
15	11,19	14,14	14,93	14,99	16,05
16	12,56	15,12	15,17	14,80	15,65
17	11,57	15,06	16,05	17,05	18,46
18	11,38	14,02	14,72	15,03	15,96

Cuadro 3: DAP promedio bloque 2

Tratamiento	2002o	2003	2004	2005	2006
1	11,41	13,37	13,98	14,48	15,25
2	12,68	16,08	17,20	18,36	19,82
3	12,14	16,35	17,16	18,31	20,43
4	11,84	14,17	14,85	16,06	18,49
5	12,03	13,81	13,86	14,42	15,42
6	12,65	15,99	17,25	18,42	19,78
7	11,98	16,24	17,39	18,68	20,67
8	12,21	14,14	14,93	16,31	18,49
9	11,26	14,00	14,74	14,93	16,46
10	12,34	15,92	18,06	19,85	22,16
11	10,98	13,51	15,17	16,39	18,57
12	11,87	13,86	15,75	17,04	19,46
13	11,49	15,49	16,93	18,69	21,25
14	11,85	15,18	16,16	17,46	18,98
15	12,19	15,05	15,82	16,54	18,28
16	13,19	16,01	17,00	17,40	18,44
17	12,17	15,92	17,14	18,76	20,75
18	11,78	15,34	16,06	16,38	18,45

Cuadro 4: DAP promedio bloque 3

Tratamiento	2002o	2003	2004	2005	2006
1	11,64	14,71	15,54	13,443	14,86
2	13,35	18,90	19,83	21,09	23,21
3	12,70	17,35	18,16	19,34	20,97
4	12,09	15,11	15,94	17,15	19,75
5	11,65	14,31	15,25	14,50	15,72
6	13,18	18,04	19,06	18,29	20,48
7	12,22	15,54	16,48	17,41	19,16
8	11,94	15,10	16,06	17,34	19,89
9	11,95	15,25	15,35	16,20	17,43
10	11,64	15,11	18,13	19,57	22,19
11	9,90	11,32	14,71	16,09	17,80
12	11,67	13,00	16,40	17,94	20,58
13	12,70	16,10	17,18	18,70	20,64
14	12,90	16,92	18,12	19,31	20,79

15	11,47	14,82	15,72	16,80	18,90
16	13,08	16,35	17,50	19,36	20,19
17	12,93	16,66	17,59	18,65	20,68
18	11,69	14,45	15,36	14,72	15,14

Cuadro 5: *Ht* promedio bloque 1

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	7,14	9,75	14,23	14,11	15,13	16,28
2	7,46	10,60	12,72	13,02	17,11	20,69
3	7,30	11,54	14,34	15,56	16,51	19,73
4	7,65	11,80	17,26	18,49	19,60	23,89
5	7,56	11,18	17,52	18,71	19,06	21,35
6	7,50	10,31	13,10	14,15	16,20	19,02
7	7,56	10,76	14,90	16,94	17,69	20,82
8	7,66	11,44	16,16	19,14	19,48	21,53
9	7,28	11,52	14,93	17,05	16,33	18,70
10	7,51	9,87	13,72	16,51	16,63	20,18
11	7,60	10,74	14,89	16,90	17,81	23,62
12	7,60	10,77	14,91	16,85	17,76	18,88
13	7,42	10,55	14,91	17,05	18,42	22,65
14	7,59	11,00	14,77	17,70	19,74	24,02
15	7,07	10,49	14,87	17,75	17,61	19,79
16	7,29	10,92	12,68	14,69	14,52	15,80
17	7,47		13,81	16,88	17,76	20,72
18	10,20	14,58	15,24	15,55	16,19	19,68

Cuadro 6: *Ht* promedio bloque 2

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	7,10	11,21	14,25	15,93	16,72	19,68
2	7,49	9,94	13,46	15,41	16,92	19,96
3	7,52	10,98	15,88	17,41	19,17	22,13
4	8,00	11,10	14,49	15,43	16,23	19,57
5	7,59	10,52	13,86	14,78	15,38	18,46
6	7,45	10,02	14,58	17,16	18,99	22,19
7	7,86	10,39	15,89	18,23	19,44	24,00
8	7,91	11,57	14,64	16,27	17,25	20,78
9	7,39	10,75	15,13	17,58	17,69	20,83
10	8,09	10,43	14,66	17,68	17,71	22,83
11	7,65	9,71	13,82	15,00	16,97	21,32

12	7,98	11,28	14,65	17,45	17,96	21,53
13	7,66	10,14	15,03	17,34	18,72	22,24
14	7,42	11,23	15,32	18,55	19,13	22,02
15	8,18	11,16	15,55	16,88	17,47	21,56
16	8,00	11,52	16,40	16,99	17,96	19,86
17	8,00	11,52	16,40	16,99	17,96	19,86
18	7,61	10,49	16,45	17,91	18,19	22,55

Cuadro 7: *Ht* promedio bloque 3

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	7,91	11,30	15,81	16,83	14,56	16,09
2	8,22	11,54	17,29	18,96	20,47	24,15
3	7,94	11,68	17,66	19,18	20,18	23,56
4	8,26	11,80	15,25	17,51	18,57	22,79
5	7,92	11,16	15,80	17,29	16,25	20,09
6	8,60	11,94	17,84	19,28	19,33	22,10
7	8,08	11,21	15,40	17,54	18,14	22,06
8	7,86	11,57	16,03	17,86	19,19	22,71
9	7,81	11,32	16,09	17,17	17,76	19,93
10	8,07	10,55	15,05	18,59	20,29	24,43
11	8,12	9,20	11,42	15,43	16,26	19,90
12	7,80	10,88	15,26	17,12	17,90	21,38
13	7,90	11,43	13,30	18,16	18,70	22,98
14	8,14	11,03	15,20	18,11	19,23	23,17
15	8,05	11,46	16,75	18,95	19,54	23,19
16	8,04	10,95	16,03	18,73	19,62	24,18
17	8,40	11,45	15,18	17,69	19,10	21,62
18	8,03	11,28	16,21	18,49	19,76	22,78

Cuadro 8: Porcentaje (%) de individuos muertos en el bloque 1

Tratamiento	2002	2003	2004	2005	2006
1	2,94	14,71	23,53	23,53	35,29
2	0,00	0,00	5,56	5,56	16,67
3	0,00	11,11	11,11	18,52	18,52
4	0,00	0,00	0,00	4,76	4,76
5	0,00	0,00	2,56	5,13	10,26
6	4,55	18,18	18,18	18,18	22,73
7	0,00	0,00	0,00	18,52	25,93
8	0,00	0,00	0,00	0,00	11,11
9	0,00	6,67	6,67	20,00	22,22
10	0,00	0,00	0,00	6,67	6,38
11	4,35	4,35	4,35	4,35	8,70
12	0,00	7,14	17,86	17,86	25,00
13	0,00	9,09	9,09	9,09	9,09
14	0,00	0,00	3,85	3,85	3,85
15	0,00	5,26	5,26	13,16	18,42
16	0,00	10,53	15,79	26,32	31,58
17	3,45	6,90	6,90	6,90	10,34
18	2,38	9,52	9,52	14,29	19,05

Cuadro 9: Porcentaje (%) de individuos muertos en el bloque 2

Tratamiento	2002	2003	2004	2005	2006
1	0,00	13,51	13,51	16,22	21,62
2	5,26	15,79	15,79	15,79	21,05
3	0,00	4,35	4,35	4,35	4,35
4	7,14	21,43	21,43	21,43	21,43
5	0,00	17,95	20,51	23,08	28,21
6	0,00	5,26	5,26	5,26	10,53
7	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25
8	0,00	17,24	17,24	17,24	17,24
9	0,00	6,67	6,67	11,11	11,11
10	5,00	5,00	10,00	10,00	10,00
11	4,17	8,33	16,67	16,67	16,67
12	0,00	7,41	11,11	11,11	11,11
13	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88
14	0,00	3,57	3,57	3,57	7,14
15	3,03	9,09	12,12	15,15	15,15

16	0,00	10,00	10,00	15,00	20,00
17	0,00	7,41	7,41	7,41	7,41
18	2,86	2,86	2,86	8,57	8,57

Cuadro 10: Porcentaje (%) de individuos muertos en el bloque 3

Tratamiento	2002	2003	2004	2005	2006
1	0,00	8,82	8,82	29,41	29,41
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	10,53	10,53	10,53	10,53
5	0,00	9,09	9,09	18,18	18,18
6	0,00	0,00	0,00	9,09	9,09
7	3,33	10,00	10,00	13,33	13,33
8	0,00	7,41	7,41	7,41	7,41
9	0,00	3,23	9,68	12,90	16,13
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	19,05	19,05	19,05	19,05	19,05
12	0,00	0,00	8,33	8,33	8,33
13	0,00	4,76	4,76	4,76	4,76
14	0,00	0,00	0,00	3,57	7,14
15	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
16	5,00	10,00	10,00	10,00	15,00
17	0,00	3,23	3,23	3,23	3,23
18	0,00	5,41	5,41	18,92	27,03

Cuadro 11: Factor de espaciamiento (%) bloque 1

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	39,31	25,66	17,48	17,21	15,80	13,84
2	37,48	25,98	17,23	18,29	15,46	13,31
3	41,92	26,89	19,81	19,08	17,72	14,13
4	47,92	31,46	20,67	19,80	18,32	14,99
5	33,87	23,22	14,31	14,39	13,97	11,89
6	47,90	33,46	24,93	22,59	20,16	16,70
7	44,94	30,40	20,32	18,02	18,37	14,87
8	51,3	33,5	22,8	20,2	19,8	16,8
9	32,50	19,88	15,53	14,19	13,53	11,47
10	47,11	23,92	24,51	20,21	20,03	16,47

11	45,20	33,97	22,56	19,18	18,48	13,96
12	39,93	27,91	19,49	17,80	16,54	14,29
13	46,41	32,06	21,96	20,31	18,98	15,33
14	42,16	28,56	20,32	17,62	15,97	12,57
15	36,91	24,15	16,71	15,09	14,45	11,54
16	51,42	33,47	28,66	23,97	23,30	20,42
17	41,1	#¡DIV/0!	20,1	17,7	16,5	13,8
18	32,75	23,11	15,02	14,53	13,55	11,56

Cuadro 12: Factor de espaciamiento (%) bloque 2

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	35,81	22,50	16,66	15,51	14,86	12,00
2	51,72	36,36	26,29	23,08	21,03	17,20
3	44,58	30,68	21,31	19,67	18,18	15,50
4	37,94	26,39	16,36	18,12	17,45	14,33
5	32,32	21,68	14,08	15,72	14,99	12,70
6	51,48	36,41	24,47	21,20	19,18	15,95
7	37,14	27,58	18,30	15,96	14,81	11,82
8	37,80	25,46	19,26	17,49	16,28	13,35
9	32,21	21,22	15,18	13,89	13,66	10,90
10	45,65	32,88	24,88	21,16	20,00	15,66
11	44,29	32,44	22,68	20,67	18,72	15,06
12	40,14	27,47	21,28	17,78	17,43	14,25
13	52,69	37,61	25,41	22,54	21,00	17,47
14	41,50	26,41	19,64	16,88	16,32	13,43
15	34,52	23,69	16,10	16,12	15,14	12,62
16	44,64	32,05	21,28	21,30	19,65	17,01
17	40,00	26,19	14,07	14,42	15,64	12,68
18	34,33	23,47	15,63	14,81	14,05	11,45

Cuadro 13: Factor de espaciamiento (%) bloque 3

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	33,9	24,0	16,4	16,6	16,7	15,1
2	50,7	36,3	24,6	21,9	20,2	17,2
3	42,1	28,5	19,2	18,0	17,0	14,1
4	44,7	31,4	23,7	20,4	20,0	15,6
5	36,2	24,4	16,6	16,3	16,1	12,5
6	42,1	29,1	18,8	19,3	17,9	15,3
7	36,8	25,5	18,6	16,1	15,6	12,9
8	39,7	27,3	18,8	17,7	16,4	13,8
9	37,2	25,0	17,7	16,4	15,7	13,6
10	52,6	37,6	27,3	22,7	20,9	16,6
11	45,2	35,2	29,4	21,5	20,7	16,3
12	43,0	29,3	25,1	18,7	18,2	14,8
13	44,6	32,3	23,6	20,0	19,1	15,4
14	38,6	26,9	18,3	17,0	15,8	12,9
15	32,1	22,2	15,2	13,6	13,0	10,1
16	45,4	32,1	23,9	20,2	18,9	15,9
17	36,6	25,5	17,9	15,5	14,7	12,6
18	33,4	23,0	16,9	14,7	15,1	13,2

Cuadro 14: Coeficiente de espaciamiento (%) bloque 1

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	34,14	23,21	17,80	17,61	16,51	15,62
2	46,54	30,75	22,13	21,26	19,76	18,25
3	36,51	23,31	17,66	16,65	16,26	14,37
4	42,74	28,62	20,43	19,38	17,99	15,21
5	31,19	21,35	14,90	17,97	13,67	12,64
6	43,03	27,92	21,22	19,53	17,99	16,27
7	40,89	25,85	18,26	17,01	17,35	15,74
8	46,80	32,25	22,81	21,60	19,51	17,99
9	27,49	18,77	14,89	14,14	14,21	12,29
10	41,08	28,06	21,46	19,65	19,80	17,06
11	42,56	29,51	22,82	19,94	18,65	16,11
12	38,04	23,51	20,68	17,74	16,26	14,74
13	43,03	26,99	21,02	19,60	18,17	15,88
14	35,45	23,79	17,79	16,92	15,64	13,24
15	31,27	20,29	15,55	14,52	13,99	12,27

16	48,74	28,89	23,31	22,57	21,97	19,91
17	37,48	24,92	18,35	17,10	15,96	14,17
18	29,35	20,52	15,47	14,53	13,79	12,18

Cuadro 15: Coeficiente de espaciamiento (%) bloque 2

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	33,09	22,16	17,06	16,20	15,43	14,03
2	43,30	28,59	20,74	19,18	17,79	15,94
3	40,24	27,47	19,75	18,55	17,12	15,22
4	33,41	23,71	18,62	17,85	16,53	14,05
5	29,16	19,77	15,39	15,52	14,44	13,54
6	45,42	28,45	21,36	19,75	18,46	16,58
7	32,77	21,89	15,85	14,59	13,41	11,73
8	32,94	21,62	17,14	15,98	14,72	12,89
9	26,39	16,48	13,51	13,06	12,16	10,80
10	41,98	28,99	18,52	19,58	17,75	15,08
11	42,74	29,59	17,21	20,06	18,38	15,37
12	37,00	25,71	17,81	18,18	16,89	14,74
13	48,02	33,77	24,52	22,34	20,37	18,04
14	36,23	24,26	18,26	17,51	16,08	14,10
15	23,53	18,78	15,65	15,58	13,79	12,95
16	42,42	27,82	21,73	20,37	19,24	17,32
17	37,19	24,41	18,26	16,78	15,17	13,36
18	30,32	21,74	15,67	14,77	14,08	12,79

Cuadro 16: Coeficiente de espaciamiento (%) bloque 3

Tratamiento	2002e	2002o	2003	2004	2005	2006
1	31,00	21,38	16,31	16,38	17,09	15,37
2	47,81	30,63	21,10	20,21	19,16	16,95
3	38,63	25,75	18,07	17,23	16,09	14,70
4	42,76	30,37	22,68	21,46	20,56	17,14
5	32,60	22,75	17,41	17,25	17,03	15,20
6	37,60	27,04	18,82	18,65	17,91	15,50
7	36,25	23,80	17,41	16,24	15,19	13,44
8	37,73	25,38	18,56	17,46	15,90	13,92
9	33,21	22,90	17,21	17,05	15,61	13,94
10	51,17	34,28	26,14	21,81	20,25	17,81
11	42,28	31,64	26,60	20,91	19,07	17,28
12	40,86	28,14	24,02	19,06	17,35	14,94

13	44,27	29,07	21,76	20,04	18,38	16,60
14	36,52	23,68	17,45	16,45	14,92	13,52
15	30,75	20,81	15,22	14,13	13,13	11,42
16	40,42	27,37	21,82	19,94	17,82	16,35
17	34,53	22,58	17,27	16,50	15,16	13,24
18	31,60	21,22	16,25	15,14	14,79	14,03

**ANEXO 3: ANÁLISIS DE REGRESIÓN: COEFICIENTE DE ESPACIAMIENTO
- % MUERTES**

Cuadro 17: Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,410
Coeficiente de determinación R ²	0,168
R ² ajustado	0,116
Error típico	6,835
Observaciones	18

Cuadro 18: Análisis de la varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor crítico de F
Regresión	1	151,0347	151,0347	3,2330	0,0911
Residuos	16	747,4653	46,7166		
Total	17	898,5000			

Cuadro 19: Coeficientes de la regresión

	Coeficientes	Error típico	Valor- t	Prob.	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	38,018	14,467	2,628	0,018	7,349	68,687
FE	-1,716	0,954	-1,798	0,091	-3,739	0,307

ANEXO 4: ANÁLISIS DE REGRESIÓN: FACTOR DE ESPACIAMIENTO - % MUERTES

Cuadro 20: Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,117
Coeficiente de determinación R ²	0,0137
R ² ajustado	-0,0478
Error típico	1,787
Observaciones	18

Cuadro 21: Análisis de la varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor crítico F
Regresión	1	0,714	0,714	0,224	0,643
Residuos	16	51,098	3,194		
Total	17	51,813			

Cuadro 22: Coeficientes de la regresión

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Prob.	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	14,737	1,058	13,928	0,000	12,494	16,980
% Muertes	-0,034	0,071	-0,473	0,643	-0,185	0,117

Anexo 5: Cuadros de Análisis de la varianza sin diferencia entre tratamientos

Cuadro 23: Análisis de la varianza *Ht* 2002

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	5,03	19	0,26		< 0,0001
Bloque	3,84	2	1,92	4,79	< 0,0001
Tratamientos	1,19	17	0,07	34,76	0,2722
Error	1,88	34	0,06	1,26	
Total	6,9	53			

Cuadro 24: Análisis de la varianza *Ht* 2004

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	9,90	19	0,52	2,28	0,0174
Bloque	2,48	2	1,24	5,44	0,0089
Tratamientos	7,41	17	0,44	1,91	0,528
Error	7,75	34	0,23		
Total	17,65	53			

Cuadro 25: Análisis de la varianza *Ht* 2005

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	3,27	19	0,17	0,61	0,8705
Bloque	0,57	2	0,29	1,01	0,3735
Tratamientos	2,70	17	0,16	0,56	0,8944
Error	9,56	34	0,28		
Total	12,38	53			

Cuadro 26: Análisis de la varianza *Ht* 2006

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	10,44	19	0,55	0,82	0,6704
Bloque	1,99	2	1,00	1,49	0,240
Tratamientos	8,45	17	0,50	0,74	0,7402
Error	22,77	34	0,67		
Total	33,21	53			