

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**

**DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**EFFECTO DE INTERVENCIONES SILVICULTURALES  
SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCION DE  
FITOMASA DE *Acacia caven* EN MELIPILLA  
REGION METROPOLITANA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**

**RICARDO ANTONIO NAVARRO GUTIERREZ**

**PROFESOR GUIA: Ing. Agr. M. Sc. Sr. ALFREDO OLIVARES E.**

**SANTIAGO – CHILE**

**1995**

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

EFFECTO DE INTERVENCIONES SILVICULTURALES SOBRE  
EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCION DE FITOMASA  
DE Acacia caven EN MELIPILLA,  
REGION METROPOLITANA

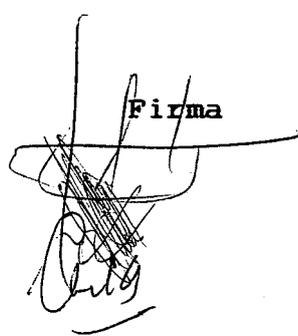
Memoria para optar al Titulo  
Profesional de Ingeniero Forestal



RICARDO ANTONIO NAVARRO GUTIERREZ

4374

Calificaciones:

	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Alfredo Olivares E.	6,8	
Prof. Consejero Sr. Manuel Ibarra M.	6,0	
Prof. Consejero Sr. Antonio Vita A.	6,5	

SANTIAGO - CHILE

1995

A mis padres

A mi esposa e hija

A mis tíos, Eliana y Roberto (QEPD)

A mi hermana Angelina

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer muy sinceramente:

Al Instituto Forestal, por la oportunidad para realizar la Memoria.

Al Sr. Federico Willouhby, propietario del predio donde se encuentra el ensayo, por su interés en el estudio y las facilidades brindadas para la toma de datos en terreno.

Al Ing. For. Sr. Johannes Wrann, por la iniciativa, interés y preocupación en la realización del estudio.

A mi Profesor Guía Sr. Alfredo Olivares, por su orientación clara y precisa, su constante apoyo y estímulo y su excelente disposición a responder y discutir consultas.

A mis Profesores Consejeros señores Manuel Ibarra y Antonio Vita, por su respaldo, opiniones y sugerencias.

A los profesores señores Sergio Mora y Alberto Mancilla, por las claras y oportunas orientaciones estadísticas.

Al Ing. For. Sr. Andrés Meza, por sus consejos y estímulo y su gran ayuda en el procesamiento de la información.

Al Sr. Rogers Carrasco, por su excelente voluntad y apoyo en la recopilación de antecedentes.

A mi esposa, por su apoyo, paciencia y sacrificio.

A mis padres y hermanos, especialmente a Angelina, José y Gladys.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
SUMMARY	
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	3
2.1 Antecedentes generales de <u>Acacia caven</u> .....	3
a) Ubicación taxonómica .....	3
b) Distribución geográfica .....	3
c) Habitat .....	3
d) Antecedentes botánicos y dasométricos .....	4
e) Usos de la especie .....	5
2.2 Antecedentes generales de los espinales de <u>Acacia</u> <u>caven</u> .....	6
a) Clasificación de la vegetación .....	6
b) Caracterización estructural .....	7
c) Dinámica .....	7
d) Silvicultura .....	8
e) Antecedentes fitosanitarios .....	12
3. MATERIAL Y METODO .....	13
3.1 MATERIAL .....	13
3.1.1 Antecedentes generales del área de estudio .....	13
a) Ubicación .....	13
b) Clima .....	15
c) Hidrografía, topografía y suelos .....	15
d) Vegetación .....	16
3.1.2 Antecedentes del ensayo .....	17
a) Establecimiento y descripción del ensayo .....	17
b) Diseño experimental .....	17
c) Mediciones en las unidades experimentales .....	17
d) Descripción de los tratamientos .....	18
e) Situación actual del ensayo .....	20
3.2 METODO .....	21
3.2.1 Recopilación de información y descripción de variables .....	21

3.2.2	Cuantificación de parámetros .....	24
a)	Area de copa total .....	24
b)	Cobertura de copa total .....	25
c)	Mortalidad .....	26
d)	Altura .....	27
e)	Area basal .....	27
f)	Diámetro medio cuadrático basal .....	28
g)	Distribución diamétrica de la población .....	29
h)	Producción neta de fitomasa aérea .....	29
i)	Productividad de fitomasa aérea .....	30
3.2.3	Análisis comparativo de los tratamientos .....	31
3.2.4	Procesamiento y análisis de la información .....	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	33
4.1	Variación del número de individuos y mortalidad ..	33
4.2	Variación de la cobertura de copa total .....	35
4.3	Variación del área de copa total .....	37
4.4	Variación del diámetro de copa .....	40
4.5	Variación del área basal .....	42
4.6	Variación del diámetro medio cuadrático basal ....	45
4.7	Variación alturas total y de máximo follaje .....	49
4.8	Producción y productividad de fitomasa aérea total y comercial .....	52
5.	CONCLUSIONES .....	65
6.	BIBLIOGRAFIA .....	67
7.	APENDICES .....	74
8.	ANEXOS .....	85

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Producción de leña en Acacia caven .....	12
Cuadro 2. Distribución de tratamientos en la unidades experimentales .....	19
Cuadro 3. Densidad individuos remanentes y retoñación según especie y año de medición .....	34
Cuadro 4. Mortalidad estimada y observada .....	35
Cuadro 5. Valores totales y variación de la cobertura de copa total en individuos remanentes y retoñación .....	36
Cuadro 6. Valores totales y crecimiento del área de copa total en espino .....	37
Cuadro 7. Disminución del área de copa total debido a la mortalidad .....	39
Cuadro 8. Valores medios y crecimiento en diámetro promedio de copa en espino .....	40
Cuadro 9. Valores totales de área basal según año de medición y estrato.....	42
Cuadro 10. Variación del área basal .....	43
Cuadro 11. Crecimiento neto en área basal .....	45
Cuadro 12. Valores medios y crecimiento del diámetro medio cuadrático basal .....	46
Cuadro 13. Valores medios y crecimiento en altura total .....	49
Cuadro 14. Valores medios y crecimiento en altura de máximo follaje .....	50
Cuadro 15. Producción y productividad por superficie de fitomasa total .....	53
Cuadro 16. Producción y productividad por superficie de fitomasa comercial .....	55
Cuadro 17. Producción y productividad individual de fitomasa total .....	61
Cuadro 18. Producción y productividad individual de fitomasa comercial .....	61

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Croquis de ubicación de área de estudio ....	14
Figura 2. Esquema de las variables dasométricas .....	23
Figura 3. Variación del área de copa total .....	39
Figura 4. Distribución diamétrica de la población (año 1987) .....	48
Figura 5. Distribución diamétrica de la población (año 1993) .....	48
Figura 6. Relación fitomasa comercial/fitomasa total según año de medición y estrato .....	56
Figura 7. Relación entre crecimiento en área de copa total y productividad de fitomasa total ....	58
Figura 8. Relación entre crecimiento en área basal neta y productividad de fitomasa total .....	59
Figura 9. Relación entre crecimiento en diámetro de copa y productividad por individuo de fitomasa total .....	63
Figura 10. Relación entre crecimiento en diámetro basal y productividad por individuo de fitomasa total .....	63
Figura 11. Relación entre crecimiento en altura media y productividad por individuo de fitomasa total .....	64

## INDICE DE APENDICES

	Pág.
APENDICE 1. Densidad individuos remanentes y retoñación según especie, estrato y año de medición .....	75
APENDICE 2. Listado y densidad de otras especies arbóreas y arbustivas presentes en el ensayo .....	76
APENDICE 3. Mortalidad .....	77
APENDICE 4. Cobertura de copa total de individuos remanentes y retoñación según especie, estrato y año de medición .....	78
APENDICE 5. Diámetro promedio y área de copa total en espino según año de medición y estrato ...	79
APENDICE 6. Diámetro medio cuadrático basal y área basal en espino según año de medición y estrato .....	80
APENDICE 7. Alturas total y de máximo follaje en espino según año de medición y estrato ...	81
APENDICE 8. Producción neta por superficie de fitomasa en espino según año de medición y estrato	82
APENDICE 9. Número de individuos remanentes y retoños en los cuales se estimó la fitomasa aérea	83
APENDICE 10. Producción neta individual de fitomasa en espino según año de medición y estrato ...	84

## RESUMEN

Se estudió el crecimiento y la producción de fitomasa aérea en el espinal de Acacia caven (Mol.) Mol., sometido a intervenciones silviculturales, en un ensayo permanente establecido en el año 1986 por el Instituto Forestal en el predio "Las Palmas de Santa Rosa", el cual está ubicado a 30 km al sur de Melipilla, Región Metropolitana.

Se consideró como criterio de intervención la densidad de cobertura de copa, teniendo presente la distribución horizontal homogénea y el mayor valor relativo de los individuos remanentes.

En el año 1987 se aplicaron las siguientes intervenciones silviculturales: corta total (0% cobertura de copa), corta parcial intensa (reducción de la cobertura de copa de 86% a 27%), corta parcial leve (reducción de la cobertura de copa de 92% a 47%) y testigo o sin intervención (95% de cobertura de copa inicial).

Luego de un período de 6,6 años se evaluó el efecto de las cortas en los estratos residual y retoñación a base de la magnitud de la variación de los siguientes parámetros: número de individuos, área y cobertura de copa total, diámetro de copa, área basal, diámetro medio cuadrático basal, altura total, altura de máximo follaje y producción neta de fitomasa aérea (total y comercial).

Mediante la aplicación de cortas parciales o raleos se logró regularizar la estructura del espinal y obtener respuestas favorables en crecimiento y productividad de fitomasa.

En el estrato de arbustos retoñados en el período de estudio se produjeron mayores tasas de crecimiento de los parámetros evaluados en la medida que aumentó la intensidad de corta o se

redujo la densidad de cobertura de copa del estrato remanente.

La retoñación producida en los tratamientos de cortas parciales no contribuyó significativamente al incremento de la producción total de fitomasa aérea.

En el estrato residual el raleo intenso produjo mayores tasas de crecimiento (en relación a los montos iniciales de los parámetros) en áreas de copa y basal, tanto a nivel superficial como individual. Estos valores se tradujeron en máximas tasas de incremento relativo de la producción por superficie de fitomasa total y comercial, en relación al resto de los tratamientos.

La respuesta de los árboles y arbustos remanentes al raleo leve se expresó en mayores crecimientos anuales periódicos en área de copa total y en diámetro basal.

En el estrato residual, el raleo leve generó los máximos montos de productividad, por superficie e individuo, de la fitomasa total (2347 kg/ha/año y 1,6 kg/ind/año, respectivamente) y de la comercial (1424 kg/ha/año y 1,1 kg/ind/año, respectivamente), en relación a los obtenidos en el resto de las intervenciones. En términos relativos, el crecimiento de la producción también fue superior a nivel individual.

En las parcelas sin intervención se verificaron los mayores valores de crecimiento anual periódico en área basal y en alturas total y de máximo follaje; en términos relativos, los crecimientos también fueron superiores en estos dos últimos parámetros.

## SUMMARY

The effect of different cut intensities on the growth and the phytomass production in the Acacia caven (Mol.) Mol. savanna ("espinal") was studied. The study was carried out in plots established in 1986 by Instituto Forestal at "Las Palmas de Santa Rosa" farm, located in Melipilla, Región Metropolitana.

The intervention criteria applied was the crown cover density, taking in account the homogeneous horizontal distribution and the relative greater growth of the remain individuals.

The following treatments were applied: clear cutting, heavy parcial cut (reduction of the cover crown density of 86 to 27%), light parcial cut (reduction of the cover crown density of 92 to 47%) and control (initial cover crown density of 95%).

Responses to interventions of the residual stratum and the sprout stratum, after period of 6,6 years, were evaluated based on magnitud of variations of the following parameters: number of individuals, total cover crown, total crown area, mean crown diameter, basal area, quadratic mean basal diameter, total height, foliage greatest heighth (height of the tree where maximum foliage occurs), and phytomass production (total and commercial).

Application of parcial cut or thinning produced the regularization of the "espinal" structure with favourable results in growth and phytomass production.

In the shrub stratum regenerated in the study period were produced higher rates of increments in phytomass production and the rest of parameters while it was intervened with higher intensity or it was reduced the cover crown density of the residual stratum.

The vegetative regeneration produced in the partial cut treatments weren't contributed significantly to increment of the total production of phytomass.

Effect of heavy thinning in the residual stratum was expressed in higher rates of increment (in relation to initial amounts of the parameters) in crown area and basal area, for surface and individual. Those magnitudes were translated in greatest rates of relative increment of the phytomass production for surface (total and commercial).

The response of remains individuals to the light thinning was manifested in higher values of periodic annual increment in total crown area and basal diameter. Also through this intervention were generated higher amounts of productivity, for surface and individual, of the total phytomass (2347 kg/ha/year and 1,6 kg/ind/year respectively), and the commercial phytomass (1424 kg/ha/year and 1,1 kg/ind/year respectively). In relative terms increment of the phytomass production was also higher for individual.

In the control treatment were produced the higher values of absolute increment in basal area, total height and foliage greatest height, and in relative terms the increments values in those last parameters were also higher in relation to the rest of treatments.

## 1. INTRODUCCION

Los recursos forestales naturales de las zonas centro norte y central de Chile han sido sometidos a una intensa explotación, en la cual ha primado el criterio económico que buscà obtener retornos en el corto plazo, sin considerar la conservación del recurso. En este tipo de uso ha influido la escasa o nula información sobre el manejo silvícola de las formaciones vegetales, además de la ausencia de reglamentación legal adecuada y de un control forestal eficaz. Todo lo anterior, unido a las condiciones de aridez y semiaridez que afectan a estas regiones, ha incidido en la generación y/o agravamiento de problemas ambientales, económicos y sociales de las zonas rurales.

Entre las formaciones vegetales presentes en estos lugares, una de las más características e importantes socioeconómicamente es el espinal de Acacia caven, el cual cubre un extenso territorio, entre las Regiones IV y VIII, ocupando diversos ambientes, especialmente sectores considerados marginales.

No obstante el estado de alteración y degradación en que se halla esta formación, varios estudios avalan su potencialidad productiva, especialmente silvopastoral. Existe abundante información sobre producción pastoral, producción de fitomasa y otras áreas, la cual debe complementarse con antecedentes y experiencias silviculturales que permitan el establecimiento de sistemas de manejo silvopastoral.

Por tanto, se requiere estudiar y desarrollar estrategias de manejo silvícola para el espinal, que permitan mejorar los rendimientos y tender a una productividad alta y sostenida. Con ello se lograría la conservación del recurso y al mismo tiempo se podría mejorar las condiciones de vida de la población rural que depende, en mayor o menor medida, de esta formación

vegetal.

El Instituto Forestal (INFOR), en el año 1986, inició un estudio sobre la productividad forestal y forrajera del espinal, sometido a intervenciones silviculturales. En la presente memoria se evaluó este estudio, y para ello se plantearon los siguientes objetivos:

Estudiar la relación entre intensidad de corta y el crecimiento en: altura, diámetro basal, área basal, diámetro de copa y área de copa en Acacia caven.

Evaluar el efecto de diferentes intensidades de corta sobre la producción y la productividad de fitomasa aérea del espinal.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Antecedentes generales de la especie

#### a) Ubicación taxonómica

Nombre común: "espino"

Nombre científico: Acacia caven (Mol.) Mol.

Género Acacia

Familia Mimosaceae

Orden Leguminosales

Subclase Dialipétalas

Clase Dicotiledóneas

Subdivisión Angiospermas

(Donoso, 1978; Serra, 1983)

#### b) Distribución geográfica

El espino es una especie nativa de sudamérica cálida, común en Chile, Argentina, Uruguay, Brasil y Paraguay (Navas, 1976; Serra, 1983).

En Chile se distribuye en la ladera oriental de la Cordillera de la Costa y a través de todo el Valle Central hasta la precordillera andina, desde la Provincia de Copiapó hasta la de Biobío. Al sur del río Laja se encuentran sólo algunos ejemplares aislados (Rodríguez et al, 1983).

#### c) Habitat

Esta especie se encuentra entre los 60 y 1200 msnm, adaptada a suelos más o menos pobres; se distribuye en un clima de

tendencia mediterránea, con un período largo y acentuado de sequía en la parte norte de su distribución, donde las precipitaciones no superan los 300 mm, comparadas con un total aproximado de 700 mm en la parte sur de ella (Quintanilla, 1977; Rodríguez et al, 1983).

Stoehr (1969), en un estudio realizado en la Región Metropolitana, determinó que es extraordinariamente resistente a condiciones de extrema aridez en el período inmediatamente posterior a la plantación.

Adquiere mayor desarrollo en aquellos lugares donde se presentan terrenos planos o de escasa pendiente, siendo en algunos casos ondulados y suelos de media a alta profundidad. En terrenos más o menos erosionados presenta un crecimiento lento y no alcanza gran tamaño (Donoso, 1978; Olivares, 1983; 1988).

#### **d) Antecedentes botánicos y dasométricos**

Es un árbol o arbusto cuya altura varía entre 2 y 6 m. Sus troncos tienen 1 a 2 m de altura, poseen corteza agrietada color pardo oscuro (Gastó y Contreras, 1972; Navas, 1976).

Su madera es muy dura y compacta, presenta el duramen de color rojo rodeado por la albura amarillenta. La densidad básica de la madera de duramen es de 0,83 g/cm<sup>3</sup> (Rodríguez et al, 1983; Gutiérrez et al, 1989).

El espinal se caracteriza por presentar densidades bajas, que fluctúan entre 100 y 300 árboles por hectárea (Donoso, 1981). Alvarado (1989), determinó que para un rodal de 16,5 años, ubicado en el "Parque Carén", Región Metropolitana, la tasa de crecimiento anual promedio de la altura es de 0,203 m.

#### e) Usos de la especie

El uso tradicional ha sido la obtención de leña y carbón, éste último de excelente calidad (Donoso, 1978; Rodríguez et al, 1983; Olivares, 1988).

Su madera se utiliza en trabajos de tornería, artesanía popular y en la confección de estacas para viñas (Rodríguez et al, 1983). Según Navas (1976), por su dureza, fue usada para vigas y herramientas de labranza; además la madera no se pudre estando enterrada, pero es fácilmente atacada por insectos en el exterior.

Olivares (1988), señala que si se logra obtener un fuste de buen crecimiento y desarrollo, podría estudiarse la factibilidad de fabricar chapas o palmetas para parquet o revestimientos interiores. Sin embargo, Gutiérrez et al (1989) afirman que, aunque la especie presenta muy buenas condiciones de trabajabilidad en torneado y excelentes resultados en taladrado, existen antecedentes que restringen, por el momento, la utilización del espino en aplicaciones industriales; ello debido a las dificultades y resultados negativos del secado de la madera.

Algunos autores plantean que es factible la extracción de esencia de sus flores y el uso de éstas en la apicultura. También señalan que la vaina del fruto se puede utilizar para producir taninos útiles para la curtiembre; y la semilla, la cual contiene un 45% de proteína, sirve de alimento para el ganado y posiblemente para alimentación de aves y cerdos (Olivares, 1988; CIDERE, 1989).

En relación al uso de la especie formando parte del espinal, existen varios estudios que respaldan su potencial productivo, especialmente ganadero. Al respecto, si el estrato arbóreo se

maneja con una densidad adecuada, de manera de constituir una sabana, se obtienen ventajas y beneficios, tales como:

\_ Fuente de alimento para los animales domésticos mediante el ramoneo. Durante el período estival y otoño, especialmente cuando se retrasan las lluvias, el espino puede constituir hasta un 20% de la dieta seleccionada del ganado ovino, a base de hojas y tallos verdes (Olivares, 1983; 1991).

\_ Protección para los animales contra las temperaturas extremas. Una adecuada cobertura arbórea sirve de protección contra el frío y el calor a corderos recién nacidos, aumentando el porcentaje de sobrevivencia; y durante el período estival, la sombra de los árboles permite reducir el consumo de agua y el gasto energético de los animales (Olivares, 1983).

\_ La presencia de la cobertura de espino genera cambios e interacciones microambientales favorables (aumento de la fertilidad del suelo, aumento de la humedad disponible para las plantas, temperaturas favorables, etc.), lo que incide en la composición botánica y en la producción del estrato herbáceo, tanto en cantidad como en calidad (Cornejo y Gándara, 1980; Olivares, 1983; Ovalle y Avendaño, 1984a; Ovalle, 1986; Castillo et al, 1988; Olivares et al, 1988; Olivares et al, 1989).

## 2.2 Antecedentes de los espinales de Acacia caven

### a) Clasificación de la vegetación

Donoso (1981), define esta formación como Subtipo Espinal dentro del Tipo Forestal Esclerófilo; por otro lado, Gajardo (1983), la clasifica en la región ecológica de los Matorrales y Bosques Esclerófilos, y la define como Subregión de los

Matorrales y Bosques Espinosos. Ambos autores concuerdan en que la delimitación del espinal corresponde, en gran medida, a la distribución de Acacia caven.

#### b) Caracterización estructural

El espinal está constituido por un estrato superior de microfanerófitas con alturas dominantes cercanas a los 3 m. A menudo es posible encontrar ejemplares de Quillaja saponaria, Lithraea caústica o Maytenus boaria; que ocupan un nivel más alto con muy baja densidad. Bajo el dosel dominante de espino se encuentra uno de nanofanerófitas de tamaño medio, que generalmente no es muy denso, en que son frecuentes Proustia cuneifolia y Solanum tomatillo. Finalmente, existe un estrato herbáceo conformado por terófitas anuales naturalizadas, el cual es de densidad y composición variable (Fuenzalida y Pisano, 1965; Gastó y Contreras, 1972; Gajardo, 1983).

#### c) Dinámica

Existen algunas hipótesis acerca de la sucesión vegetal de esta formación. Por una parte, se plantea la presencia del espinal como componente de la vegetación original, restringido a situaciones ambientales particulares, especialmente de suelos con altos contenidos de arcilla (tipo vertisoles) y rocosos, propios de los planos inclinados de coluvio de las zonas montañosas (Gajardo, 1983); y en terrenos planos y fondos de valles donde la concordancia con el modelo dinámico de bosque esclerófilo no es evidente (Rundel, s.f.; citado por Ovalle, 1986). Por otro parte, existirían dos estados climax: el bosque esclerófilo, constituido por Quillaja saponaria, Lithraea caústica, Maytenus boaria y otras especies; y los terrenos de los llanos centrales cubiertos por especies herbáceas

correspondientes a una pradera natural climax (Olivares y Gastó, 1971; Olivares, 1983).

La alteración del ambiente, provocada por la acción antrópica habría dado lugar a la degradación de las comunidades climax. La sucesión se iniciaría con la invasión de especies pioneras, capaces de tolerar condiciones xéricas, con alta producción y amplia dispersión de semillas y retoñación vigorosa, como es el caso del espino (Donoso, 1981; Armesto y Pickett, 1985; citados por Donoso, 1993).

De esta manera, por vías diferentes, sería posible el establecimiento del espinal, el cual representa hipotéticamente una retrogradación de formaciones más evolucionadas como el bosque esclerófilo o la pradera natural.

El desarrollo del espinal con la presencia de Acacia caven como especie dominante, en ausencia casi absoluta de otras especies esclerófilas, representa una etapa final del equilibrio natural inferior al climax climático, siendo por tanto, un subclimax (Olivares y Gastó, 1971).

#### d) Silvicultura

##### **Antecedentes silviculturales y silvopastorales**

De acuerdo al Reglamento del Decreto Ley NQ701 en el espinal son aplicables los siguientes tratamientos silviculturales: corta o explotación de protección y corta o explotación selectiva.

En rodales de muy baja densidad se puede emplear el método del árbol semillero o monte bajo con complemento artificial (Garrido, 1981).

En cuanto a la regeneración artificial, en un estudio realizado en Maipú, Región Metropolitana, se determinó que el método de forestación o reforestación por siembra directa en casillas presenta ventajas en cuanto a sobrevivencia y crecimiento en relación a otros métodos (raíz desnuda y plantación en maceta). Además, la siembra directa se recomienda en cualquier tipo de suelo, siempre que sea estable y no esté demasiado degradado (Stoehr, 1969).

En relación al manejo silvopastoral de esta formación vegetal, se han planteado dos posibilidades. Por una parte se sugiere manejar el espinal a base de una estructura de monte medio abierto, en la cual Acacia caven constituiría la reserva y el tallar; los ejemplares de la reserva producirían frutos y sombra para el ganado, además de influir favorablemente en el estrato herbáceo, y el tallar produciría leña o carbón (Vita, 1989). Por otra parte, como alternativa se recomienda la conversión de rodales de monte bajo, que tengan densidad suficiente, a estructura de monte alto regular (Garrido, 1981; Ovalle, 1986; Vita, 1989).

Cornejo y Gándara (1980), en un estudio efectuado en el secano interior de la VII Región (Pencahue, Talca), sugieren que para el manejo silvopastoral del espino la densidad más conveniente es de 250 arb/ha, lo cual implica una cobertura de copa de 30%.

### **Producción y productividad de fitomasa**

La producción primaria es la velocidad con la que la energía se almacena en forma de materia orgánica por la actividad fotosintética de los productores (plantas verdes) (Duvigneaud, 1981).

La velocidad o tasa de producción de biomasa se define como

productividad (Odum, 1986; Duvigneaud, 1981).

La productividad primaria bruta es la tasa fotosintética global, en la que se incluye la materia orgánica usada en la respiración durante un período determinado. La productividad primaria neta es la tasa de almacenamiento de la materia orgánica en los tejidos vegetales, como resultado de un exceso de producción con respecto al consumo respiratorio de las plantas durante un período determinado (Odum, 1986).

La productividad primaria neta o productividad neta puede obtenerse midiendo la biomasa en dos épocas sucesivas. La biomasa corresponde a la abundancia de órganos en el ecosistema en el momento de la observación; puede expresarse en número de individuos (densidad), en peso seco, en contenido energético (calorías), y otros; por unidad de superficie. La biomasa vegetal o fitomasa corresponde a la materia viva almacenada por los vegetales (Duvigneaud, 1981).

La mayoría de los estudios de fitomasa en espino se refieren a la determinación de tasas productivas de leña y carbón, a base de funciones matemáticas. Al respecto, en un estudio realizado en la V Región, se estimó la producción de fitomasa en la especie mediante el empleo de un modelo logarítmico y se determinó que las variables diámetro en la base, altura comercial y número de ramas comerciales son las más relacionadas con la producción de leña y carbón (Gajardo y Verdugo, 1979).

En otro estudio llevado a cabo en la Provincia de Choapa, IV Región, se determinó que los modelos alométricos linealizados son los que mejor explican el comportamiento de la variable peso, con respecto a los parámetros del árbol (diámetro de copa y diámetro basal) (Oyarzún y Palavicino, 1984).

Según otros autores, las variables independientes que mejor predicen el peso de fitomasa de la especie, son: altura total, altura de máximo follaje, diámetros mayor y menor de copa, diámetro basal y número de vástagos (Aguirre e Infante, 1988; INFOR, 1988; Prado et al, 1988).

Oyarzún y Palavicino (1984), midieron la fitomasa aérea en 18 ejemplares de espino y obtuvieron los siguientes valores medios porcentuales de repartición de este parámetro: troncos, 83,3%; ramas, 9,8% y ramillas, 6,9%. Además determinaron relaciones existentes entre diámetro basal y fitomasa acumulada en troncos, ramas y toda la parte aérea.

Aguirre e Infante (1988), afirman que las ramas con diámetro superior a 3 cm concentran el 56% del peso seco del árbol, lo que corrobora la aptitud de la especie para la producción de leña y carbón.

Alvarado (1989), realizó un estudio en el "Parque Carén", Región Metropolitana, en el cual investigó la relación entre el hábito de crecimiento del espino y la producción de leña y carbón. El autor concluyó que la altura total es independiente de los hábitos analizados y podría ser un buen indicador del sitio y desarrollo del espinal. Observó que el número total de ramas y el área basal máxima influyen significativamente en la producción de leña y carbón; y además determinó que existe una tendencia de incremento gradual de la productividad, desde individuos con un vástago a otros con más de seis.

Duchens (1985), recopiló información estimativa de producción de leña por superficie, obtenida por varios autores de estudios técnicos presentados ante la Corporación Nacional Forestal; los datos de producción corresponden a matorrales del sector costero de la Región Metropolitana y son los siguientes:

**Cuadro 1. Producción de leña en Acacia caven**

Edad (años)	Densidad (arb/ha)	Cobertura (%)	Producción (ton/ha)
-	100-200	-	2,8
5-25	180-280	35	17,6
20-50	200-400	50	36,0
20-100	450-750	80	60,0
-	800	-	12,7
-	960	-	12,7
20-100	1450	-	4,4

Fuente: Duchens (1985).

Trucco (1985), en un estudio silvopastoral realizado en la Provincia de Cauquenes, VII Región, al eliminar el 30% de cobertura de copa del dosel arbóreo del espinal, obtuvo 32,6 t/ha de leña, equivalente a 6,8 t/ha de carbón. La eliminación del 80% de cobertura de copa produjo 85,5 t/ha de leña, lo cual derivó en 17,9 t/ha de carbón.

La rotación del espino para producir leña y carbón, determinada principalmente a base de la experiencia de carboneros, es superior a 20 años (Gajardo y Verdugo, 1979; Alvarado, 1989).

#### **e) Antecedentes fitosanitarios**

En un estudio fitosanitario realizado en tres zonas: Reserva Nacional Río Clarillo, Reserva Forestal Río de los Cipreses y Reserva Forestal Lago Peñuelas, se determinó que los agentes de daño más importantes en Acacia caven son los siguientes: el hongo Uredinales ("roya"), el parásito vegetal Psittacanthus

sp. ("quintral") y el insecto Cachocephala sp. ("cuncuna"). Además, la prospección sanitaria en una muestra de 166 árboles reveló que el 45,8% de ellos presentó daño. Se observó la mayor frecuencia en la clase 1% - 10% de categorías de daño (Cogollor et al, 1988).

### 3. MATERIAL Y METODO

#### 3.1 MATERIAL

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

###### a) Ubicación

El ensayo se estableció en el predio "Las Palmas de Santa Rosa", el cual se ubica en la Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

El área de estudio se ubica geográficamente en las coordenadas 33° 90' Latitud Sur y 71° 24' Longitud Oeste, a una altitud de 200 msnm (Figura 1).

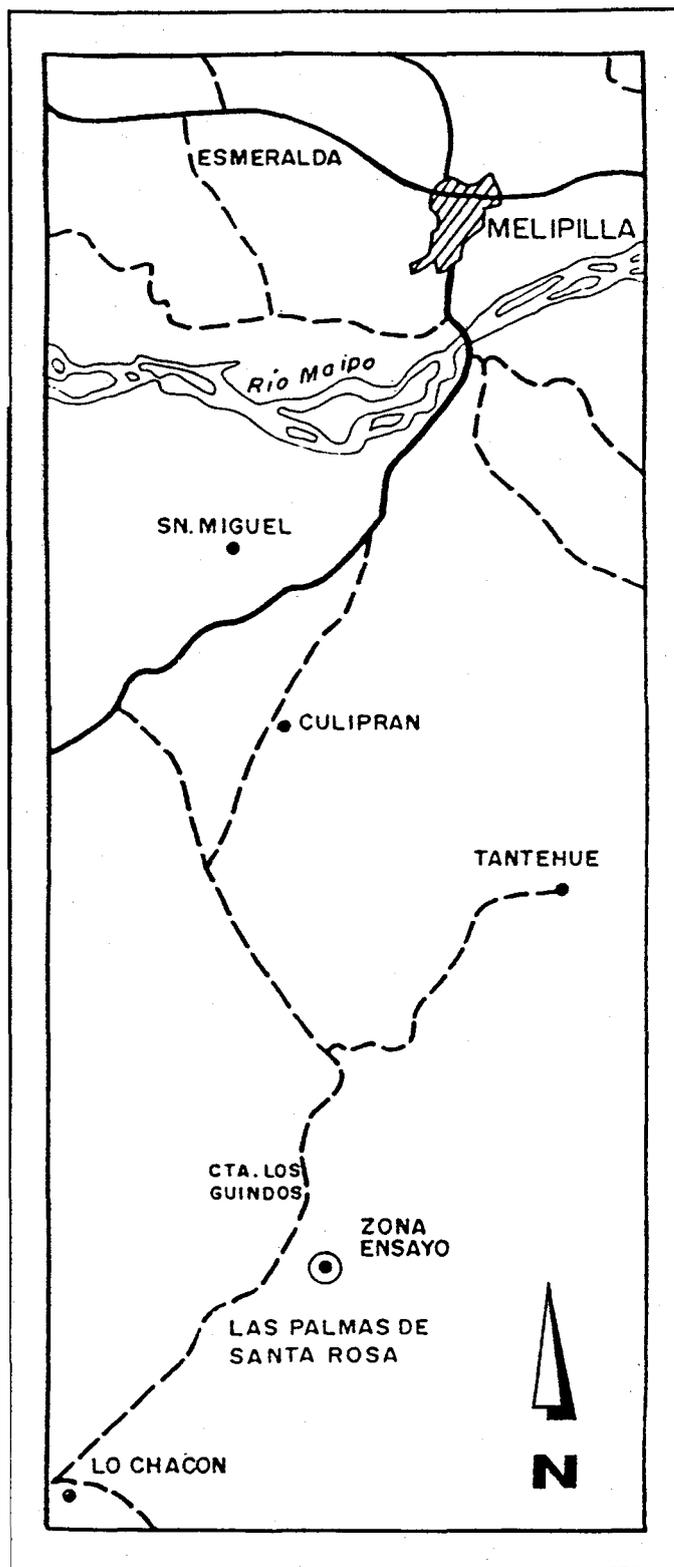


Figura 1. Croquis de ubicación del área de estudio  
 (Escala aprox. 1:193.000) Fuente: INFOR (1988)

## **b) Clima**

De acuerdo a la clasificación climática de Koeppen, el área de estudio está inserta en el clima templado - cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada (Csb1) (Fuenzalida, 1971).

Di Castri y Hajek (1976), clasifican la zona como mediterránea semiárida, con precipitaciones concentradas en el período frío del año y con sequía durante la estación más cálida o estival.

Santibañez (1990), clasifica localmente el sector como templado mesotermal superior estenotérmico mediterráneo semiárido. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en enero de 31,3 °C y una mínima en julio de 4,4 °C. El promedio de heladas es de 8 por año, mientras que el régimen hídrico registra precipitaciones medias anuales de 383 mm y un período seco de 8 meses.

## **c) Hidrografía, topografía y suelos**

Las principales hoyas hidrográficas de la zona son las siguientes: río Maipo, estero Alhué, estero Yali y río Angostura (Kuhne, 1983).

La topografía corresponde a un relieve ondulado, de cerros y lomajes que se presentan en forma aislada o constituyendo pequeños cordones y sus laderas inciden en suaves pendientes hacia el plano. Las altitudes predominantes no superan los 500 m y las exposiciones son variables (Martínez, 1984). La topografía del área de estudio corresponde a un terreno plano, ubicado en fondo de valle.

Los suelos del sector se ubican en la denominada zona del

Secano Interior, cuyo límite norte se encuentra al sur de Quillota y por el sur hasta el río Maule. Estos suelos están formados de materiales variables, pero existe una clara predominancia de los materiales granitoídeos (Peralta, 1976).

En el área de estudio se identifican dos series de suelos, Serie Estancilla (franco arenoso), y Serie Peumo de Lo Chacón (franco limoso), que en general se caracterizan por ser suelos de origen aluvial, graníticos, ligeramente profundos a profundos, bien drenados, con pendientes que varían entre 1% y 6% (Chile, 1983). El uso actual del terreno es silvopastoral, con énfasis ganadero.

(En Anexo 1 se presenta la caracterización del perfil de suelo).

#### d) Vegetación

La vegetación del área de estudio corresponde a una formación con estructura de monte bajo con algunos ejemplares arbóreos. Es un matorral alto, homogéneo, muy denso (89% cobertura copa promedio), con un estrato superior dominado casi exclusivamente por Acacia caven; el estrato inferior está constituido por pradera natural, en la cual están presentes especies de los géneros Vulpia spp., Bromus spp., y otras herbáceas mediterráneas.

Esta composición florística y caracterización estructural coincide con lo establecido por dos investigadores, quienes en sus estudios clasifican la vegetación del sector como matorrales espinosos de la cordillera de la costa (Gajardo, 1983), y espinal denso (Martínez, 1984).

### **3.1.2 Antecedentes del ensayo**

#### **a) Establecimiento y descripción del ensayo**

En el año 1986 el Instituto Forestal instaló un ensayo en el predio "Las Palmas de Santa Rosa", en un sector plano y más homogéneo del espinal (Ver Anexo 2). Al inicio del estudio, la formación presentaba densidades medias a altas; los ejemplares de espino se encontraban en buen estado, crecían como monte bajo, con presencia de algunos ejemplares arbóreos. La densidad promedio del espinal era de 3696 arb/ha, equivalente a una cobertura de copa promedio de 89%; la altura media de los individuos alcanzaba a 3.5 m.

#### **b) Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar. Se establecieron 3 bloques, constituidos por 4 parcelas distribuidas aleatoriamente dentro de cada uno de ellos, dando un total de 12 parcelas o unidades experimentales en el ensayo. Cada unidad experimental abarcó una superficie de 2500 m<sup>2</sup> y fue subdividida en 25 cuadrantes de 100 m<sup>2</sup> cada uno, con el fin de visualizar e identificar con mayor precisión la distribución de la vegetación y así aplicar adecuadamente los tratamientos.

#### **c) Mediciones realizadas en las unidades experimentales**

En el período estival 1986-1987 se realizó un censo de la vegetación arbórea y arbustiva, en el cual se registraron mediciones de las siguientes variables: especie, número de individuos, número de vástagos o fustes por individuo, porcentaje de traslape, altura total, altura de máximo follaje, diámetro de copa (máximo y mínimo) y diámetro basal. Además se

registró la ubicación espacial de todos los ejemplares, los cuales fueron debidamente identificados con una placa de aluminio.

La información obtenida en el censo permitió estimar la fitomasa aérea de Acacia caven mediante funciones matemáticas, desarrolladas por INFOR con material y antecedentes del presente ensayo.

#### d) Descripción de los Tratamientos

El Instituto Forestal elaboró un programa computacional, mediante el cual se simuló la corta de algunos árboles y arbustos, de acuerdo a ciertos criterios de intervención, para reducir en forma objetiva la cobertura de copas.

Los criterios de intervención empleados fueron de extraer en forma proporcional árboles y arbustos dentro de las clases de diámetro de copa en el espinal, sin producir grandes claros y dejando los ejemplares homogéneamente distribuidos en las parcelas, con el objetivo de permitir el desarrollo del estrato herbáceo y concentrar la producción silvícola en los individuos más valiosos.

Mediante el programa simulador se logró obtener el mejor esquema de corta para cada tratamiento; con los resultados que entregó el proceso de simulación se procedió en terreno con la ejecución de los tratamientos establecidos.

Los tratamientos se aplicaron entre los meses de febrero y marzo del año 1987, y fueron los siguientes:

**Tratamiento 1 (T1):** Corta total de la vegetación (reducción de la cobertura de copa total promedio de 83% a 0%).

**Tratamiento 2 (T2):** Raleo intenso (reducción de la cobertura de copa total promedio de 86% a 26%).

**Tratamiento 3 (T3):** Raleo leve (reducción de la cobertura de copa total promedio de 92% a 47%).

**Tratamiento 4 (T4):** Testigo sin intervención (95% cobertura copa promedio inicial).

En el siguiente cuadro se presenta la distribución resultante de la asignación aleatoria de los tratamientos a las parcelas:

**Cuadro 2. Distribución de tratamientos en las unidades experimentales**

Bloque	Nº Parcela			
	1	2	3	4
1	T2	T4	T3	T1
2	T4	T3	T2	T1
3	T4	T3	T2	T1

#### e) Situación actual del ensayo

Al momento de la evaluación, el ensayo se encontraba en perfectas condiciones; los bloques, parcelas e individuos se hallaban con su respectiva identificación. Según lo observado en terreno y la información obtenida del administrador del predio, en el área de estudio no se ha extraído material leñoso, sólo se ha permitido el ingreso de bovinos raza Hereford. La carga animal ha sido baja, el uso ganadero del espinal es permanente en verano y el resto del año se utiliza por un período de 30 días, haciéndose rotación de potreros cada 45 días.

La especie que domina casi exclusivamente en el ensayo es el espino; existen algunos ejemplares de quillay y maitén en escaso número, y el resto es vegetación herbácea. En las parcelas testigo (T4) los estratos superior y medio están conformados por árboles y arbustos, respectivamente. Durante la toma de datos se observó que la mayoría de los individuos de estas parcelas tenían las ramas inferiores muertas o casi muertas, estando aún adheridas a los fustes; además, en algunos cuadrantes (bloque 3, parcela testigo), se observó abundante regeneración de quillay (Quillaja saponaria).

En las parcelas de tratamientos de cortas parciales o raleos (T2 y T3) se distinguen dos estratos de individuos remanentes, uno arbóreo y el otro arbustivo, y un estrato de retoños nuevos (matas o arbustos que rebrotaron después de la aplicación de los tratamientos), que ocupan el mismo dosel que los arbustos remanentes.

Finalmente, en las parcelas en las cuales se aplicó el tratamiento de corta total (T1) el estrato dominante lo conforman los ejemplares arbustivos de espino que retoñaron recientemente.

## **3.2 METODO**

### **3.2.1 Recopilación de información y descripción de variables evaluadas**

En esta primera evaluación del estudio, realizada entre los meses de octubre y noviembre de 1993, y al igual que en el año 1987, a todos los individuos presentes en el ensayo se les midió los diámetros mayor y menor de copa para la estimación del área y cobertura de copa.

A los espinos que poseían un diámetro basal mínimo de 3 cm se les registró el valor de las variables que según la literatura describen el crecimiento arbóreo y arbustivo y permiten estimar con mayor exactitud relativa la producción de fitomasa aérea (Figura 2).

Las variables medidas fueron: especie, número de individuos, traslapo, número de fustes o vástagos, diámetros mayor y menor de copa, alturas total y de máximo follaje y diámetro basal.

A continuación se describen estas variables:

**Especie:** Se identificaron y registraron todas las especies arbóreas y arbustivas presentes en el ensayo.

**Número de individuos:** Se registró el total de los individuos presentes en cada una de las unidades experimentales.

**Traslapo (%):** Corresponde al valor en que traslapan las copas de los individuos arbóreos o arbustivos. Se determinó mediante observación visual.

**Número de vástagos:** Se registraron todos los vástagos o fustes por individuo con diámetro en la base mínimo de 3 cm.

**Diámetro mayor de copa (m):** Diámetro máximo de copa, medido en

forma horizontal; se tomó como punto central el tocón y se tuvo presente la orientación del viento predominante (suroeste) . En la medición se utilizaron dos varas (5 m y 7 m), graduadas en decímetros.

**Diámetro menor de copa (m):** Diámetro mínimo de copa, medido en forma horizontal y perpendicular al diámetro mayor de copa. El procedimiento de medición fue similar al del diámetro mayor de copa.

**Altura total (m):** Distancia vertical entre el suelo y el punto más alto del árbol o arbusto. Los ejemplares de gran tamaño se midieron con hipsómetro y el resto con varas de 5 m y 7 m, graduadas en decímetros.

**Altura de máximo follaje (m):** Distancia vertical entre el suelo y el punto del árbol o arbusto en que la copa presenta un follaje relativamente denso y homogéneo. El procedimiento y elementos de medición fueron similares a los empleados en la cuantificación de la altura total.

**Diámetro en la base o basal (cm):** Diámetro medido a unos 10 cm del suelo, a los fustes con diámetro igual o mayor a 3 cm. Con la medición de todos los vástagos o fustes por individuo se obtuvo el diámetro promedio basal y posteriormente, el diámetro medio cuadrático basal. La medición se efectuó con huincha de diámetro graduada en centímetro, con forcípula o con pie de metro.

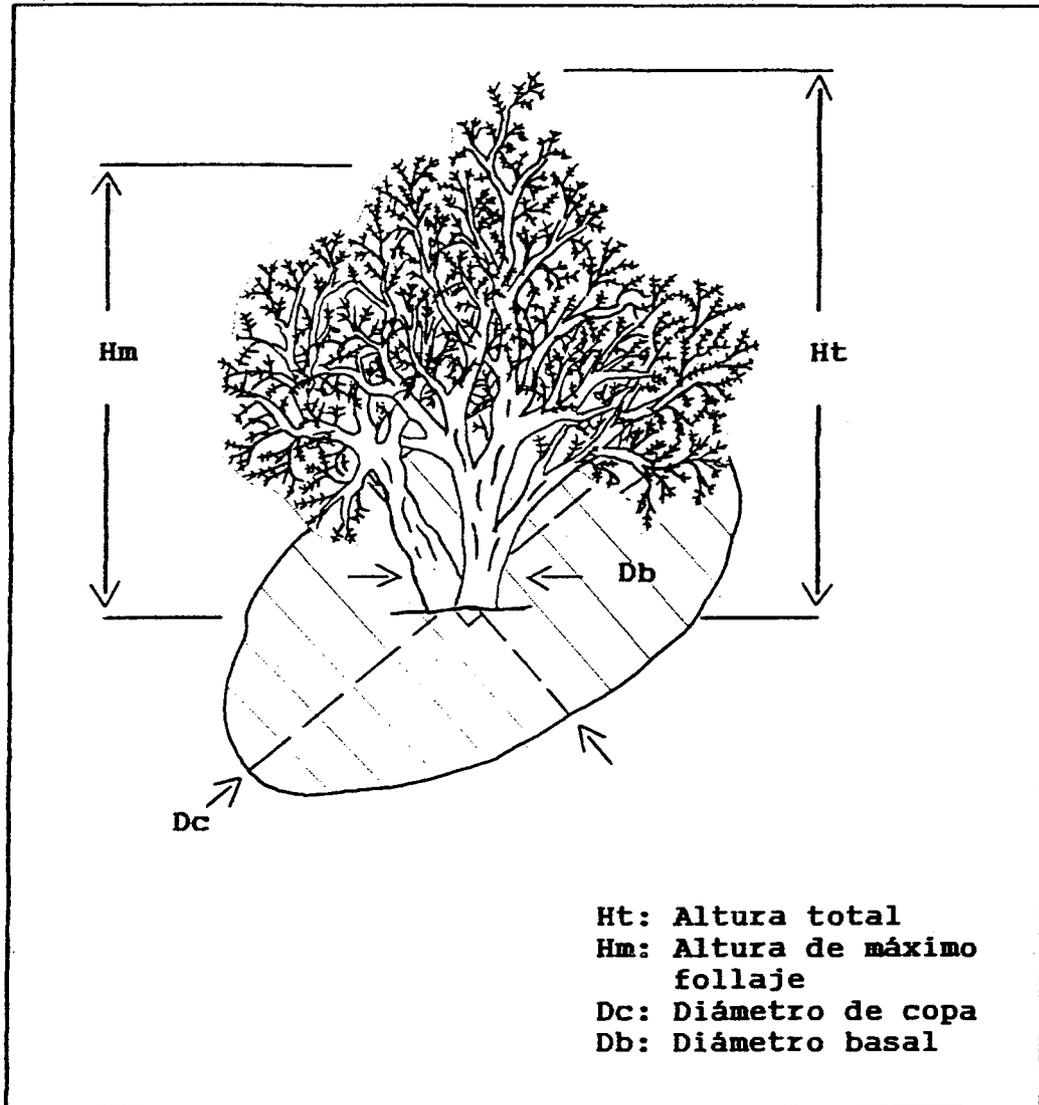


Figura 2. Esquema de las variables dasométricas descriptoras del crecimiento y la producción de fitomasa

### 3.2.2 Cuantificación de parámetros

#### a) Area de copa

El área de copa total se estimó en cada unidad experimental, considerando a todos los individuos, sin restricción en el valor del diámetro basal, según la siguiente expresión:

$$ACT = \sum_{i=1}^n (ACi) \quad \text{y} \quad ACi = ((DMACi+DMECi)/2)^2 * \pi / 4$$

donde:

ACT : Area de copa total (m<sup>2</sup>)

ACi : Area de copa del individuo i, i=1, ..., n (m<sup>2</sup>)

DMACi: Diámetro mayor de copa del individuo i, i=1, ..., n  
(m)

DMECi: Diámetro menor de copa del individuo i, i=1, ..., n  
(m)

n : Número total de ejemplares en la parcela

Además, para cuantificar el monto de reducción del área de copa total a causa de la mortalidad en las respectivas unidades experimentales, se utilizó la siguiente expresión:

$$DAC = ((DMC)^2 * \pi / 4) * M$$

donde:

DAC: Disminución del área de copa total de la parcela (m<sup>2</sup>)

DMC: Valor promedio por parcela del diámetro medio de copa (m)

M : Mortalidad

## b) Cobertura de copa total

El concepto de cobertura se define como la proporción del suelo o piso de la comunidad ocupado por la proyección de las partes aéreas del vegetal (en el caso de árboles, por la copa), en cuyo caso se expresa como porcentaje de cobertura para una superficie o un rodal determinado (Donoso, 1993).

En el presente estudio la cobertura de copas total se estimó en las diferentes parcelas de tratamiento y considerando a todos los individuos (árboles, arbustos y retoñación reciente), de acuerdo al siguiente procedimiento:

$$CT = \left( \sum_{i=1}^n (AC_i * T_i) \right) / S$$

donde:

CT : Cobertura total en la parcela (%)

AC<sub>i</sub>: Área de copa del individuo i, i=1...n (m<sup>2</sup>)

T<sub>i</sub> : Traslapo del individuo i, i=1...n (%)

n : Número total de ejemplares en la parcela

S : Superficie de la parcela (2500 m<sup>2</sup>)

El traslapo se estimó visualmente y se expresó en valores porcentuales, con una amplitud de 10%, variando desde 0%, para individuos dominantes o que se encontraban completamente descubiertos, hasta 100%, para aquellos ejemplares que se hallaban enteramente cubiertos por el dosel dominante.

**c) Mortalidad**

**Mortalidad estimada:** Corresponde a la variación del número de individuos remanentes entre el inicio y la evaluación del estudio. Se determinó mediante la siguiente expresión:

$$Me = Df - Di$$

donde:

Me: Mortalidad estimada

Df: Densidad final en la parcela

Di: Densidad inicial en la parcela

**Mortalidad observada:** Corresponde a la cantidad de ejemplares muertos retoñados después de las intervenciones (se registró el número de individuos y fustes muertos). Este parámetro se cuantificó en cada una de las unidades experimentales mediante la siguiente expresión:

$$Mo = Im + Fm/p$$

donde:

Mo: Mortalidad observada

Im: Individuos muertos

Fm: Fustes o vástagos muertos en la parcela

p : Valor promedio de fustes o vástagos por individuos o tocones vivos en las respectivas unidades experimentales.

**d) Altura**

Se cuantificó en cada parcela los valores promedios de altura total y de máximo follaje para todos los ejemplares de espino con diámetro promedio basal mínimo de 3 cm. Se registró el valor de estas dos variables pues en algunos casos la altura total no refleja claramente el desarrollo del individuo, por tener una copa muy irregular.

**e) Area basal**

Se cuantificó el área basal en todos los ejemplares de espino con diámetro basal igual o mayor a 3 cm y en cada unidad experimental de acuerdo al siguiente procedimiento:

$$AB = \left( \sum_{i=1}^n (DRi^2 * \pi/4) * NRi \right) / 10000$$

donde:

AB : Area basal total (m<sup>2</sup>)

DRi: Diámetro medio en la base de los fustes del individuo  
i, i=1, ..., n (cm)

NRi: Número de fustes con diámetro basal mínimo de 3 cm del  
individuo i, i=1, ..., n

n : Número de individuos en la parcela

Para expresar los montos de variación en área basal por superficie, se consideró lo siguiente:

**Incremento neto:** Corresponde al aumento en área basal durante el período evaluado, sin considerar la mortalidad. Se cuantificó mediante la siguiente expresión:

$$In = ABf - ABi$$

donde:

In : Incremento neto área basal (m<sup>2</sup>)  
 ABf: Area basal al final del estudio (m<sup>2</sup>)  
 ABi: Area basal al inicio del estudio (m<sup>2</sup>)

**Disminución bruta:** Cantidad de área basal correspondiente a la disminución del número de individuos producto de la mortalidad. Se determinó según la siguiente expresión:

$$Db = (Dm^2 * \pi/4) * M$$

donde:

Db: Disminución bruta de área basal (m<sup>2</sup>)  
 Dm: Valor inicial (1987) del diámetro medio cuadrático en la base o basal (m)  
 M : Mortalidad en el período 1987-1993.

**Incremento bruto:** Monto de área basal correspondiente a la sumatoria del incremento neto y la disminución bruta. Se obtuvo a través de la siguiente expresión:

$$Ib = In + Db$$

f) **Diámetro medio cuadrático basal:** Este parámetro se estimó mediante la siguiente expresión:

$$Dm = \left( \sum_{i=1}^n (ABi * 4/\pi) \right) / n$$

donde:

Dm : Diámetro medio cuadrático en la base o basal (cm)

ABi: Area basal del individuo i, i=1, ..., n (cm<sup>2</sup>)

n : Número de individuos en la parcela

#### g) Distribución diamétrica de la población

La distribución diamétrica de la población se obtuvo en cada uno de los tratamientos a partir de la relación entre el número de individuos y la clase diamétrica cuadrática basal, y se presentó con una amplitud de 3 cm.

#### h) Producción neta de fitomasa aérea

Para la estimación de la producción neta de fitomasa aérea en cada unidad experimental se utilizaron las funciones de fitomasa obtenidas en el año 1987 por el Instituto Forestal con información del presente ensayo. Las funciones se aplicaron a los ejemplares, con uno o más fustes, cuyos diámetros basales mínimos eran de 3 cm, es decir, aquellos en los cuales se podía obtener algún producto comercial. Estas funciones, que permiten estimar peso seco total y de componentes, presentan una alta correlación y un bajo error cuadrático medio, son las siguientes :

$$PTOT = -2.8818 + 0.0261 (AA) + 0.7940 (BB) \quad (1)$$

$$PRAM = -4.2152 + 0.0262 (AA) + 0.2810 (BB) \quad (2)$$

donde:

PTOT : Peso seco fitomasa total (kg)  
PRAM : Peso seco ramas (kg)  
AA :  $DR^2 * NR * HMF * \pi/4$   
BB :  $DMAC * DMEC * HT$   
DMAC : Diámetro mayor de copa (m)  
DMEC : Diámetro menor de copa (m)  
DR : Diámetro basal promedio de vástagos (cm)  
NR : Número de vástagos o fustes con diámetro igual o mayor a 3 cm.  
HT : Altura total (m)  
HMF : Altura de máximo follaje (m)

Mediante la ecuación (1) se obtuvo el peso seco de la fitomasa aérea total, que incluye fustes, ramas, ramillas, hojas y frutos.

La ecuación (2) entregó el peso seco de la fitomasa aérea comercial, es decir, aquel material leñoso con diámetro basal mínimo de 3 cm, a partir del cual se puede obtener leña o carbón.

La producción por superficie de fitomasa se obtuvo en cada unidad experimental mediante la sumatoria de las producciones individuales de fitomasa.

La producción promedio por individuo se obtuvo dividiendo la producción por superficie por el número de individuos que aportaron fitomasa, es decir, aquellos en los cuales los valores de las variables dasométricas estaban dentro del rango de validez (Ver Anexo 3).

#### **i) Productividad neta de fitomasa aérea**

La productividad neta de fitomasa aérea se determinó a base de la producción de fitomasa, obtenida a partir de las funciones

matemáticas anteriores. El procedimiento de estimación, que se basó en el planteamiento de Duvigneaud (1981), pero sin considerar las pérdidas por muerte o consumo, es el siguiente:

$$PN = (PFe - PFi)/n$$

donde:

PN : Productividad neta de fitomasa

PFe: Producción neta de fitomasa expresada en peso de materia seca, estimada en la evaluación del estudio (kg).

PFi: Producción neta de fitomasa expresada en peso de materia seca, estimada al inicio del estudio (kg).

n : Período comprendido entre la aplicación de los tratamientos y la evaluación del ensayo (6,6 años).

### 3.2.3 Análisis comparativo de las intervenciones

Los tratamientos se compararon a base de la variación o crecimiento relativo e incremento anual periódico (individuos remanentes), o incremento anual medio (retoñación), de los siguientes parámetros:

- \_ Mortalidad
- \_ Cobertura y área de copa total
- \_ Diámetro de copa
- \_ Area basal
- \_ Diámetro medio cuadrático basal
- \_ Alturas total y de máximo follaje
- \_ Productividad por superficie e individuo de fitomasa aérea total y comercial.

En la estimación de los incrementos anuales periódicos o medios

de los valores de los parámetros se utilizó la siguiente expresión :

$$CAP = (Vf - Vi)/n$$

donde:

CAP: Crecimiento anual periódico o medio de la variable

Vf : Valor de la variable obtenido al inicio del estudio

Vi : Valor de la variable obtenido en la evaluación del estudio

n : Período transcurrido entre la aplicación de los tratamientos y la evaluación del ensayo (6,6 años).

#### 3.2.4 Procesamiento y análisis de la información

La información se procesó computacionalmente a través de: Foxbase III, Lotus 123 y Statgraphics.

Se realizaron análisis de covarianza para establecer la existencia o no de efectos de los valores iniciales de las variables sobre sus incrementos.

Para determinar si existían o no diferencias entre los tratamientos se realizaron análisis de varianza y dúcimas de hipótesis (Prueba F). En aquellos casos en que el ANDEVA manifestó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una prueba de comparación múltiple para medias de tratamientos (Duncan).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los valores de los parámetros registrados al inicio del estudio (1987) y en la evaluación del mismo (1993), además se muestran sus variaciones y relaciones entre ellos.

##### 4.1 Variación del número de individuos y mortalidad

En el Cuadro 3 y en los apéndices 1 y 2 se aprecia la dominancia de Acacia caven en los diferentes tratamientos y en ambos estratos.

En los ejemplares adultos o remanentes, la presencia de espino, promedio por tratamiento, es de 98,0 % (año 1987) y de 98,7 % (año 1993) en relación al total de especies.

En el estrato de arbustos jóvenes o retoños se observa un aumento de la densidad desde el tratamiento T3 (raleo leve) al T1 (corta total), vale decir, la regeneración se incrementó en la medida que el grado de intervención silvícola fue más intenso. Lo anterior coincide con lo establecido por Hawley y Smith (1972), quienes afirman que la repoblación vegetativa obtenida después de una corta total suele ser superior a la que resulta de una corta parcial, por la competencia que generan los individuos remanentes.

**Cuadro 3. Densidad individuos remanentes y retoñación según especie y año de medición**

Trat	Densidad (ind/ha)								
	Espino			Otras especies			Total especies		
	1987 Rem	1993 Rem	Ret	1987 Rem	1993 Rem	Ret	1987 Rem	1993 Rem	Ret
T1	0	0	1547	0	0	0	0	0	1547
T2	835	821	855	7	1	0	842	822	855
T3	1343	1335	523	12	7	28	1355	1342	551
T4	5604	5111	0	135	92	0	5739	5203	0

Rem: remanentes    Ret: retoñación

En relación a la mortalidad, el Cuadro 4 y el Apéndice 3 muestran que ésta ha sido mínima en ambos estratos. En los individuos remanentes, sin embargo, existen diferencias significativas entre medias de tratamientos; el valor distinto y máximo se produjo en el tratamiento testigo (T4), y es de 9,3%, considerando a todas las especies, y de 8,8% en los ejemplares de espino.

Según Donoso (1993), la mortalidad se origina en la competencia y el desarrollo de una estructura vertical. Los individuos que mueren son generalmente los competidores no exitosos; esta muerte puede ser el resultado de una combinación de factores, como falta de luz, agua y nutrientes; extremos de factores climáticos; ataque de organismos patógenos; y otros.

En el estrato de la retoñación reciente se observa un incremento del número de individuos muertos en la medida que

aumenta la densidad, pero en términos relativos la relación es inversa, aunque no existen diferencias significativas entre medias de tratamientos al nivel de  $p \leq 0,05$ .

**Cuadro 4. Mortalidad estimada y observada**

Trat	Mortalidad (ind/ha)						Mortalidad (%) (*)			
	Remanentes			Retoños			Remanentes			Retoñ. Ac
	Ac	Sp	To	Ac	Sp	To	Ac	Sp	To	
T1	-	-	-	37	0	37	-	-	-	2,1 a
T2	13	6	19	18	0	18	1,9 a	71,4	2,6	4,0 a
T3	8	5	13	7	0	7	0,6 a	41,6	1,0	4,9 a
T4	493	43	536	-	-	-	8,8 b	32,4	9,3	-

Ac: Espino Sp: Otras especies To: Total de especies

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2 Variación de la cobertura de copa total

En relación a la cobertura de copa total, la situación es similar a lo observado en el número de individuos, tanto a nivel de tratamiento como en ambos años de registro de información. Vale decir, se manifiesta la dominancia casi absoluta del espino, especialmente en los valores registrados en el año 1993 y en el estrato de los retoños (Cuadro 5, Apéndice 4).

En el cuadro se visualiza que en los individuos remanentes el valor medio de variación de la cobertura de copa total (-11%) obtenido en el tratamiento testigo es significativamente

diferente a los valores resultantes en el resto de los tratamientos. Esta variación negativa se explicaría por la muerte de algunos individuos y por la reducción individual de las copas. En este estrato, en el tratamiento T3 se produjo el mayor incremento en cobertura de copa (15%).

**Cuadro 5. Valores totales y variación de la cobertura de copa total de individuos remanentes y retoñación**

Trat.	Cobertura de copa total (%)								
	Espino			Total especies			Variación total especies período 1987-1993 (*)		
	1987	1993		1987	1993				
	Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret	Rem	Ret	Tot
T1	0	0	27	0	0	27	-	27 a	27 a
T2	26	37	10	26	37	10	11 a	10 b	21 ab
T3	47	62	3	47	62	3	15 a	3 b	18 b
T4	95	83	0	96	85	0	-11 b	-	-11 c

Rem: Ind. remanentes Ret: Retoños Tot: Total estratos

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Del cuadro se desprende que en los retoños existe una relación lineal entre el número de individuos y el incremento de la cobertura de copa. Mediante el análisis estadístico se determinó que existen diferencias significativas entre los valores medios de los tratamientos, resultando diferente al resto el tratamiento T1 (corta total de la vegetación), con un monto de 27% de variación en este parámetro.

Si se considera el total de la cobertura de copa de ambos estratos, el tratamiento anterior presenta el mayor valor incremental, y el valor medio mínimo corresponde al tratamiento T4 (Testigo), el cual difiere significativamente del resto de los tratamientos.

#### 4.3 Variación del área de copa total en espino

En relación al área de copa, el Cuadro 6 y el Apéndice 5 muestran que en ambos estratos existe una relación lineal creciente entre esta variable y la densidad, es decir, en la medida que aumenta la densidad, mayor es el área de copa total. Además se visualiza el efecto de los tratamientos en la variación de este parámetro, estos resultados son muy similares a los observados en la variación de la cobertura de copa total, por la estrecha relación que existe entre estos parámetros.

Cuadro 6. Valores totales y crecimiento en área de copa total

Trat	Area de copa total							
	Valores totales (m <sup>2</sup> /ha)			Crecimiento período 87-93 (%)		Crecimiento anual periódico (m <sup>2</sup> /ha/año) (*)		
	1987 Rem	1993 Rem Ret		Rem	Tot	Rem	Ret	Tot
T1	0	0	2771	-	-	-	420 a	420 a
T2	2739	3763	1065	37,6	76,5	155 a	161 b	317 a
T3	5092	6375	381	25,7	33,4	194 a	58 b	252 a
T4	11069	9421	0	-14,2	-14,2	-250 b	-	-250 b

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños Tot: Rem+Ret

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan (p≤0,05).

Con respecto al crecimiento experimentado por la retoñación, en el cuadro anterior se aprecia que el mayor incremento se produjo en el tratamiento T1 y es de 420 m<sup>2</sup>/ha/año; este monto difiere significativamente de los valores medios de los otros dos tratamientos (T2 y T3).

En el estrato de los ejemplares adultos, el análisis de covarianza reveló al nivel  $p \leq 0,05$  que el incremento del área de copa total no ha sido afectado por el valor inicial de este parámetro.

En cuanto al crecimiento relativo en el período de estudio, los valores máximo y mínimo se verificaron en los tratamientos T2 y T4, y son de 37,6% y -14,2%, respectivamente. En términos absolutos, el tratamiento T3 presentó el mayor crecimiento anual periódico (194 m<sup>2</sup>/ha/año) y el menor valor (-250 m<sup>2</sup>/ha/año) se produjo en el testigo, el cual difiere significativamente del resto de los tratamientos.

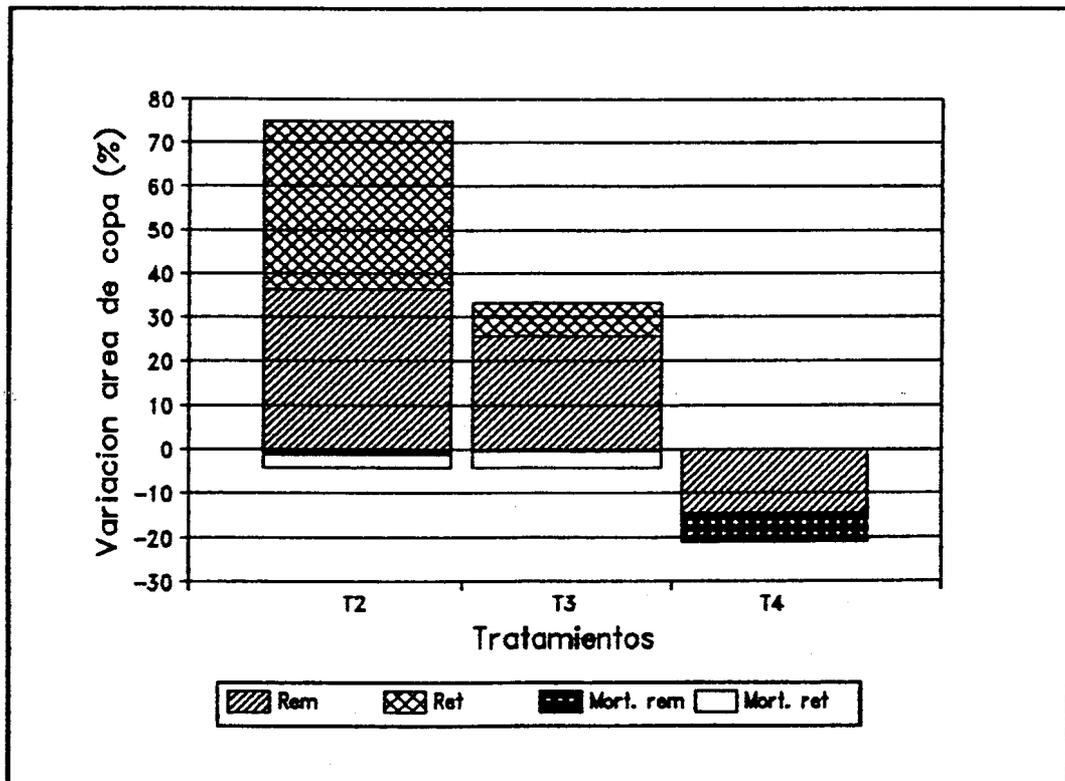
En relación a la sumatoria del área de copa de ambos estratos, la máxima tasa de crecimiento se alcanzó en el tratamiento T1, y el valor mínimo corresponde al tratamiento testigo. En los tratamientos de cortas parciales, la retoñación contribuyó significativamente al aumento del área de copa total, especialmente en el tratamiento T2, en el que el estrato juvenil aumentó en 38,9% el valor total y en el tratamiento T3, contribuyó con un monto relativo de 7,7%.

En el Cuadro 7 y la Figura 3 se observa que en los tratamientos de cortas parciales los mínimos valores de mortalidad inciden en la reducida disminución del área de copa total. En relación al testigo, como se mencionó anteriormente, la muerte de algunos individuos ha contribuido a la disminución del área de copa total en un monto relativo de -7,2%, si se considera a todas las especies, y de -6,9%, en el caso del espino.

**Cuadro 7. Disminución del área de copa total debido a la mortalidad**

Trat.	Disminución área de copa total:						
	Absoluta (m <sup>2</sup> /ha)				Relativa (%)		
	Remanentes		Retoñ.		Remanentes	Retoñ.	
	Ac	Tot	Ac	Tot	Ac	Tot	
T1	-	-	-44	-44	-	-	-1,7
T2	-35	-48	-17	-17	-1,3	-1,7	-3,5
T3	-24	-37	-6	-6	-0,5	-0,7	-4,2
T4	-752	-822	-	-	-6,9	-7,2	-

Ac: Espino      Tot: Total especies



**Figura 3. Variación del área de copa total**

#### 4.4 Variación del diámetro de copa en espino

En los individuos remanentes el valor máximo de diámetro promedio de copa, en ambos años de registro de información, corresponde al tratamiento T3, y el valor medio mínimo se presenta en el T4. En los retoños, los montos promedios mayor y menor de esta variable se presentan en los tratamientos T1 y T3, respectivamente (Cuadro 8, Apéndice 5).

**Cuadro 8. Valores medios y crecimiento en diámetro promedio de copa en espino**

Trat.	Diámetro promedio de copa					
	Valores medios (m)			Crecimiento periodo 87-93 (%)	Crecimiento anual periódico (cm/año) (*)	
	1987	1993			Rem	Ret
Rem	Rem	Ret	Rem	Ret		
T1	0,0	0,0	1,5	-	-	22,3 a
T2	1,76	2,11	1,2	20,6	5,3 a	18,0 a
T3	1,93	2,17	0,9	12,6	3,6 a	14,0 a
T4	1,40	1,34	0,0	-4,2	-0,9 b	-

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

El análisis de covarianza reveló que en los ejemplares remanentes el incremento del diámetro de copa no fue afectado por el valor inicial del parámetro.

En el cuadro se observa que en el tratamiento T2 se verificó

el mayor crecimiento anual periódico en diámetro de copa (5,3 cm/año), en cambio, en el tratamiento T4 se produjo una reducción de este parámetro, equivalente a -0,9 cm/año, valor significativamente diferente a los del resto de los tratamientos. En términos relativos, se observan las mismas tendencias, es decir, los valores de incremento mayor (20,6%) y menor (-4,2%) se presentan en los tratamientos de raleo intenso y sin intervención, respectivamente.

En relación a los mayores incrementos experimentados en los tratamientos de cortas parciales, especialmente en el tratamiento T2, varios autores afirman que el raleo afecta el crecimiento de la copa, pues la mayor luminosidad activa el desarrollo de las ramas laterales, aumentando de esta forma las dimensiones de la parte aérea del árbol.

Por otro lado, en el tratamiento testigo la reducción diamétrica, junto a la mortalidad, ha incidido en las variaciones negativas del área y cobertura de copa total, y puede haber sido causada por la alta densidad de las parcelas sin intervención. En terreno se observó que la mayoría de los individuos presentaban las ramas inferiores muertas, estando sí aún unidas a los fustes. Esto es corroborado por Daniel *et al* (1982), quienes señalan que el espaciamiento estrecho provoca la muerte de las ramas bajas; y que la cantidad de luz incidente en los diferentes niveles o estratos del bosque determina, entre otras cosas, las proporciones de copas vivas y las dimensiones generales de éstas.

En el estrato de los retoños, el análisis estadístico reveló la existencia de diferencias no significativas al nivel  $p \leq 0,05$ . Sin embargo, del cuadro anterior se deduce que en la medida que aumentó el número de tocones rebrotados y disminuyó la densidad de los individuos remanentes se vió favorecido el crecimiento individual de copa.

De acuerdo a lo anterior, el tratamiento de corta total (T1) presenta el mayor crecimiento anual medio en este parámetro (22,3 cm/año) y el menor valor (14,0 cm/año) corresponde al tratamiento T3.

#### 4.5 Variación del área basal en espino

En relación al área basal total, se observa en el Cuadro 9 y Apéndice 6 que en ambos años de registro de información y estratos existe una relación lineal entre esta variable y la densidad o cobertura de copa total.

Cuadro 9. Valores totales de área basal según año de medición y estrato

Trat.	Area basal (m <sup>2</sup> /ha)			
	1987 Rem	Rem	1993 Ret	Tot
T1	0,0	0,0	5,2	5,2
T2	5,8	9,2	1,2	10,3
T3	11,2	16,3	0,3	16,6
T4	24,5	30,3	0,0	30,3

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoñación    Tot: Rem+Ret

En cuanto a la variación de este parámetro, el Cuadro 10 muestra que en el tratamiento testigo se produjo el mayor monto de disminución bruta en el período 1987-1993, vale decir, producto de la mortalidad se han perdido 2,05 m<sup>2</sup>/ha, lo que

equivale al 8,4% del área basal inicial (1987).

En el resto de los tratamientos y estratos, como la mortalidad fue reducida, la disminución bruta es mínima; por lo tanto, los valores de incremento bruto y neto son muy similares. La tendencia de los valores a nivel de estrato es clara, hay una relación lineal entre la densidad o cobertura de copa y el crecimiento neto en área basal.

**Cuadro 10. Variación del área basal**

Trat	Variación área basal período 87-93 (m <sup>2</sup> /ha)								
	Disminución bruta			Incremento bruto			Incremento neto		
	Rem	Ret	Tot	Rem	Ret	Tot	Rem	Ret	Tot
T1	-	0,14	0,14	-	5,34	5,34	-	5,2	5,2
T2	0,08	0,06	0,14	3,48	1,26	4,74	3,4	1,2	4,6
T3	0,06	0,02	0,08	5,06	0,32	5,38	5,0	0,3	5,3
T4	2,05	-	2,05	7,85	-	7,85	5,8	-	5,8

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoños    Tot: Rem+Ret

En los ejemplares remanentes se determinó mediante el análisis de covarianza que en cada uno de los tratamientos, el valor inicial del área basal total no afectó el monto de crecimiento posterior del parámetro.

El Cuadro 11 muestra que en el tratamiento de raleo intenso (T2) se produjo el mayor crecimiento relativo en área basal,

equivalente a 59,4% y el menor valor (24,0%) se observa en el testigo. En términos absolutos, los valores mayor y menor de crecimiento neto anual periódico se produjeron en los tratamientos T4 y T2, y son de 0,88 y 0,51 m<sup>2</sup>/ha/año, respectivamente. El valor medio de este último tratamiento presentó diferencias significativas en relación a los otros dos tratamientos.

A pesar que en las parcelas testigos se produjo la menor tasa de crecimiento en diámetro basal, el máximo monto de incremento en área basal se explica por el mayor número de individuos por superficie.

En la retoñación, el valor máximo de incremento medio anual (0,79 m<sup>2</sup>/ha/año) se produjo en el tratamiento T1, el cual difiere significativamente de los obtenidos en el resto de los tratamientos, especialmente del monto mínimo (0,04 m<sup>2</sup>/ha/año) correspondiente al T3.

Si se considera el valor total de los incrementos de ambos estratos, los valores medios absolutos son relativamente homogéneos entre los tratamientos y las diferencias entre ellos no son significativas. Al comparar estas cifras, el tratamiento T4 aún presenta la mayor tasa de incremento. En términos relativos, en el tratamiento T2, la retoñación contribuyó con el 20,8% al incremento de este parámetro, elevándolo a 80,2%, valor muy superior a los del resto de los tratamientos.

**Cuadro 11. Crecimiento neto en área basal**

Trat.	Incremento neto área basal				
	Crecimiento período 87-93 (%)		Crecimiento anual periódico (m <sup>2</sup> /ha/año) (*)		
	Rem	Tot	Rem	Ret	Tot
T1	-	-	-	0,79 a	0,79 a
T2	59,4	80,2	0,51 a	0,18 b	0,69 a
T3	45,1	47,5	0,76 a b	0,04 b	0,80 a
T4	24,0	24,0	0,88 b	-	0,88 a

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños Tot: Rem+Ret

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.6 Variación del diámetro medio cuadrático basal en espino

En los individuos remanentes, tanto al inicio como en la evaluación del estudio, los valores promedios máximo y mínimo de diámetro medio cuadrático basal se presentaron en los tratamientos T3 y T4, respectivamente.

En el estrato de retoños, existe una relación lineal entre esta variable y el número de individuos, es decir, en la medida que aumentó la intensidad de corta se produjo una regeneración vegetativa más abundante y vigorosa, manifestándose en mayores crecimientos diametrales fustales (Cuadro 12, Apéndice 6).

**Cuadro 12. Valores medios y crecimiento en diámetro medio cuadrático basal**

Trat.	Diámetro medio cuadrático basal					
	Valores medios (cm)			Crecimiento período 87-93 (%)	Crecimiento anual periódico (cm/año) (*)	
	1987	1993				
	Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret
T1	0,00	0,00	7,0	-	-	1,1 a
T2	9,03	10,69	5,1	18,9	0,25 a	0,8 a
T3	9,79	11,55	4,1	18,0	0,27 a	0,6 b
T4	7,28	8,05	0,0	10,6	0,12 a	-

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoños

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

El análisis de covarianza reveló en los individuos adultos la no existencia de efecto entre el valor inicial de diámetro medio basal y su incremento.

En el cuadro se observa que en la medida que aumentó la intensidad de corta se produjo un mayor crecimiento relativo en este parámetro, por ello el monto máximo (18,9%) se verificó en el tratamiento de corta parcial intensa. Por otro lado, los mayores incrementos anuales periódicos en diámetro basal se obtuvieron en los tratamientos T3 y T2, y son de 0,27 y 0,25 cm/año, respectivamente. No se produjeron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las medias de los tratamientos.

Algunos autores afirman que el efecto del raleo se puede traducir en una mayor tasa de crecimiento de la copa y con ello del diámetro fustal (Vita, 1978; Daniel et al, 1982).

En el periodo de evaluación de este estudio (6,6 años) se produjo un mayor crecimiento de la copa en el tratamiento T2, pero no ocurrió lo mismo con el diámetro fustal medido en la base, aunque el monto de incremento es prácticamente similar al obtenido en el tratamiento T3. Lo anterior puede explicarse por la competencia que habría ejercido la mayor cantidad de cepas rebrotadas en las parcelas con raleo intenso (T2).

En los retoños se observa una relación lineal entre la intensidad de corta y el crecimiento de esta variable, es decir, la mayor tasa de crecimiento diametral a nivel de la base del fuste (1,1 cm/año) se produjo en el tratamiento T1 y el menor valor (0,6 cm/año) se alcanzó en el tratamiento T3, el cual difiere significativamente de los tratamientos T1 y T2.

En relación a la distribución de frecuencia diamétrica de la población (figuras 4 y 5), las parcelas testigos presentan una curva con tendencia a normal. Esta distribución diamétrica, similar en ambos años de toma de datos, refleja la estructura aproximadamente regular de la formación vegetal sin intervención.

En los tratamientos T2 y T3, se observa que luego de la aplicación de las cortas parciales o raleos, la curva de distribución diamétrica de la población remanente es normal, especialmente en el año de evaluación del estudio.

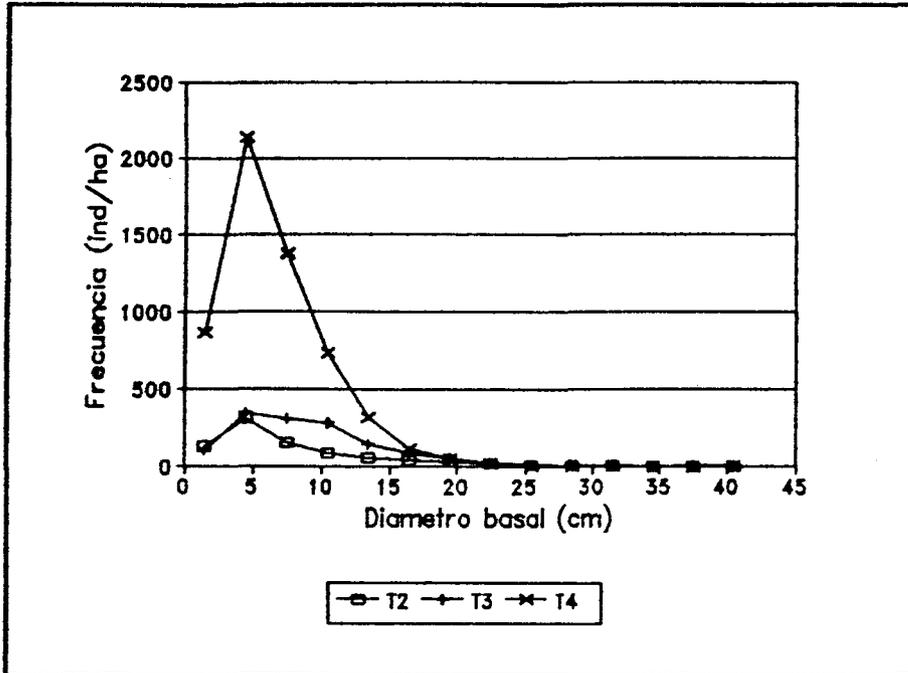


Figura 4. Distribución diamétrica de la población remanente (Año 1987).

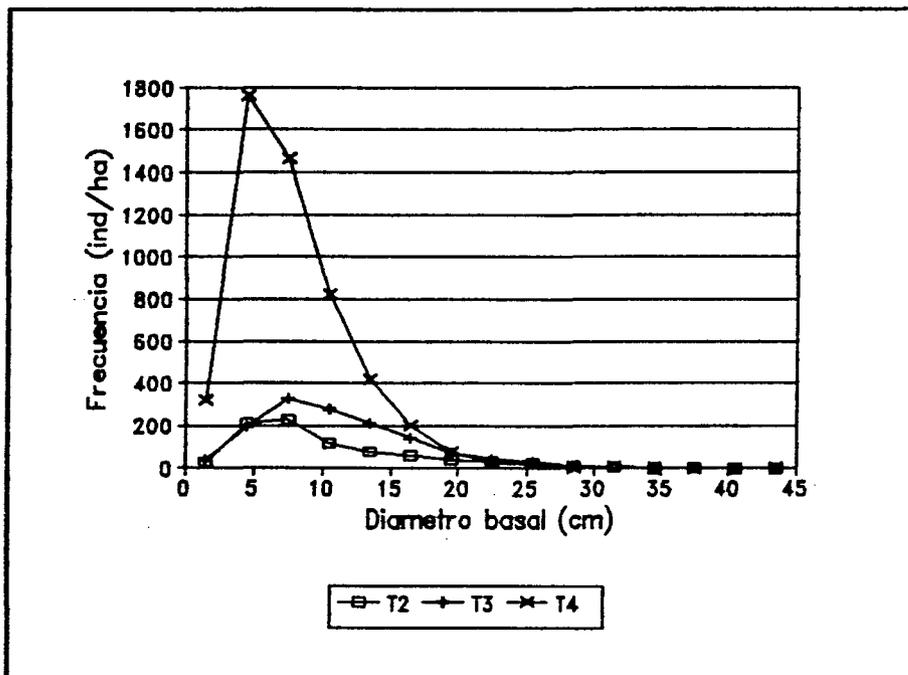


Figura 5. Distribución diamétrica de la población remanente (Año 1993)

#### 4.7 Variación alturas total y de máximo follaje en espino

En los individuos remanentes, en ambos años de registro de información, los tratamientos T3 y T2 presentan los mayores y menores valores de alturas total y de máximo follaje promedio por tratamiento, respectivamente. En otras palabras, la altura no se relaciona linealmente con la densidad.

En los retoños, se observa homogeneidad en los valores promedios de estas variables entre los tratamientos (Cuadros 13 y 14, Apéndice 7).

Cuadro 13. Valores medios y crecimiento en altura total

Trat.	Altura total					
	Valores medios (m)			Crecimiento periodo 87-93 (%)	Crecimiento anual periódico (cm/año) (*)	
	1987 Rem	1993 Rem	Ret		Rem	Ret
T1	0,00	0,00	2,46	-	-	37,2 a
T2	3,29	3,62	2,50	10,0	5,0 a	37,8 a
T3	3,68	4,12	2,52	12,4	6,8 a	38,2 a
T4	3,36	3,96	0,00	17,9	9,1 a	-

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

**Cuadro 14. Valores medios y crecimiento en altura de máximo follaje**

Trat.	Altura de máximo follaje					
	Valores medios (m)			Crecimiento periodo 87-93 (%)	Crecimiento anual periódico (cm/año) (*)	
	1987 Rem	1993 Rem	Ret		Rem	Ret
T1	0,00	0,00	2,14	-	-	32,4 a
T2	2,95	3,25	2,08	10,2	4,6 a	31,5 a
T3	3,34	3,76	2,07	13,2	6,4 a	31,4 a
T4	3,03	3,59	0,00	18,5	8,5 a	-

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

El análisis de covarianza no reflejó efecto significativo entre los valores iniciales de las variables altura total y altura de máximo follaje y sus respectivos incrementos.

Según Vita (1978), el crecimiento de esta variable está controlado en gran medida por el sitio, o sea, dentro de un cierto rango de variación de la densidad no es afectada la altura; sólo hay efecto en los casos extremos (densidades muy bajas o extremadamente altas).

En los cuadros anteriores se visualiza que en ambos estratos no existen diferencias significativas entre los valores medios de crecimiento en altura en los respectivos tratamientos. Sin embargo, en los individuos remanentes se observa linealidad en la relación entre densidad e incremento en altura, vale decir,

los mayores y menores incrementos de los parámetros, tanto en términos absolutos como relativos, se produjeron en los tratamientos T4 y T2, respectivamente.

La mayor tasa de crecimiento en las parcelas testigos o sin intervención puede explicarse por la alta densidad, lo cual origina una mayor competencia por luminosidad, creciendo el ápice en busca de luz a una mayor velocidad en relación a las parcelas intervenidas. En estas parcelas, en cambio, especialmente en las que se aplicó corta parcial intensa (T2), la apertura del dosel superior originó una expansión de la copa, reflejado en el mayor incremento del diámetro, en desmedro del crecimiento en altura.

En la retoñación, los valores medios de crecimiento en alturas total y de máximo follaje son bastante homogéneos. Sin embargo, se observa cierta tendencia de aumento del valor de crecimiento anual medio en altura total en la medida que disminuye la densidad de los retoños o se incrementa el número de individuos remanentes. Se puede suponer que por efecto de la competencia de los ejemplares adultos en los tratamientos T2 y T3, los retoños habrían crecido más rápidamente en altura total, en desmedro de una copa densa y regular.

En el caso de la altura de máximo follaje, es decir, la altura a la cual el follaje se presenta relativamente denso y homogéneo, se produce una relación inversa a la observada en la altura total; en este caso, en la medida que disminuyó la competencia de los remanentes, las copas de los retoños tendieron a ser más regulares y de mayor densidad.

#### 4.8 Producción y productividad neta de fitomasa aérea total y comercial en espino

##### a) Producción y productividad por superficie de fitomasa total y comercial

En el Cuadro 15 y Apéndice 8 se observa que, en ambos años de medición y estratos, la producción por superficie de fitomasa total se relaciona linealmente con la densidad o cobertura de copa total.

En relación a la fitomasa total, el análisis de covarianza indicó que en los tratamientos no existe relación entre los valores iniciales de producción (1987) y sus respectivas tasas de crecimiento. Tampoco existen diferencias significativas entre los tratamientos; los valores de productividad máximo (2347 kg/ha/año) y mínimo (1687 kg/ha/año) se alcanzaron en los tratamientos T3 y T2, respectivamente. En términos relativos, en cambio, los montos máximo y mínimo de crecimiento de la producción se manifiestan en los tratamientos T2 y T4, y son de 70,6% y 25,2%, respectivamente.

En los retoños, las diferencias de productividad de fitomasa total entre los tratamientos son estadísticamente no significativas. Se observa que en la medida que aumentó el grado de intervención, se produjo una mayor regeneración vegetativa y, por lo tanto, una mayor producción y productividad de fitomasa total, verificándose el máximo valor (963 kg/ha/año) en el tratamiento T1.

Si se considera la fitomasa total producida en ambos estratos, los tratamientos T3 y T1 presentan los montos mayor y menor de incremento de la producción, respectivamente, aunque estadísticamente existen diferencias no significativas entre tratamientos.

En el tratamiento T2 se verificó, en términos relativos, la máxima tasa de crecimiento de la producción (79,0%), en la cual a la retoñación le corresponde el 8,4%.

**Cuadro 15. Producción y productividad por superficie de fitomasa total**

Trat	Fitomasa total							
	Valores totales (kg/ha)			Crecimiento período 87-93 (%)		Productividad (kg/ha/año) (*)		
	1987	1993						
	Rem	Rem	Ret	Rem	Tot	Rem	Ret	Tot
T1	0	0	6357	-	-	-	963 a	963 a
T2	14093	24153	1169	70,6	79,0	1524 a	177 a	1701 a
T3	27629	43117	133	55,2	55,6	2347 a	20 a	2367 a
T4	45552	56687	0	25,2	25,2	1687 a	-	1687 a

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños Tot: Rem+Ret

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Con respecto a la producción por superficie de fitomasa comercial, el Cuadro 16 y Apéndice 8 muestran que en ambos años de medición y estratos los valores totales de este parámetro se relacionan linealmente con la densidad, por lo tanto, las parcelas con mayor número de individuos presentan la máxima producción de fitomasa. Esta tendencia difiere con los antecedentes presentados en el Cuadro 1 (pag. 12), recopilados por Duchens (1985), y en los cuales la producción de leña

disminuye a partir de una densidad de 800 arb/ha.

El análisis de covarianza no indicó efecto de la producción de fitomasa comercial inicial sobre el incremento de este parámetro. Tampoco se detectaron diferencias significativas de productividad entre tratamientos en los individuos remanentes.

Los valores mayor (1354 kg/ha/año) y menor (872 kg/ha/año) de productividad se obtuvieron en los tratamientos T3 y T2, respectivamente. Sin embargo, en términos relativos, los montos máximo y mínimo de crecimiento de la producción se manifiestan en los tratamientos T2 y T4, y corresponden a 78,6% y 43,1%, respectivamente.

En el estrato de la retoñación reciente, existen diferencias no significativas entre tratamientos, y al igual que en el caso de la fitomasa total, en la medida que aumenta la densidad, mayor es la tasa de crecimiento de la producción de fitomasa comercial.

En relación a la fitomasa comercial producida en ambos estratos, en los tratamientos T3 y T4 se manifestaron los valores máximos de productividad, los cuales no son significativamente diferentes a los obtenidos en los otros tratamientos. El valor relativo máximo (83,2%) se verificó en el tratamiento de raleo intenso; en este monto la retoñación contribuye con el 4,6%.

**Cuadro 16. Producción y productividad por superficie de fitomasa comercial**

Trat	Fitomasa comercial							
	Valores totales (kg/ha)			Crecimiento período 87-93 (%)		Productividad (kg/ha/año) (*)		
	1987	1993						
	Rem	Rem	Ret	Rem	Tot	Rem	Ret	Tot
T1	0	0	2537	-	-	-	384 a	384 a
T2	7229	12983	327	78,6	83,2	872 a	49 a	921 a
T3	13493	23339	40	66,4	66,7	1424 a	6 a	1430 a
T4	20949	29885	0	43,1	43,1	1354 a	-	1354 a

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños Tot: Total estratos

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

En general, entre el período de inicio y evaluación del estudio se ha producido un incremento de la relación entre fitomasa comercial y fitomasa total de los remanentes, desde 48,3% a 53,4% (promedio por tratamiento) (Figura 6). En el estrato de retoños, esta relación alcanza un valor promedio de 23,4%.

Estos resultados, especialmente los obtenidos en los ejemplares remanentes, confirman lo determinado en otros estudios, en el sentido que esta especie concentra la mayor proporción relativa de fitomasa aérea en el material leñoso grueso, lo cual la hace apta para producir leña y carbón de mejor calidad en relación a otras especies (Prado *et al*, 1987; Aguirre e Infante, 1988).

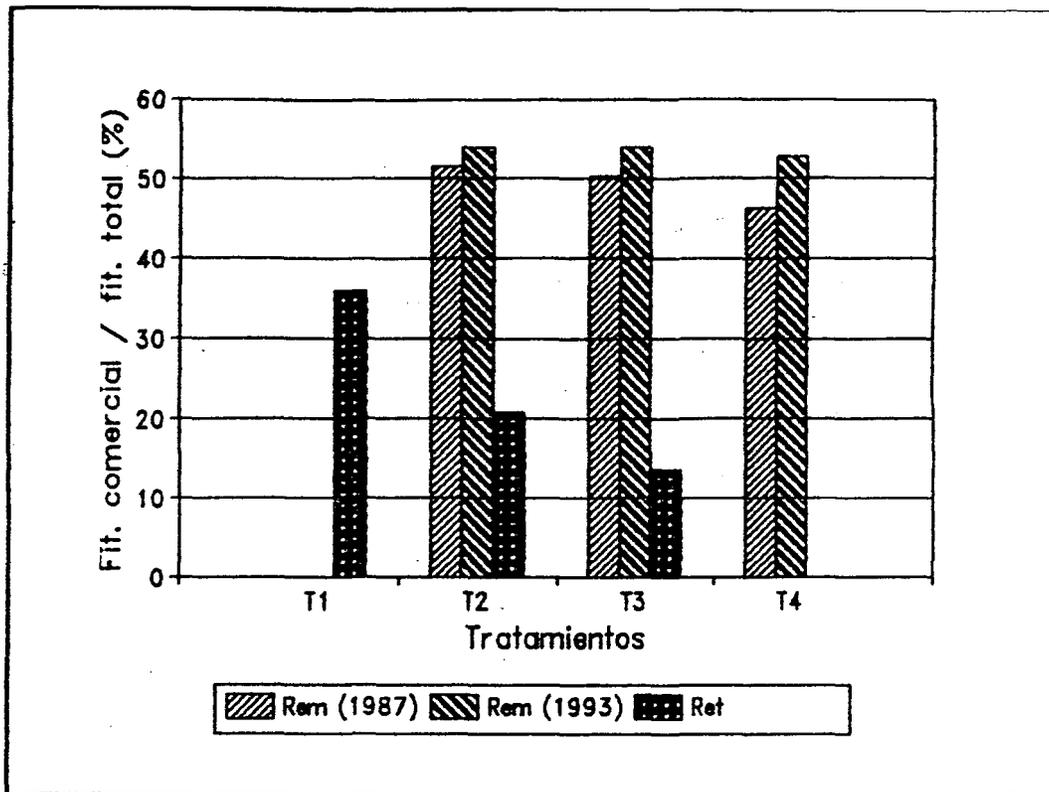


Figura 6. Relación entre fitomasa comercial y fitomasa total según año de medición y estrato

b) Relación entre crecimiento en áreas de copa y basal, y la producción por superficie de fitomasa total y comercial

Debido a que la producción de fitomasa se estimó a base de funciones matemáticas dependientes de variables dasométricas, se hace necesario establecer la existencia o no de relaciones entre los valores incrementales de estas variables y la productividad de fitomasa.

En las siguientes figuras se presentan relaciones entre incrementos en áreas de copa y basal, y la producción por superficie de fitomasa total.

La Figura 7 muestra tendencias similares entre el incremento anual periódico en área de copa total y las productividades por hectárea de fitomasa total y comercial.

Aunque el T1 experimentó la mayor tasa de crecimiento en área de copa, la productividad es mínima en relación al resto de los tratamientos. Esto se explica por el hecho que en la estimación del área de copa total se consideraron todos los individuos y vástagos presentes en la unidades experimentales. En cambio, en la cuantificación de fitomasa las funciones matemáticas se aplicaron solamente a aquellos individuos cuyos valores dasométricos se hallaban dentro del rango de validez de las variables. En consecuencia, se evaluó un menor número de individuos en relación al considerado en la estimación del primer parámetro y por ello la producción por superficie de fitomasa no alcanzó valores significativos, especialmente en relación a los individuos remanentes (Ver apéndices 1 y 9).

En los tratamientos de cortas parciales (T2 y T3), como se señaló anteriormente, la retoñación contribuyó al aumento significativo del incremento en área de copa y en menor grado, al crecimiento en área basal neta. Sin embargo, este aporte no aumentó significativamente la productividad de fitomasa en los tratamientos respectivos, especialmente en el T2. En este tratamiento, los incrementos anuales periódicos en áreas de copa y basal del estrato remanente fueron inferiores a los obtenidos en los tratamientos T3 y T4, por ello la productividad de fitomasa también fue inferior (Figuras 7 y 8).

En el tratamiento T3 la retoñación presentó un bajo crecimiento en áreas de copa y basal producto de la baja densidad de cepas o individuos rebrotados y de la competencia del estrato remanente. En este estrato se alcanzó el mayor incremento en área de copa total en relación a los tratamientos T2 y T4; y el monto mínimo en área basal en relación al testigo. Si se

considera los aportes de remanentes y retoños, en el tratamiento de corta parcial leve (T3) se produjo la mayor tasa de incremento de la producción de fitomasa.

Finalmente, en el tratamiento testigo, la mortalidad y la reducción dimensional de las copas originaron la disminución del monto total de área de copa, y aunque la tasa de crecimiento en área basal fue máxima, la productividad de fitomasa resultó mínima.

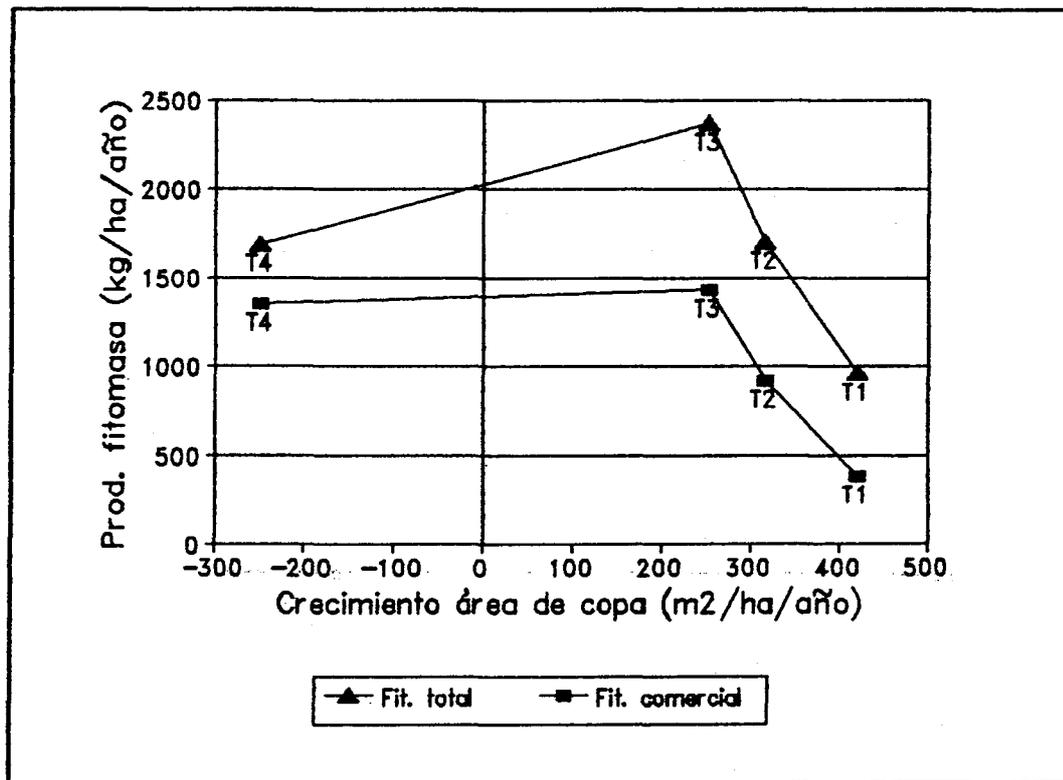


Figura 7. Relación entre crecimiento en área de copa total y productividad de fitomasa total

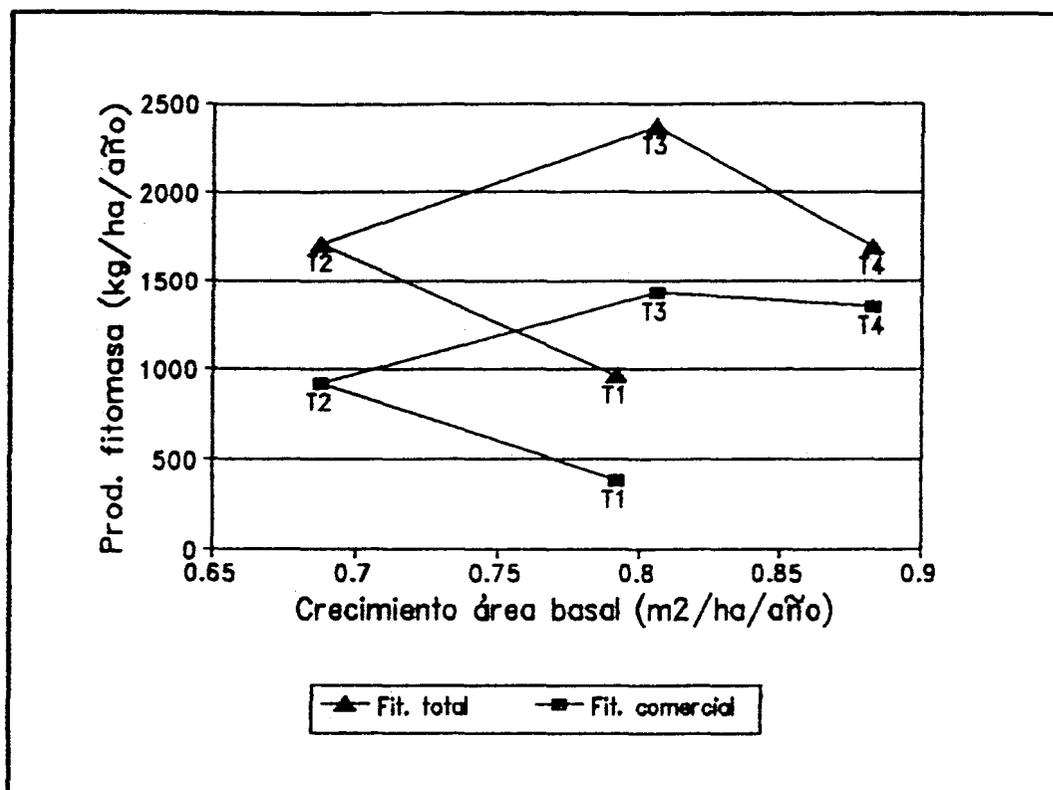


Figura 8. Relación entre crecimiento en área basal neta y productividad de fitomasa total

c) Producción y productividad por individuo de fitomasa total y comercial

En relación a la producción de fitomasa por individuo, en los cuadros 17 y 18 y Apéndice 9 se visualiza que, en el estrato de ejemplares adultos y en ambos años, los tratamientos T2 y T4 presentan los valores promedios mayores y menores, respectivamente. Por otro lado, en los ejemplares jóvenes la producción individual de fitomasa total y comercial alcanzó el máximo monto promedio en el tratamiento de corta total (T1) y el valor mínimo, en el tratamiento T3.

En relación a la productividad individual de estos parámetros, en el estrato de los ejemplares remanentes se produjeron diferencias no significativas entre los tratamientos. En los cuadros 17 y 18 se observa que los montos mayores y menores de productividad de fitomasa total y comercial, tanto en términos absolutos como relativos, corresponden a los tratamientos T3 y T4, respectivamente.

En la retoñación se observa linealidad en la relación entre densidad y productividad por individuo, lo cual confirma el hecho que la productividad máxima de fitomasa de la repoblación vegetativa se alcanza con la corta total. El Cuadro 18 muestra que el tratamiento T1 difiere significativamente del resto con el mayor valor de productividad de fitomasa comercial (0,7 kg/ind/ha).

En relación a los remanentes, en el tratamiento anterior se obtuvo la mayor tasa de producción de fitomasa total (1,9 kg/ind/año) (Cuadro 17).

**Cuadro 17. Producción y productividad individual de fitomasa total**

Trat.	Fitomasa total por individuo					
	Producción (kg/ind)			Crecimiento período 87-93 (%)	Productividad (kg/ind/año) (*)	
	1987 Rem	1993 Rem Ret			Rem	Ret
T1	0,0	0,0	12,7	-	-	1,9 a
T2	42,4	49,9	9,5	18,1	1,1 a	1,4 a
T3	34,8	45,2	6,7	29,7	1,6 a	1,0 a
T4	19,2	20,6	0,0	7,7	0,2 a	-

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

**Cuadro 18. Producción y productividad individual de fitomasa comercial**

Trat.	Fitomasa comercial por individuo					
	Producción (kg/ind)			Crecimiento período 87-93 (%)	Productividad (kg/ind/año) (*)	
	1987 Rem	1993 Rem Ret			Rem	Ret
T1	0,0	0,0	4,8	-	-	0,7 a
T2	21,7	26,9	2,1	23,8	0,8 a	0,3 b
T3	17,6	24,7	1,5	39,0	1,1 a	0,2 b
T4	8,9	10,9	0,0	23,1	0,3 a	-

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños

\* Letras iguales en cada columna indican diferencias no significativas según la prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

**d) Relación entre crecimientos en diámetros de copa y basal, y altura media, y producción individual de fitomasa total**

Las siguientes figuras muestran relaciones entre incrementos en diámetro de copa, diámetro basal y altura media (valor promedio entre altura total y altura de máximo follaje) y la productividad individual de fitomasa total y comercial.

En el tratamiento testigo, la reducción de la copa y el menor incremento relativo en diámetro basal afectó negativamente la productividad de fitomasa a nivel individual, obteniéndose valores menores en relación a los tratamientos T2 y T3, aunque en las parcelas no intervenidas se produjo el mayor incremento relativo en altura media (Figuras 9,10 y 11).

Aunque el tratamiento T2 presenta el mayor crecimiento anual periódico en diámetro de copa, los valores de productividad individual de fitomasa total y comercial son inferiores a los del tratamiento T3 (Figura 9).

En cuanto al diámetro basal, a pesar de la mínima diferencia entre los valores de incremento de esta variable entre los tratamientos T2 y T3, la tasa de crecimiento de la producción del primer tratamiento corresponde a un tercio de la del T3.

El mayor incremento anual periódico en altura en el tratamiento T3 puede explicar el valor superior de productividad en relación al T2, y por lo tanto, el máximo monto en el estrato remanente.

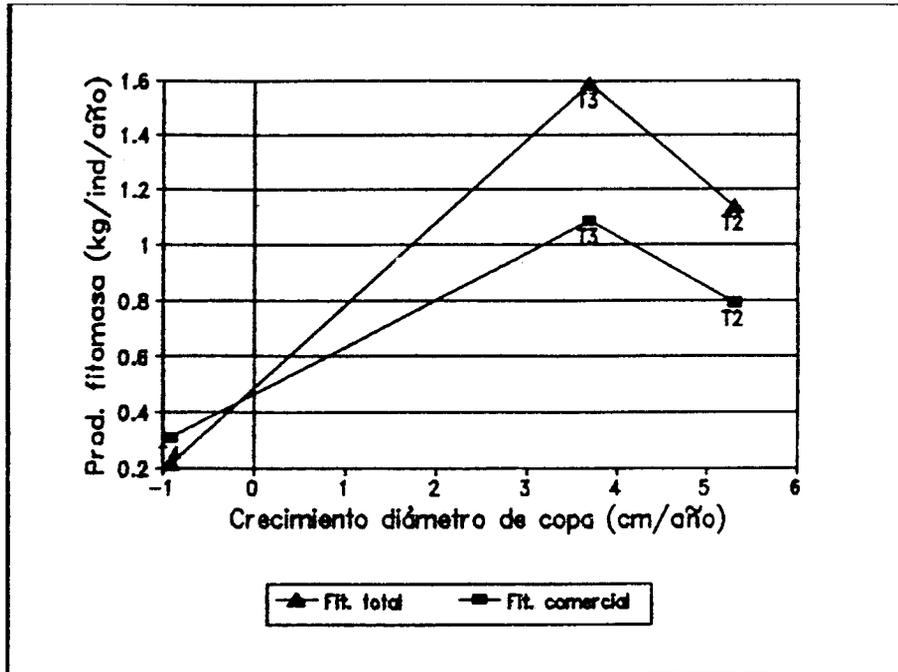


Figura 9. Relación entre crecimiento en diámetro de copa y productividad por individuo de fitomasa total

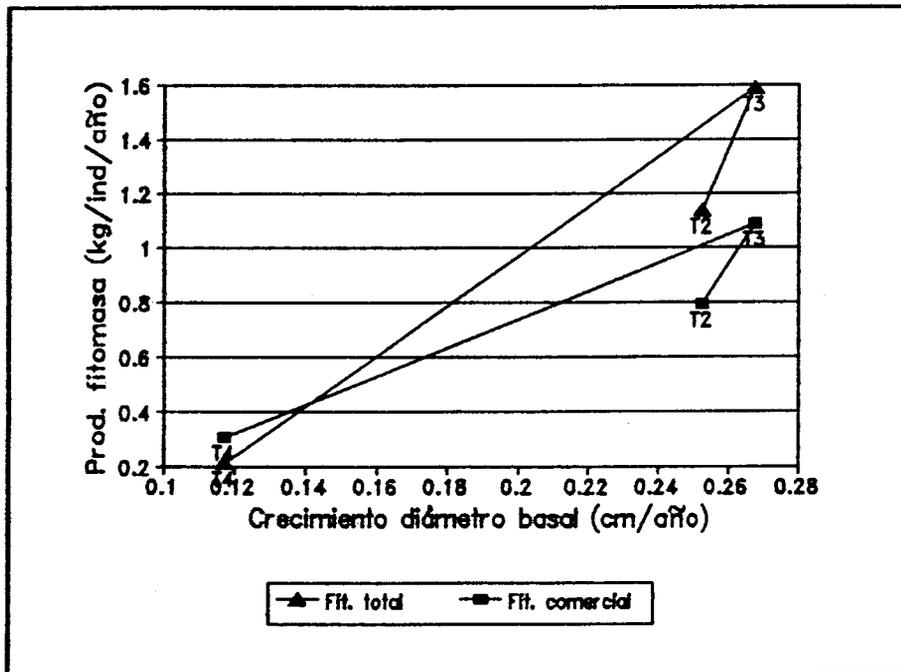


Figura 10. Relación entre crecimiento en diámetro basal y productividad por individuo de fitomasa total

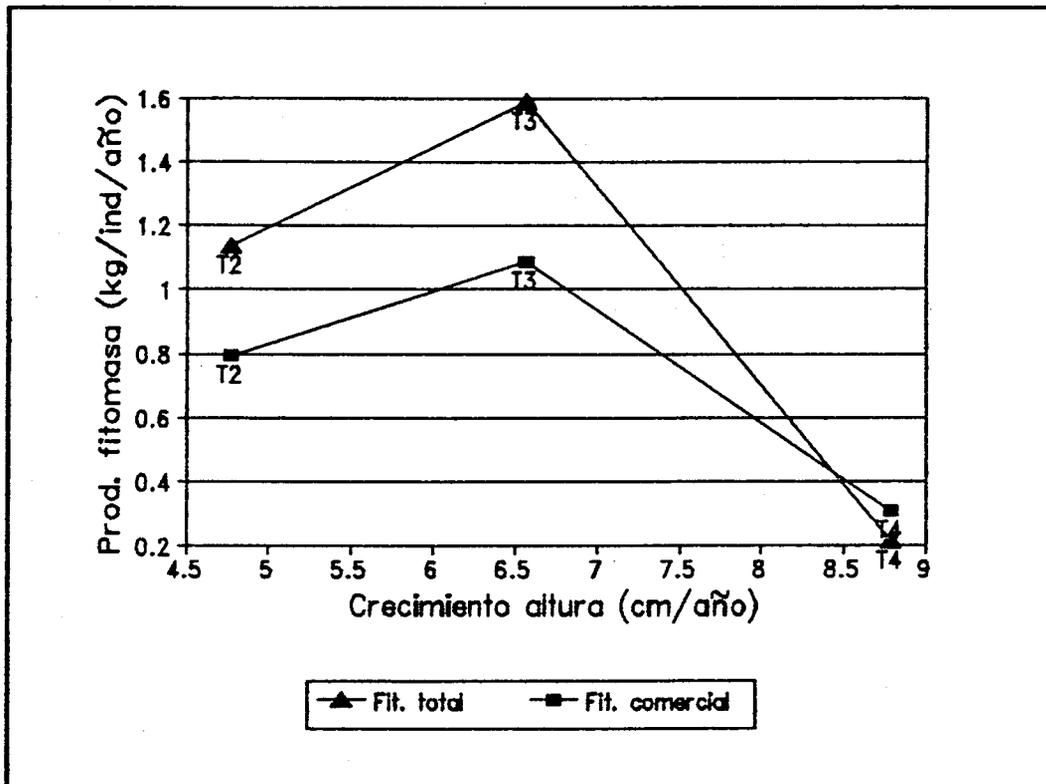


Figura 11. Relación entre crecimiento en altura media y productividad por individuo de fitomasa

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el período de estudio (6,6 años), permiten concluir lo siguiente:

Las pérdidas por mortalidad son mínimas a nivel de unidad experimental y estrato. La cifra mayor, en términos absolutos y relativos, se observó en las parcelas sin intervención.

En el estrato residual, la alta proporción de material leñoso grueso (53,4% promedio por tratamiento) en relación a la fitomasa aérea total, hace apto al espino para producir leña y carbón, por la mejor calidad relativa.

La aplicación de raleos o cortas parciales permitió regularizar la estructura del espinal y lograr respuestas favorables en crecimiento y producción neta de fitomasa aérea.

En el estrato de matas y arbustos retoñados en el período de estudio en general se manifestaron, tanto a nivel superficial como individual, relaciones lineales crecientes entre el número de individuos o cepas y los valores incrementales de todos los parámetros evaluados.

En la intervención de corta total, la mayor cantidad de cepas rebrotadas y la nula competencia de individuos remanentes, dió lugar a una retoñación más abundante y vigorosa.

En las parcelas en las cuales se aplicó corta parcial intensa, con reducción de la cobertura de copa de 86% a 26%, la retoñación contribuyó significativamente al incremento del área de copa total y del área basal total, y en menor grado, al incremento de la producción de fitomasa.

El efecto del raleo intenso se expresó, en el estrato

remanente, en mayores tasas de crecimiento relativo en área de copa, área basal, diámetro basal y diámetro de copa; en esta última variable también fue superior el crecimiento anual periódico. Estos mayores incrementos se tradujeron en máximas tasas de crecimiento relativo de la producción de fitomasa (total y comercial).

La respuesta de los árboles y arbustos remanentes al tratamiento de raleo leve o reducción de la cobertura de copa de 92% a 47% se manifestó en mayores crecimientos anuales periódicos en área de copa total y diámetro basal.

En el estrato remanente, el raleo leve generó los máximos montos de productividad, por superficie e individuo, de la fitomasa total y de la comercial. En términos relativos, los valores de incremento de la producción también fueron máximos a nivel individual.

En las parcelas sin intervención se verificaron los máximos valores de crecimiento anual periódico en área basal y en alturas total y de máximo follaje; los crecimientos relativos también fueron superiores en estos dos últimos parámetros. Sin embargo, las productividades de la fitomasa total y de la comercial fueron mínimas, tanto a nivel superficial como individual, en relación al resto de los tratamientos.

## 6. BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, S. e INFANTE, P. 1988. Funciones de biomasa para boldo (Peumus boldus) y espino (Acacia caven) de la zona central de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 2(3): 45-51.

ALVARADO, W. 1989. Relación entre el hábito del espino (Acacia caven) con el rendimiento de carbón y leña. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. 90 p.

CASTILLO, M.; OLIVARES, A. y POLZENIUS, G. 1988. Modificaciones de las características microambientales provocadas por la presencia de Acacia caven (Mol.) Mol. I. Influencia en el Microambiente. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. Avances en Producción Animal 13 (1-2): 31-40.

CHILE. Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de Suelos del Proyecto Maipo. AGROLOG Chile Ltda., Santiago. Esc. 1:20.000. V.1, V.2, V.3.

CIDERE - VALPARAISO. 1989. Uso de la vaina de espino para curtiembre. FDP 89/87. CIDERE-CORFO, Valparaiso. 117 p.

COGOLLOR, G.; POBLETE, M. y BARRIA, G. 1988. Un estudio de problemas fitosanitarios en algunas especies del Tipo Forestal Esclerófilo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. Informe Final. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/83/017/. 125 p.

CORNEJO, R. y GANDARA, J. 1980. Influencia de la Estrata Arbustiva en la Productividad de la Estrata Herbácea de la Estepa de Acacia caven. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.

98 p.

DANIEL, T.; HELMS, J. y BAKER, F. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw-Hill, Estado de México, México. 492 p.

DI CASTRI, F. y HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial de la Universidad Católica de Chile, Santiago. 123 p.

DONOSO, C. 1978. Dendrología de Arboles y Arbustos Chilenos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago. Manual Nº 2. 142 p.

DONOSO, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. CONAF/FAO. Documento de Trabajo Nº 38. 82 p.

DONOSO, C. 1993. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago. 484 p.

DUCHENS, L. 1985. Factibilidad económica de producir energía a partir de leña de Eucalyptus glóbulus (Lab.). Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, Santiago. 154 p.

DUVIGNEAUD, J. 1981. La Síntesis Ecológica. Guiset, A. (Trad.). Editorial Alhambra, Madrid, España. 306 p.

FUENZALIDA, H. 1971. Climatología de Chile. Universidad de Chile, Departamento de Geofísica y Geodesia. Publicación Interna de la Sección Meteorología. Apunte A: 352. 73 p.

FUENZALIDA, H. y PISANO, E. 1965. Biogeografía. En: Geografía Económica de Chile. Texto Refundido. CORFO. p.: 226-266. Editorial Universitaria, Santiago. 885 p.

GAJARDO, M. y VERDUGO, R. 1979. Rendimiento en hojas de boldo (Peumus boldus Mol.), corteza de quillay (Quillaja saponaria Mol.) y carbón de espino (Acacia caven Mol.) en la V Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago. 94 p.

GAJARDO, R. 1983. Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa de Chile. CONAF/Universidad de Chile. 240 p.

GARRIDO, F. 1981. Los Sistemas Silviculturales aplicables a los bosques nativos chilenos. CONAF/FAO. Documento de Trabajo N° 39. 25 p.

GASTO, J. y CONTRERAS, D. 1972. Análisis del Potencial Práctico de Fanerófitas y Caméfitas en Regiones Mediterráneas de Pluviometría Limitada. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago. Boletín Técnico N° 35. 61 p.

GUTIERREZ, M.; KARSULOVIC, T.; TORRES, P. y LEON, A. 1989. Estudio sobre el secado y algunas propiedades de trabajabilidad y usos de la madera de algarrobo, espino y tamarugo. CONAF/PNUD/FAO. Documento de trabajo N° 25. 99 p.

HAWLEY, R. y SMITH, D. 1972. Silvicultura Práctica. Editorial Omega, Barcelona, España. 544 p.

INFOR, 1988. Productividad Forestal y Forrajera en el tipo forestal Esclerófilo y Estepa de Acacia caven. Informe Interno Instituto Forestal. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/83/017, Santiago. 106 p.

KUHNE, A. 1983. Estudio Físico - Hídrico y Morfológico de algunos suelos de secano de la Región Metropolitana. DIPROREN - SAG - CONAF. Santiago. 120 p.

MARTINEZ, J. 1984. Distribución de las Areas Boscosas en la Provincia de Melipilla (Región Metropolitana). Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, Santiago. 95 p.

NAVAS, L. 1976. Flora de la Cuenca de Santiago de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. Tomo II. 559 p.

OLIVARES, A. y GASTO, J. 1971. Comunidades de Terófitas en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago. Boletín Técnico N° 34. 24 p.

OLIVARES, A. 1983. Potencial Silvopastoral de Acacia caven. En: Actas del Encuentro del Estado de la Investigación sobre Manejo Silvopastoral en Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003. Universidad de Talca, Departamento de Ingeniería Forestal, Talca. 104 p.

OLIVARES, A. 1988. Importancia y potencial productivo del matorral de espino. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Circular de extensión N° 7. 44 p.

OLIVARES, A.; CASTILLO, M. y POLZENIUS, G. 1988. Modificaciones de las características microambientales provocadas por la presencia de Acacia caven (Mol.) Mol. II. Influencia en la estrata herbácea. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. Avances en Producción Animal 13(1-2): 41-48.

OLIVARES, A. 1989. El Ecosistema Silvopastoral. Avances en Producción Animal 14(1-2): 31-40.

OLIVARES, A.; CASTILLO, M. y POTTER, W. 1989. Cambios en contenido de humedad, composición botánica y producción de

fitomasa en la pradera anual mediterránea bajo la influencia del espino (Acacia caven (Mol.) Mol.). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. Avances en Producción Animal. 14(1-2): 41-52

OLIVARES, A. 1991. El verdadero y gran valor del Espino. Chile Agrícola 16(168): 200-203.

OSTLE, B. 1977. Estadística Aplicada. Editorial Limusa-Wiley S.A.. Ciudad de México, México. 629 p.

OVALLE, C. y AVENDANO, J. 1984 a. Utilización Silvopastoral del Espinal. Influencia del espino (Acacia caven (Mol.) Hook et Arn.) sobre la productividad de la pradera natural. Agricultura Técnica 44(4): 339-345.

OVALLE, C. y AVENDANO, J. 1984 b. Utilización Silvopastoral del Espinal. Influencia del espino (Acacia caven (Mol.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. Agricultura Técnica 44(4): 353-362.

OVALLE, C. 1986. Étude du Système Écologique Sylvo-pastoral à Acacia caven (Mol.) Hook et Arn. Centre National de la Recherche Scientifique, Montpellier, France. 224 p.

OYARZUN, M. y PALAVICINO, V. 1984. Evaluación de especies leñosas, para ser usadas con fines energéticos, en la Provincia de Choapa, IV Región. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, Santiago. 159 p.

PERALTA, M. 1976. Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Editorial del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, Santiago. 340 p.

PRADO, J. A.; INFANTE, P.; ARRIAGADA, B. y AGUIRRE, S. 1988.

Funciones de biomasa para siete especies arbustivas de la IV Región. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/083/017, Santiago. Documento de Trabajo N° 14. 24 p.

QUINTANILLA, V. 1977. Diccionario de biogeografía. Editorial Universitaria de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. 244 p.

RODRIGUEZ, R.; MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Universidad de Concepción, Concepción. 408 p.

SANTIBANEZ, F. y URIBE, J.M. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Quinta y Metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. 65 p.

SERRA, M.T. 1983. Guía de Apuntes Dialypetalas. Cátedra Dendrología. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Santiago. 34 p.

STOEHR, G. 1969. Métodos de Reforestación con espino (Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn.) en la zona semiárida de Chile. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal, Santiago. 140 p.

TRUCCO, J. 1985. Evaluaciones iniciales de un Sistema Silvopastoral con Acacia caven (Mol.) Hook et Arn. para la Región Mediterránea Subhúmeda de Chile. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Chillán. 79 p.

VITA, A. 1978. Los Tratamientos Silviculturales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago. Texto N° 1. 233 p.

VITA, A. 1989. Ecosistemas de Bosques y Matorrales Mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. Proyecto CONAF/FAO/PNUD/CHI/83/017. Documento de Trabajo Nº 21. 243 p.

## APENDICES

**APENDICE 1. Densidad individuos remanentes y retoñación según especie, año de medición y estrato**

Bloq	Trat	Densidad (ind/ha)								
		Espino			Otr. especies			Total		
		1987		1993	1987		1993	1987		1993
		Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret
1	T1	0	0	1980	0	0	0	0	0	1980
	T2	1268	1256	1432	8	0	0	1276	1256	1432
	T3	1488	1476	760	0	0	0	1488	1476	760
	T4	4676	4292	0	28	0	0	4704	4292	0
2	T1	0	0	1708	0	0	0	0	0	1708
	T2	700	696	364	8	0	0	708	696	364
	T3	980	972	144	0	0	0	980	972	144
	T4	5316	4772	0	8	8	0	5324	4780	0
3	T1	0	0	952	0	0	0	0	0	952
	T2	536	516	768	4	0	0	540	516	768
	T3	1560	1556	664	36	20	84	1596	1576	748
	T4	6820	6268	0	368	268	0	7188	6536	0

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoños

**APENDICE 2. Listado y densidad de otras especies arbóreas y  
arbustivas presentes en el ensayo**

Especie	Densidad (ind/ha)											
	Bloque 1				Bloque 2				Bloque 3			
	Tratamientos				Tratamientos				Tratamientos			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Qs: 1987 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	320
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	252
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0
Mb: 1987 (Rem)	0	0	0	24	0	8	0	8	0	0	4	24
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	4	0	8	0	0	0	16
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp: 1987 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bl: 1987 (Rem)	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pp: 1987 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mh: 1987 (Rem)	0	8	0	0	0	0	0	0	0	4	0	8
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>												
1987 (Rem)	0	8	0	28	0	8	0	8	0	4	36	368
1993 (Rem)	0	0	0	0	0	4	0	8	0	0	20	268
(Ret)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0

Rem: individuos remanentes Ret: retoñación

Qs: Quillaja saponaria

Mb: Maytenus boaria

Cp: Cestrum palqui

Bl: Baccharis linearis

Pp: Proustia pungens

Mh: Muehlenbeckia hastulata

APENDICE 3. Mortalidad

Bloque	Trat.	Mortalidad (ind/ha)					
		Espino		Otras especies		Total	
		Rem	Ret	Rem	Ret	Rem	Ret
1	T1	-	52	-	0	-	52
	T2	12	16	8	0	20	16
	T3	12	0	0	0	12	0
	T4	384	-	28	-	412	-
2	T1	-	98	-	0	-	98
	T2	8	50	4	0	12	50
	T3	8	26	0	0	8	26
	T4	544	-	0	-	544	-
3	T1	-	0	-	0	-	0
	T2	20	0	4	0	24	0
	T3	4	0	16	0	20	0
	T4	552	-	100	-	652	-

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoños

**APENDICE 4. Cobertura de copa total de individuos remanentes y retoñación según especie, año de medición y estrato**

Bloq	Trat	Cobertura copa total (%)								
		Espino			Otr. especies			Total		
		1987	1993		1987	1993		1987	1993	
Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret		
1	T1	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4
	T2	26,7	39,2	12,0	0,0	0,0	0,0	26,7	39,2	12,0
	T3	47,1	54,9	3,7	0,0	0,0	0,0	47,1	54,9	3,7
	T4	97,9	83,4	0,0	0,4	0,0	0,0	98,3	83,4	0,0
2	T1	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3
	T2	23,8	40,6	4,0	0,4	0,2	0,0	24,2	40,6	4,0
	T3	48,1	66,0	1,0	0,0	0,0	0,0	48,1	66,0	1,0
	T4	90,4	80,4	0,0	0,0	0,0	0,0	90,4	80,4	0,0
3	T1	0,0	0,0	32,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6
	T2	27,8	30,9	13,2	0,0	0,0	0,0	27,8	30,9	13,2
	T3	46,7	66,4	3,4	0,5	0,4	0,0	47,2	66,4	3,4
	T4	97,3	85,9	0,0	1,2	4,7	0,0	98,5	90,6	0,0

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoños

**APENDICE 5. Diámetro promedio y área de copa total en espino según año de medición y estrato**

Bloque	Trat	Diám. de copa (m)			Area de copa (m <sup>2</sup> /ha)			
		1987	1993		1987	1993		
		Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret	Tot
1	T1	0,0	0,0	1,2	0	0	2344	2344
	T2	1,4	1,7	1,0	2684	4004	1344	5348
	T3	1,9	1,9	0,9	5088	5556	512	6068
	T4	1,5	1,4	0,0	10944	9184	0	9184
2	T1	0,0	0,0	1,3	0	0	2644	2644
	T2	1,8	2,3	1,1	2744	4100	416	4516
	T3	2,2	2,5	1,0	5432	6656	132	6788
	T4	1,3	1,3	0,0	9484	8904	0	8904
3	T1	0,0	0,0	2,0	0	0	3324	3324
	T2	2,1	2,4	1,4	2788	3176	1436	4612
	T3	1,8	2,1	0,9	4756	6912	500	7412
	T4	1,4	1,3	0,0	12780	10176	0	10176

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoños    Tot: Total estratos

**APENDICE 6. Diámetro medio cuadrático basal y área basal en espino según año de medición y estrato**

Bloque	Trat	Diámetro basal (cm)			Area basal (m <sup>2</sup> /ha)			
		1987	1993		1987	1993		
		Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret	Tot
1	T1	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	3,3	3,3
	T2	7,7	9,2	4,1	7,0	10,4	0,8	11,2
	T3	8,5	10,0	4,0	10,1	13,8	0,2	14,0
	T4	7,5	8,4	0,0	22,8	28,9	0,0	28,9
2	T1	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	5,7	5,7
	T2	9,0	11,5	4,5	5,1	9,6	0,4	10,0
	T3	11,3	13,4	4,0	10,7	17,2	0,1	17,3
	T4	7,4	8,2	0,0	24,3	30,6	0,0	30,6
3	T1	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	6,7	6,7
	T2	10,4	11,4	6,7	5,3	7,5	2,3	9,8
	T3	9,6	11,3	4,4	12,9	17,9	0,5	18,4
	T4	6,9	7,5	0,0	26,3	31,4	0,0	31,4

Rem: Individuos remanentes Ret: Retoñación Tot: Total estratos

**APENDICE 7. Alturas total y de máximo follaje en espino según año de medición y estrato**

Bloque	Trat.	Altura total (m)			Alt. máx. foll. (m)		
		1987	1993		1987	1993	
		Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret
1	T1	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	1,9
	T2	3,2	3,5	2,5	2,9	3,2	2,1
	T3	3,2	3,7	2,5	2,9	3,4	2,0
	T4	3,4	3,9	0,0	3,0	3,6	0,0
2	T1	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	2,1
	T2	3,6	4,0	2,4	3,2	3,6	2,0
	T3	3,7	4,2	2,5	3,3	3,9	2,1
	T4	3,3	3,9	0,0	3,0	3,5	0,0
3	T1	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	2,4
	T2	3,1	3,3	2,6	2,7	3,0	2,2
	T3	4,1	4,4	2,7	3,8	4,0	2,1
	T4	3,4	4,1	0,0	3,1	3,7	0,0

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoñación

**APENDICE 8. Producción neta por superficie de fitomasa en espino según año de medición y estrato**

Bloque	Trat	Fit. total (kg/ha)			Fit. comercial (kg/ha)		
		1987	1993		1987	1993	
		Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret
1	T1	0	0	2080	0	0	524
	T2	12948	23372	332	6712	12216	36
	T3	22348	32388	0	10520	16772	0
	T4	47652	56768	0	22456	30508	0
2	T1	0	0	5868	0	0	2316
	T2	15556	30200	272	7884	16412	56
	T3	31576	49880	64	16296	38316	4
	T4	40568	56116	0	19468	30432	0
3	T1	0	0	11124	0	0	4772
	T2	13776	18888	2904	7092	10320	888
	T3	28964	47084	336	15012	24928	116
	T4	48436	57176	0	20924	28716	0

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoñación

**APENDICE 9. Número de individuos remanentes y retoños en los cuales se estimó la fitomasa aérea total y comercial**

Bloque	Trat.	Densidad (ind/ha)		
		1987	1993	
		Rem	Rem	Ret
1	T1	0	0	260
	T2	496	776	44
	T3	852	1060	0
	T4	2076	2488	0
2	T1	0	0	476
	T2	336	488	28
	T3	592	708	8
	T4	2216	2548	0
3	T1	0	0	624
	T2	252	328	260
	T3	1172	1356	28
	T4	2976	3456	0

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoños

**APENDICE 10. Producción neta individual de fitomasa en espino según año de medición y estrato**

Bloque	Trat.	Fitomasa total (kg/ind)			Fitomasa comercial (kg/ind)		
		1987	1993		1987	1993	
		Rem	Rem	Ret	Rem	Rem	Ret
1	T1	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	2,0
	T2	26,1	30,1	7,6	13,5	15,7	0,8
	T3	26,2	30,6	0,0	12,4	15,8	0,0
	T4	23,0	23,2	0,0	10,8	12,3	0,0
2	T1	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	4,9
	T2	46,3	61,9	9,7	23,5	33,6	2,0
	T3	43,3	70,5	8,0	27,5	40,0	0,5
	T4	18,3	22,0	0,0	8,8	12,0	0,0
3	T1	0,0	0,0	17,8	0,0	0,0	7,7
	T2	54,7	57,6	11,2	28,1	31,5	3,4
	T3	24,7	34,7	12,0	12,8	18,4	4,1
	T4	16,3	16,5	0,0	7,0	8,3	0,0

Rem: Individuos remanentes    Ret: Retoñación

## ANEXOS

## **ANEXO 1. Descripción del perfil de suelo por horizonte**

INFOR (1988) realizó la siguiente caracterización del perfil de suelo en el área de estudio:

0 - 4 cm: El límite del horizonte es lineal y claro; el contenido de raíces es denso, 10 a 20 raíces finas (1 a 2 mm de diámetro) por dm<sup>2</sup>; la textura es franca; la estructura es granular; esqueleto es 0%; el pH es 5.8, es decir, moderadamente ácido; el color es pardo oscuro a pardo muy oscuro en húmedo (7,5 YR 2,5/2); el contenido de materia orgánica es de 3,4% y queda en un nivel moderado en cuanto a humus; no se observan moteados.

4 - 20 cm: El límite del horizonte es ondulado y abrupto; el contenido de raíces es mediano (5-10 raíces finas/dm<sup>2</sup>); la textura es franco arcillo arenosa; la estructura es de bloques subangulares a angulares, de tamaño fino; valor de esqueleto es muy bajo (< 19%); el pH es 5,9 y se califica como moderadamente ácido; el color es pardo oscuro a pardo en húmedo (7,5 YR 4/2); el contenido de materia orgánica es de 1,7% y se le califica como de nivel pobre; no se observan moteados.

20 - 47 cm: El límite del horizonte es plano y gradual; el contenido de raíces es poco (2 raíces/dm<sup>2</sup>); la textura es franco arcillo arenosa; la estructura es de bloques subangulares de tamaño fino, fuerte; el porcentaje de esqueleto es muy bajo; el pH es 7,0 neutro; el color es pardo oscuro en húmedo (7,5 YR 2,5/2); el contenido de materia orgánica es de 0,2%, es decir, suelo muy pobre en humus; no se observan moteados.

47 - 70 cm: El límite de este horizonte es horizontal, plano y gradual; el contenido de raíces finas es poco (2 raíces/dm<sup>2</sup>); la textura es franco arenosa; la estructura es de bloques

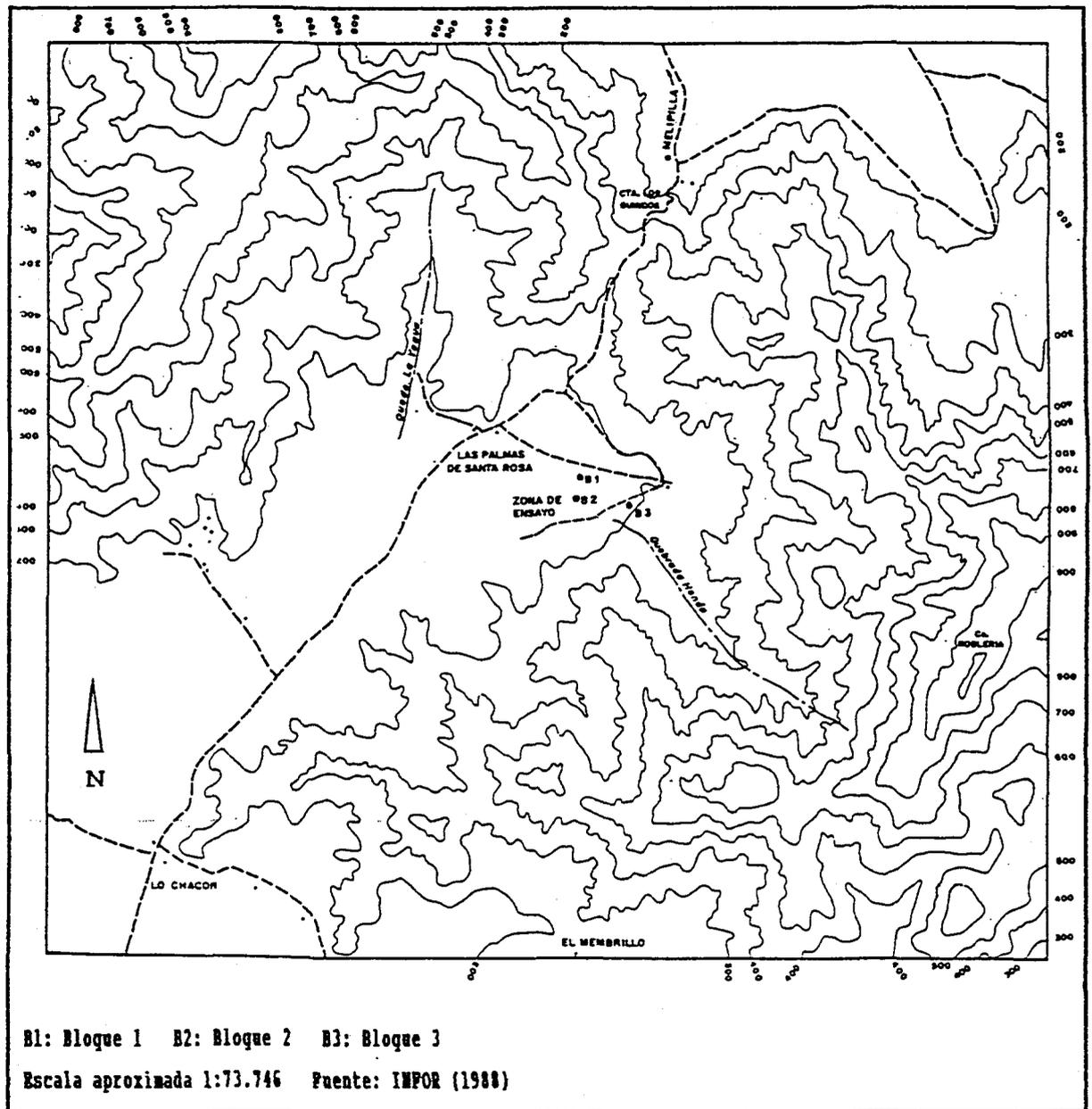
subangulares de tamaño fino y medio, moderados; el porcentaje de esqueleto es muy bajo; el pH es 6,3, es debilmente ácido; el color es pardo oscuro en húmedo (7,5 YR 4/2); el contenido de materia orgánica es muy bajo (0,10%); no se observan moteados.

70 - 98 cm: El límite plano, gradual, aparece en la parte baja de este horizonte; el contenido de raíces finas es poco (2 raíces/dm<sup>2</sup>); la textura es areno franca; la estructura es de bloques subangulares de tamaño fino; el porcentaje de esqueleto es muy bajo (1-10%); el pH es 6,2, es decir, debilmente ácido; el color del suelo en húmedo es pardo oscuro (7,5 YR 4/2); el contenido de materia orgánica es de 0,10% y es por lo tanto muy pobre en humus; no se observan moteados.

98 - 110 cm y más: Límite abrupto y ondulado; el contenido de raíces es nulo en este horizonte; la textura es arenosa; estructuración debil en bloques subangulares originada por la presión del volumen superior de suelo; el porcentaje de esqueleto es muy bajo (1-10%); el pH es 6,2, o sea, debilmente ácido; el color del suelo en húmedo es pardo intenso (7,5 YR 5/6); el contenido de materia orgánica es muy pobre (0,10%); no se observan moteados.

(Fuente: INFOR, 1988).

**ANEXO 2. Plano de pendiente y ubicación del ensayo**



**ANEXO 3. Rangos de validez de las variables utilizadas en las funciones de fitomasa**

Variables dasométricas	Rango de validez de valores	
	mínimo	máximo
Altura total (m)	2,1	7,0
Alt. máximo follaje (m)	1,6	-
Diámetro promedio de copa (m)	0,7	8,0
Diámetro basal (cm)	3,0	45,0

Fuente: INFOR (1988)