

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento Silvicultura

EVALUACION SILVICOLA DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON
PLANTACION DE Pinus radiata D. Don EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL FORESTAL TANUME VI REGION



ALBERTO ORLANDO VARGAS CUADRA

MEMORIA DE TITULO PRESENTA-
DA A LA FACULTAD DE CIEN-
CIAS FORESTALES DE LA UNI-
VERSIDAD DE CONCEPCION PA-
RA OPTAR AL TITULO DE INGE-
NIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

1996

EVALUACION SILVICOLA DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON
PLANTACION DE Pinus radiata D. Don EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL FORESTAL TANUME VI REGION

Profesor Asesor



Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Ph.D.

Profesor Asesor



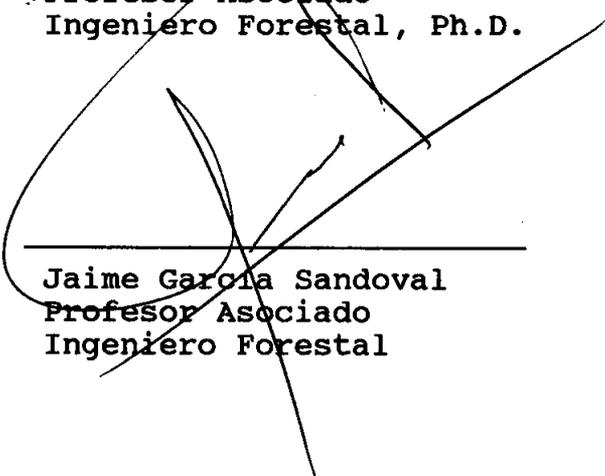
Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal, M.Sc.

Director Departamento
Silvicultura



Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Ph.D.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Jaime Garcia Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar, en general, mis agradecimientos a todas las personas que contribuyeron a la realización de éste estudio; especialmente a:

Don Miguel Espinosa, profesor asesor, por su buena disposición, su permanente guía y orientación, en el desarrollo del trabajo.

Don Jorge Cancino, profesor asesor, por sus constructivos aportes.

Doña Pilar Lanuza, Docente de Cs. Básicas de la Univ. de Concepción (Chillán), por su ayuda en la parte estadística.

Don Rolando Rodríguez, Director de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) VI Región.

Don César Cabrera, Ingeniero Forestal (CONAF VI Región).

Don Osvaldo Herrera, administrador del Centro Experimental Forestal Tanumé (CONAF VI Región).

Los Sres., Gonzalo López, Eduardo Acuña y Rodrigo Fuenzalida.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS		PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
	2.1 El concepto Agroforestal	3
	2.2 Manejo de un Sistema Silvopasto- ral	4
	2.2.1 Requerimientos y preparación del sitio	5
	2.2.2 Densidad y diseño de plantaciones	7
	2.2.3 Tratamientos silvícolas: poda y raleo	10
	2.2.4 Eliminación de desechos	13
	2.3 Manejo de la pradera	14
	2.3.1 Efecto del bosque sobre la prade- ra	14
	2.3.2 Selección de la cubierta herbácea	15
	2.3.3 Fertilización de la pradera	16
	2.4 Manejo animal	17
	2.4.1 Efectos del pastoreo animal en el bosque	17
	2.4.2 Tiempo y temporada de pastoreo ..	18
	2.4.3 Ingreso de animales	19

	2.4.4	Distribución de los animales	21
	2.4.5	Carga animal	22
III		MATERIALES Y METODOS	23
	3.1	Area de estudio	23
	3.2	Metodología	26
	3.3	Diseño experimental	31
IV		RESULTADOS	34
	4.1	Crecimiento en altura	34
	4.2	Crecimiento en diámetro	41
	4.3	Crecimiento en área basal	51
	4.4	Crecimiento en volumen	59
	4.5	Crecimiento en longitud de copa	67
V		DISCUSION	74
VI		CONCLUSIONES	79
VII		RESUMEN	81
		SUMMARY	83
VIII		BIBLIOGRAFIA	85
IX		APENDICE	91

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Tratamientos por tipo de pradera, densidad de plantación y sub sector en el sector La Cancha	25
2	Tratamientos por tipo de pradera, densidad de plantación y sub sector en el sector La Turca	25
3	Valores medios de densidad (arb/ha) y oportunidad de poda y raleo	30
4	Diseño completo al azar por sector, variable, tipo de análisis e incremento	33
5	Valores medios de altura total (m) por tratamiento en el sector La Cancha	35
6	Valores medios de altura total (m) por tratamiento en el sector La Turca	39
7	Valores medios de dap (cm) por tratamiento en el sector La Cancha	42
8	Tabla de rodal y existencia según tratamiento para el año 1994 en el sector La Cancha	46
9	Valores medios de dap (cm) por tratamiento en el sector La Turca	47
10	Tabla de rodal y existencia según tratamiento para el año 1994 en el sector La Turca	51
11	Valores medios de área basal (m ²) por tratamiento en el sector La Cancha	52
12	Valores en área basal (m ² /ha) por tratamiento y año de medición en el sector La Cancha	54

13	Valores medios de área basal (m^2) por tratamiento en el sector La Turca	56
14	Valores en área basal (m^2/ha) por tratamiento y año de medición en el sector La Turca	58
15	Valores medios de volumen (m^3) por tratamiento en el sector La Cancha	59
16	Valores en volumen (m^3/ha) por tratamiento y año de medición en el sector La Cancha	62
17	Número de árboles por hectárea, volumen acumulado e incremento periódico (IPA) y medio anual (IMA) a la edad de 11 años por tratamiento en el sector La Cancha	62
18	Valores medios de volumen (m^3) por tratamiento en el sector La Turca	63
19	Valores en volumen (m^3/ha) por tratamiento y año de medición en el sector La Turca .	66
20	Número de árboles por hectárea, volumen acumulado e incremento periódico (IPA) y medio anual (IMA) a la edad de 11 años por tratamiento en el sector La Turca	66
21	Valores medios de longitud de copa viva (m) por tratamiento en el sector La Cancha	67
22	Valores medios de longitud de copa viva (m) por tratamiento en el sector La Turca	71

En el Apéndice

1 A	Valores medios de altura inicio copa viva (m) por tratamiento	91
2 A	Valores medios de longitud de copa (Km/ha) por tratamiento	91
3 A	Relación longitud de copa/altura total por tratamiento	92

4 A	Severidad nominal de poda (%) por tratamiento	92
5 A	Función general de volumen total para el predio Tanumé, elaborada por INFORA estudios, utilizada en la estimación del volumen	92
6 A	Oportunidad de poda y raleo (año y mes) según tratamiento	93
7 A	Resumen de incrementos periódicos al año 1994 por variable y comparaciones específicas de tratamientos	93
8 A	Resumen de valores de F por variables, comparaciones específicas de tratamientos y períodos considerados	94



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Incremento periódico anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha	35
2	Incremento medio anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha ..	36
3	Incremento corriente anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha	37
4	Incremento periódico anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Turca	39
5	Incremento medio anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Turca ...	40
6	Incremento corriente anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Turca	41
7	Incremento periódico anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Cancha	43
8	Incremento medio anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Cancha	44
9	Incremento corriente anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Cancha	45
10	Incremento periódico anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca	48
11	Incremento medio anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca	49
12	Incremento corriente anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca	50

13	Incremento periódico anual en área basal (m ² /año) por tratamiento en el sector La Cancha	53
14	Incremento corriente anual en área basal (m ² /año) por tratamiento en el sector La Cancha	54
15	Incremento periódico anual en área basal (m ² /año) por tratamiento en el sector La Turca	57
16	Incremento corriente anual en área basal (m ² /año) por tratamiento en el sector La Turca	58
17	Incremento periódico anual en volumen (m ³ /año) por tratamiento en el sector La Cancha	60
18	Incremento corriente anual en volumen (m ³ /año) por tratamiento en el sector La Cancha	61
19	Incremento periódico anual en volumen (m ³ /año) por tratamiento en el sector La Turca	64
20	Incremento corriente anual en volumen (m ³ /año) por tratamiento en el sector La Turca	65
21	Incremento periódico anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha	68
22	Incremento corriente anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha	70
23	Incremento periódico anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Turca	72
24	Incremento corriente anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Turca	73

En el Apéndice

1 A	Arreglo de árboles plantados en doble hilera (a) 1000 arb/ha ((2x3)m x 7m) y agrupados (b) 625 arb/ha ((2x2m) x 6m) ...	95
2 A	Plano de ubicación del proyecto silvopastoral Tanumé. Pichilemu, VI Región	95



I INTRODUCCION

La necesidad de los países del tercer mundo de proporcionar alimentación, protección y energía a sus poblaciones, la incapacidad técnica de eliminación de todos los árboles en un área despejada con fines agrícolas, el propender a evitar el paulatino deterioro de los recursos edáficos y la búsqueda de una mayor diversificación en la producción, han permitido desarrollar un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra no tradicionales, mediante técnicas que se agrupan bajo el concepto de "Sistemas Agroforestales".

Entre estos sistemas, el sistema silvopastoral o silvopastoreo, ha sido definido como cualquier situación donde árboles y sistemas de pastoreo se establecen en forma conjunta. El término "Sistemas Silvopastorales" define cualquier combinación de especies forestales, pradera y ganado doméstico en el mismo sitio y tiempo, con el objetivo de producción de forraje, productos pecuarios y forestales (Sotomayor 1989).

Ante la competitividad por el uso del suelo, el pastoreo en bosques, ya sea temporal o durante toda su rotación, es una buena alternativa en muchas regiones de Chile. Los sistemas silvopastorales, aunque requieren una mayor tecnología y

un alto nivel de manejo, traen una serie de ventajas sobre un sistema forestal tradicional; entre otros, reduce riesgos de incendios, mejora el acceso al rodal, controla el crecimiento de malezas, mejora el crecimiento de los árboles al reducir la competencia, produce retornos económicos adicionales y una diversificación de la producción (Sotomayor 1989).

En Chile, los sistemas agroforestales más conocidos son los sistemas silvopastorales (Jacobs y Garfias 1993). No obstante lo anterior, existe una carencia de antecedentes respecto de las densidades y regímenes de manejo más apropiados para los sistemas silvopastorales. En este contexto el objetivo general del presente estudio es evaluar el efecto conjunto del espaciamiento inicial, de las prácticas de manejo posteriores y del tipo de pradera, en un sistema silvopastoral con plantación de Pinus radiata D. Don a densidades iniciales de 1000 y 625 arb/ha.

II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 El concepto Agroforestal

FAO (1984) define sistema agroforestal como: "Un sistema de manejo sostenido de la tierra, que incrementa el rendimiento de ésta, combina la producción de cultivos y plantas forestales y/o animales, simultánea o consecutivamente, en la misma unidad de terreno, y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local".

Los sistemas agroforestales pueden clasificarse de acuerdo a la estructura (composición, arreglo); según su función; y según su escala socioeconómica y nivel de manejo. Según Combe y Budowski (1979), citados por Parilo et al. (1989), los sistemas agroforestales, según su estructura, están agrupados en tres categorías:

- 1.- Sistemas silvoagrícolas
- 2.- Sistemas agrosilvopastorales
- 3.- Sistemas silvopastorales

2.2 Manejo de un Sistema Silvopastoral

En general, los sistemas de manejo silvopastoral utilizan simultáneamente un terreno para producción forestal y ganadera, maximizando la producción y utilizando en forma óptima el suelo.

Según Contreras (1983), el manejo silvopastoral es un concepto moderno y dinámico que se basa principalmente en las esencias ecológicas, y en el traspaso de tecnologías para estructurar nuevos ecosistemas productores de energía, alimentos, protección, etc..

El pensamiento más reciente es que la agroforestación no es diferente de la forestación ordinaria: los principios silvícolas generales se aplican igualmente en los regímenes de manejo de sistemas silvopastorales (Maclaren 1993).

No obstante lo anterior, las oportunidades de las intervenciones y la calidad del manejo de árboles son más críticas bajo régimen silvopastoral, ya que los árboles por lo general tienen un mayor crecimiento inicial en su parte basal, ramas más gruesas y como resultado de esto, centros defectuosos más grandes (West et al. 1982, citados por Percival y Knowles 1985).

Maclaren (1993) señala que la clave para el silvopastoreo temprano es un buen y regular monitoreo de los árboles, del ganado y la pastura. Cuando la copa de los árboles está fuera del alcance de los animales, la supervisión se puede relajar un poco. Lo anterior es confirmado por Anderson et al. (1985), citados por Anderson (1987), quienes indican que cuando el silvopastoreo ha comenzado, la inspección frecuente es esencial para asegurar que el daño por el ganado no exceda límites aceptables.

En Chile, el objetivo primordial del manejo silvopastoral es la producción forestal; la idea de utilizar animales proviene del hecho que bajo los bosques se desarrolla una cubierta vegetal que hace aumentar, por un lado, el peligro de incendios y que es necesario mantener controlada, y por otro, porque hay una expectativa para aprovecharla, produciendo una continuidad en los ingresos anuales (Parilo et al. 1989).

2.2.1 Requerimientos y preparación del sitio

El sitio donde se establece un sistema silvopastoral debe reunir condiciones topográficas, climáticas, edáficas y vegetacionales; es decir condiciones necesarias para la coexistencia de una masa ganadera y bosque; también es

importante que la topografía y el clima permitan el manejo de ganado y que las condiciones edáficas, climáticas y de manejo permitan el desarrollo de suficiente pradera para mantener el ganado (Cornejo 1983).

También deben considerarse las aguadas que tenga el terreno para los animales. Los suelos muy degradados y erosionados no deben destinarse a sistemas silvopastorales.

La preparación del sitio para una plantación en un sistema silvopastoral es una de las actividades más tempranas e importantes, ayuda al establecimiento y prendimiento e incrementa el crecimiento de los árboles al reducir la competencia de otro tipo de vegetación (Sotomayor 1989).

Para eliminar la competencia herbácea y evitar la pérdida de plántulas y/o crecimiento en altura de las plantas, al momento del establecimiento, pueden utilizarse métodos de desmalezamiento manual, mecánico o químico. También se puede usar pastoreo fuerte y/o quemas antes de la plantación (Sotomayor 1989).

El pastoreo de la vegetación herbácea reduce el estrés hídrico en plantaciones jóvenes de coníferas sobre sitios que se caracterizan por veranos secos y con altas temperaturas,

llegando a ser, en algunas áreas, comparable la cantidad de agua en el suelo con tratamientos que eliminan totalmente la vegetación competitiva (Kruger 1985, citado por Vega 1991).

2.2.2 Densidad y diseño de plantaciones

En un sistema silvopastoral el dosel inferior es muy importante para la producción animal. Así, la densidad y diseño de plantaciones debe compatibilizar el dosel superior y el inferior, para obtener la máxima productividad sostenida o retorno del sistema.

Aquellos bosques que en un comienzo se plantaron con fines de producción de madera y que se desea destinarlos a un uso silvopastoral, deben transformarse sólo en los primeros años (6 años); a mayor edad la transformación no es conveniente, ya que el bosque ha cerrado bastante su dosel lo que va en desmedro de la pradera (Cornejo 1983).

Cuando se maneja el sistema para producción de madera y forraje (y/o carne), es preferible usar espaciamientos amplios que reduzcan la competencia entre las dos estratas vegetacionales. Sistemas en aplicación en Estados Unidos recomiendan empezar con plantaciones entre 910 y 1212 arb/ha; en Nueva Zelandia entre 625 y 1000 arb/ha; en Chile están en

estudios sistemas con densidades similares a Nueva Zelanda con espaciamientos considerando hileras simples (2x5; 2x7 m) o hileras dobles (2x3)x7 m (Sotomayor 1989).

Los arreglos más utilizados para una plantación silvopastoral son el sistema mixto (distribución uniforme de los árboles sobre la pradera) y el zonal (árboles y praderas creciendo separadamente pero adyacentes uno del otro).

El arreglo zonal probablemente simplifique los procedimientos de manejo, porque los componentes forestales y agrícolas pueden ser manejados de una forma más simple como un solo cultivo, dentro del sistema como un todo (Sotomayor 1989).

En relación al diseño, un aspecto importante a considerar, es la orientación de las hileras de plantación con respecto a la luz. La orientación influye en la cantidad de sombra entre hileras a medida que los árboles maduran, lo que afecta la producción de forraje. Es recomendable una alineación Norte-Sur, para una máxima exposición de la luz; las sombras se concentran sobre la hilera, dejando totalmente iluminados los pasillos en la época de mayor crecimiento vegetacional (Sotomayor 1989).

El aumento del espaciamiento inicial provoca un incremento en diámetro (DAP) y área basal (AB) por árbol, pero disminuye el AB por hectárea ya que ésta depende de la densidad del rodal (Sotomayor 1989).

El parámetro más importante para medir la productividad forestal es el volumen del rodal. Cuando el rendimiento en madera es expresado en volumen cúbico total, los rodales más densos tienen ventaja y usualmente producen más que los rodales abiertos (Benett 1971, Shepherd y Forrest 1973, Sotomayor 1980, citados por Sotomayor 1989).

La densidad inicial de plantación determina la calidad de la madera, principalmente debido al diámetro de ramas que originan los nudos de la madera. A medida que la densidad de plantación disminuye, hay un incremento directo en el diámetro de ramas y consecuentemente, un incremento en el centro nudoso del árbol. Este efecto negativo del espaciamiento amplio puede contrarrestarse mediante podas tempranas, las que deben efectuarse con frecuencia para mantener un centro nudoso de un tamaño predeterminado, de acuerdo a los objetivos de manejo y a las necesidades del mercado (Sotomayor 1989).

2.2.3 Tratamientos silvícolas: poda y raleo

En un sistema silvopastoral habrá un momento en su desarrollo en el cual surgirá una interferencia natural por luz entre el estrato herbáceo y arbóreo.

El manejo del bosque con ganado necesita intervenciones silvícolas (podas y raleos), ya que se debe cuidar que en todo momento la pradera cuente con la luz suficiente para su óptimo desarrollo (Cornejo 1983).

La necesidad de tratamientos silvícolas dependerá de muchos factores; entre ellos la densidad inicial, el hábito de crecimiento de las especies consideradas, el objetivo de manejo y el balance productivo esperado (Sotomayor 1989).

Las investigaciones sobre podas y raleos se han concentrado en la densidad, el manejo de desechos y el efecto de podas y raleos sobre la calidad de madera, especialmente sobre el tamaño del cilindro defectuoso (Tustin et al. 1979).

Hawley y Smith (1972), citados por Rodríguez (1986), afirman que la mejor época del año para realizar la poda verde es durante el período de receso vegetativo, cuando el cambium está inactivo y la corteza no se desprende con facilidad.

Anderson (1987), también indica que las podas son mejor realizadas durante la fase de crecimiento lento de los árboles. Esto puede ser tanto en otoño como en invierno.

En general se sostiene que el raleo puede ejecutarse en cualquier época del año, sin embargo es conveniente hacerlo en la estación de dormancia ya que permite una notable reacción de los árboles residuales en el período de crecimiento siguiente, liberados de la competencia (Rodríguez 1986).

Anderson (1987) señala que es importante en los sistemas silvopastorales que los raleos y las podas sean realizados mientras árboles y ramas sean pequeños. Esto limita la cantidad de desechos, reduce la sombra y baja el requerimiento de trabajo operacional. También el desecho pequeño es quebrado por el ganado y se descompone más rápidamente que grandes fragmentos. Indica, además, que en espaciamientos amplios el pino radiata desarrolla ramas de gran diámetro por lo que un programa de poda anual es esencial por dos razones: a) para restringir el diámetro del centro nudoso a 15-20 cm y b) reducir la sombra para la vegetación del suelo tanto como sea posible sin limitar la tasa de crecimiento de los árboles.

En el proyecto silvopastoral ubicado en el Centro Experimental Forestal (C.E.F.) Tanumé VI Región se ha llegado a densidades finales menores a 200 arb/ha en pino radiata a los nueve años de edad.

Densidades tan bajas como 50 arb/ha y tan altas como 400 arb/ha no parecen ser productivas (Knowles 1980, citado por Cornejo 1983).

Una vez alcanzado el nivel de cierre de copas, la densidad del bosque afecta fuertemente el rendimiento de forraje; a medida que la cobertura o área basal aumenta, hay una disminución en la producción de forraje.

Experiencias en Australia demuestran que praderas que crecen bajo rodales raleados y podados pueden crecer tan bien como en sectores descubiertos; aunque la materia seca es algo menor, el efecto protector de los árboles logra crear un microclima que evita la pérdida de agua, alargando el período vegetativo de la pradera (Cornejo 1983).

Las prácticas de raleos y podas retienen los árboles de buena forma y vigor, que serán los de mayor valor en la cosecha final. También mantiene el rodal abierto, incrementando el rendimiento de la pradera (Sotomayor 1989).

2.2.4 Eliminación de desechos

Las podas y raleos, especialmente raleos a desecho, originan un cubrimiento de la pradera con materiales de desecho, reduciendo el rendimiento en forraje e imposibilitando un adecuado pastoreo por los animales. Para minimizar la influencia negativa de estos desechos se debe reducir al mínimo la densidad inicial de plantación, realizar podas y raleos tempranos para evitar una acumulación excesiva de desechos, disminuir las prácticas de raleo a desecho y remoción o destrucción de desechos mediante acción mecánica o quemas (Sotomayor 1989).

El método más directo para disminuir los desechos y costos es plantar el número mínimo de árboles, consistente con el número deseado para la cosecha final. El manejo temprano, es decir comenzar con podas entre los tres y cinco años para pino radiata, reduce los daños producidos por estas faenas comparado con aquellas que se empiezan a los cinco años, ya que se disminuye el área de las heridas de podas (Tustin et al. 1979).

2.3 Manejo de la pradera

El manejar la densidad del bosque afecta directamente la transmisión de luz y por lo tanto la producción de forraje de la pradera, conjuntamente con la competencia por otros elementos del sistema.

2.3.1 Efecto del bosque sobre la pradera

El rendimiento de la pradera disminuye debido a la competencia que se produce con la estrata arbórea y arbustiva, por diversos recursos ambientales escasos, siendo principalmente estos radiación solar, agua y nutrientes.

La disminución de la radiación solar dentro del bosque, que provoca cambios en la producción de la estrata inferior, es influenciada por varias características del bosque mismo. Estas incluyen área foliar, forma de la copa, cobertura de copa, densidad en número de árboles y arreglo de hojas y ramas dentro del árbol (Sotomayor 1989).

La realización de raleos regulares es importante para mantener la radiación fotosintética a nivel del suelo por encima del 50%, que es mínimo para producir forraje (Macfarlane 1981, citado por Pottier 1984).

En bosques de pino radiata a medida que la densidad del rodal aumenta, disminuye la cantidad de luz transmitida y consecuentemente la cantidad de forraje producido y el ganado que puede ser soportado por esta pradera (Anderson et al. 1988, citados por Sotomayor 1989).

La competencia bajo el suelo por agua y nutrientes se da principalmente dentro de la zona radicular; por eso es importante que los componentes vegetales del sistema utilicen diferentes zonas de suelo y/o temporadas de crecimiento.

2.3.2 Selección de la cubierta herbácea

Es importante conocer que especie herbácea crece mejor bajo una estrata arbórea. En países como Australia, Estados Unidos y Nueva Zelanda se han hecho estudios específicos sobre esta materia. Las especies herbáceas a considerar dependerán de varios factores; los más importantes son la precipitación, el uso animal y la tolerancia a la competencia forestal (Sotomayor 1989).

El trébol subterráneo es una especie apropiada para praderas bajo dosel arbóreo por su capacidad de fijar Nitrógeno, su potencialidad de resiembra, su resistencia y estímulo por el pastoreo y por su tolerancia a ambientes sombríos, entre otras

características (Cornejo 1983).

2.3.3 Fertilización de la pradera

La selección de especies para usar bajo una cubierta forestal es importante en relación a la producción de forraje, pero la fertilización puede incrementar esta producción en praderas naturales o artificiales creciendo bajo los árboles (Sotomayor 1989).

Hart et al. (1970), citados por Sotomayor (1989), reportaron que la aplicación de 56 kg N/ha y 24 kg P/ha incrementó la producción de forraje cuatro veces, bajo un rodal de pino de 25 años de edad con un área basal de 25 m²/ha.

Un beneficio indirecto que se produce al fertilizar una pradera es el incremento en productividad del bosque, debido a una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. La adición de diferentes elementos minerales posibilita un mayor crecimiento en diámetro de las copas y finalmente, en volumen. En un estudio acerca del efecto de la fertilización en el crecimiento de pinos del Sur de Estados Unidos, Lewis y Pearson (1987), citados por Sotomayor (1989), notaron que después de 20 años los pinos creciendo en praderas fertilizadas fueron de mayor tamaño que aquellos creciendo en

praderas naturales no fertilizadas, y produjeron cerca de 30% más madera durante este período.

2.4 Manejo animal

Los recursos pratenses existentes, las condiciones de mercado y las preferencias del usuario condicionan la clase de ganado a usar en la unidad silvopastoral, requiriendo del manejo de varios factores para asegurar una relación árbol animal aceptable (Sotomayor 1989).

2.4.1 Efectos del pastoreo animal en el bosque

Frecuentemente se menciona al pisoteo, al ramoneo y el descortezado como uno de los mayores problemas entre los árboles cuando el ganado pastorea una pradera plantada, siendo la principal causa de mortalidad cuando se han tratado de utilizar para eliminar la maleza competitiva.

Siempre que el descortezado abarque menos de un cuarto de la superficie del árbol y no afecte a la médula y a los muñones de las ramas podadas ocluidas, los perjuicios a largo plazo son escasos. Sin embargo, conviene subrayar que el ganado causa daños a los árboles de hasta ocho años de edad (Knowles y Clutler 1980, citados por Pottier 1984).

El número, la distribución del ganado y el tiempo de uso de la pradera son factores que, si son manejados cuidadosamente, convierten al ganado en una herramienta silvicultural útil para el establecimiento de plantaciones; la incorporación de especies forrajeras a la plantación, aunque parece contradictorio, ayuda al control de malezas si se acompaña de un manejo cuidadoso del ganado. Al aumentar la palatabilidad de la pradera se disminuye el riesgo de daño por ramoneo (Doescher et al. 1987).

2.4.2 Tiempo y temporada de pastoreo

El tiempo y temporada de pastoreo es también un factor importante a considerar; en general el pastoreo animal en plantaciones jóvenes debe realizarse antes o después, no durante la formación y crecimiento de las yemas, ya que se ha observado un mayor ramoneo sobre las partes en crecimiento de la planta.

Experiencias desarrolladas por Sharrow y Leininger (1983), citados por Sotomayor (1989), determinaron que un alto ramoneo de las plantas nuevas de pino oregón por ovejas fue confinado al período de primavera cuando estaban presentes ramas y acículas tiernas. El pastoreo en primavera afectó en un 13-44% a plantas nuevas que fueron consumidas por las ovejas. En

contraste, un escaso ramoneo de árboles ocurrió durante los períodos de verano y otoño.

No obstante lo anterior, Doescher et al. (1987) afirman que tanto el ganado ovino como el bovino prefiere la vegetación herbácea; sin embargo, en el verano, cuando la pradera pierde palatabilidad, los animales pueden dejar de consumirla y en su lugar ramonear los brotes aún tiernos de los árboles.

Para evitar el daño sobre las plantas debido al ramoneo se debe esperar hasta que las plantas puedan resistir el daño animal. Ese período de tiempo depende del tipo de animal y de árbol utilizado, de la tasa de crecimiento de los árboles y de la disponibilidad de forraje (Sotomayor 1989).

2.4.3 Ingreso de animales

En plantaciones de pino radiata, el ingreso de animales podrá realizarse cuando éstas hayan alcanzado suficiente altura, de manera que los animales no le causen daño. Según Carbone (1983), el ganado bovino no puede pastar junto a los árboles hasta que éstos tengan 4 m de altura, lo que ocurre después de 3 años en buenos sitios. Sin embargo, experiencias desarrolladas en la región del Maule por Cornejo (1983), señalan que cuando el bosque alcanza una altura de 1.5 m

el daño no es relevante por parte del ganado bovino.

La calidad de la pradera juega un papel preponderante en la decisión de ingreso de ganado a la plantación, ya que de esto dependerá el posible daño que pueda ocasionarse al suelo y a la plantación.

En plantaciones de pino radiata, con el objetivo de favorecer tanto el desarrollo de la pradera como la superficie disponible para el ganado y, a su vez, proteger la plantación de posibles quebraduras de ramas y ramillas que pudieran dañar el fuste del árbol, se recomienda efectuar una poda a una altura máxima de 80 cm del suelo para el caso de las plantaciones de 2 m de altura y una poda de 1 m para las de 3 m de altura, previo a la introducción del ganado (Carbone 1983).

Cornejo (1983) recomienda utilizar una raza animal rústica, que se adapte a las condiciones reinantes.

El ingreso de ganado caprino y porcino se prohíbe en forma absoluta, debido al daño que éstos pudieran ocasionar a la plantación como consecuencia de su ramoneo selectivo (praderas, árboles, etc.) (Carbone 1983).

Cornejo (1983) señala que no es conveniente introducir toros, ya que por sus características provocan mayor daño a la plantación, rompen los cercos y en general son de difícil manejo.

2.4.4 Distribución de los animales

El control del número y distribución de los animales y la regulación del tiempo de permanencia en un área dada son esenciales para minimizar el ramoneo, pisoteo y otro tipo de daño sobre las plántulas y árboles jóvenes. La probabilidad de ramoneo aumenta cuando los pastos más palatables son eliminados y los animales son forzados a comer forraje menos deseable (Sotomayor 1989).

Cuando el ganado tiende a concentrarse en determinadas áreas ya sea por protección, por agua, o por una determinada topografía, ocurre que parte de las plantaciones son subutilizadas y otras sobrepastoreadas.

Diversos autores señalan que el agua es un factor primario para determinar el uso animal de un área. A menudo se sostiene que la localización del agua y suplemento de sales minerales es una estrategia para lograr una mejor distribución animal (Sotomayor 1989).

El uso de sistemas de pastoreo especializado (rotaciones diferidas, rotaciones de descanso, sistemas de corta duración, etc.), pueden dar una mejor rotación y descanso a la pradera, mejoran los recursos forrajeros y ayudan a incrementar la capacidad de pastoreo (Sotomayor 1989).

2.4.5 Carga animal

El aspecto más importante a considerar en el manejo ganadero en un sistema silvopastoral es el balance entre el número de animales y la producción de forraje disponible. Después de establecida la plantación, la carga animal dependerá del tipo y cantidad de forraje disponible. En los primeros años la plantación debe ser favorecida sobre la producción de forraje (Sotomayor 1989).

Ensayos realizados en Nueva Zelandia recomiendan que en los dos primeros años el ganado debe excluirse de la plantación para permitir el establecimiento de los árboles (Cornejo 1983).

Currie et al. (1978), citados por Sotomayor (1989), señalan que con una tasa fuerte de pastoreo, el 83% de las plántulas fue dañada, mientras que solamente un 11% y 16% fue dañada con uso moderado y leve, respectivamente.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Area de estudio

El Centro Experimental Forestal Tanumé se encuentra ubicado en la sexta Región, provincia Cardenal Caro, comuna de Pichilemu, aproximadamente a unos 40 kilómetros al norte de este balneario. La ubicación geográfica corresponde a 34°9' - 34°15' Latitud Sur y 72°53' - 72°59', Longitud Oeste (Figura 2A; Apéndice).

El clima en el área de estudio es templado sub húmedo (mediterráneo) con influencia marítima, con cuatro meses de sequía. La estación metereológica de Tanumé, latitud (g.m.s.) 34.12, longitud (g.m.w.) 72.55 y elevación 340 m.s.n.m., indica para el período comprendido entre los años 1985 y 1993, una precipitación media anual de 705.22 mm; el promedio anual de las temperaturas sobrepasa los 11.6 °C, registrándose en los meses más calurosos una máxima media de 15.4 °C y en los meses más fríos una mínima media de 8.6 °C; la humedad relativa media es de un 88.8%. El período libre de heladas se concentra entre Septiembre y Mayo.

El área de ensayo es de topografía de lomajes suaves. Los suelos, originados de sedimentos marinos, pertenecen a la serie Curanipe, que de acuerdo a la nomenclatura del sistema taxonómico de la 7a Aproximación se clasifican dentro del orden Alfisol y suborden Xeralfs. Presentan texturas franco arcillosas de color pardo oscuro y texturas arcillosas de color pardo rojizo oscuro en profundidad. La estructura es de bloques subangulares finos y medios a prismática que rompe a bloques angulares y subangulares, prismática en profundidad. Son suelos profundos y susceptibles a la erosión de manto. La capacidad de uso es VI. La presente investigación, que se realiza en virtud de un Convenio CONAF-INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), subestación "La Platina", se desarrolla en dos sectores denominados La Cancha y La Turca. El sector La Turca se ubica muy próximo al mar, a unos 12 km aproximadamente del sector La Cancha ubicado hacia el interior. Existen entre ambos sectores claras diferencias en cuanto a factores limitantes, determinando distintas calidades de sitio en lo referido principalmente a características de clima, lo que se refleja en un menor crecimiento de los árboles en el sector La Turca.

El estudio se desarrolla en 42 ha, con siete módulos de seis ha cada uno, que representan igual número de tratamientos (Tablas 1 y 2), con un número variable de unidades experimentales o parcelas de forma circular.

TABLA 1. TRATAMIENTOS POR TIPO DE PRADERA, DENSIDAD DE PLANTACION Y SUB SECTOR, EN EL SECTOR LA CANCHA.

Tratamiento	Tipo de pradera	Densidad (arb/ha)	Sub sector
T1	sembrada	625	Las Manchas
T2	sembrada	1000	El Rincón
T3	natural mejorada	625	La Piedra
T4	natural	625	La Lagunilla
T5*	natural	1600	Los Junquillos

* : tratamiento testigo sin silvopastoreo.

TABLA 2. TRATAMIENTOS POR TIPO DE PRADERA, DENSIDAD DE PLANTACION Y SUB SECTOR, EN EL SECTOR LA TURCA.

Tratamiento	Tipo de pradera	Densidad (arb/ha)	Sub sector
T6	natural mejorada	1000	La Turca I
T7	natural	1000	La Turca II

La Corporación Nacional Forestal VI Región, elaboró un estudio de suelos que considera la descripción y análisis de la fertilidad natural de los suelos, para lo cual se realizaron el año 1985 calicatas en los dos sectores que comprende el proyecto silvopastoral. Los análisis de suelo efectuados

señalan algunas diferencias entre sub sectores, pero siempre dentro de un cuadro general semejante, que puede resumirse de la siguiente forma: El pH es ligeramente ácido con valores extremos de 4.5 y 5.8, ambos en el sector La Turca. Los valores de materia orgánica son en general bajos, exceptuando el sector antes mencionado, el cual presenta niveles medios a altos de acuerdo a los estándares para la zona central del país. Los valores de nitrógeno son muy bajos (<10 ppm) y bajos (10-20 ppm) en toda el área de estudio. Sólo se exceptúa el sub sector La Turca 1 el cual presenta niveles medios. En cuanto al fósforo, los valores son bajos y muy bajos en todos los perfiles estudiados. Los valores de potasio son adecuados incluso en el subsuelo de la mayor parte del área estudiada.

3.2 Metodología

El proyecto silvopastoral se inició en 1983; en Junio de ese año se realizó la plantación de pino radiata a tres densidades: 1000 arb/ha, 625 arb/ha y 1600 arb/ha (Figura 1A; Apéndice). La densidad de 1000 arb/ha corresponde a un arreglo en franjas, en la que el distanciamiento entre árboles en la franja es de 2x3 m y entre franjas es de 7m.

La densidad de 625 arb/ha corresponde a un arreglo de cuatro plantas en conglomerado a un distanciamiento de 2x2 m; la

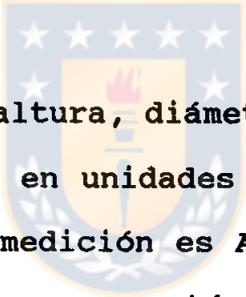
distancia entre conglomerado es de 6x6 m. La densidad de 1600 arb/ha corresponde a una plantación normal, con un distanciamiento de 2.5x2.5 m. El proyecto se estructuró en módulos agrosilvopastorales durante el año 1985; ese año se establecieron praderas sembradas asociadas a trigo y manejo de praderas naturales, en combinación con las plantaciones de pino radiata, en las densidades de 1000 y 625 arb/ha. A partir del año 1986 los módulos agrosilvopastorales pasan a constituir un sistema silvopastoral con ovinos.

La preparación del suelo para la siembra consistió en aradura y rastraje, correspondientes a los tratamientos que consideran siembra de praderas asociadas a trigo (T1 y T2); fueron efectuadas en los períodos del 6 al 12 de Septiembre y del 16 al 19 de Octubre del año 1984, respectivamente. En el Otoño del año 1985 se realizó una cruzada con el fin de lograr una acabada preparación del suelo.

En 1985 se sembró la pradera a razón de 107 kg/ha de semilla de trigo, 4 kg/ha de semilla de trébol subterráneo, y 5.8 kg/ha de semilla de falaris. También se fertilizó con fósforo y nitrógeno, a la forma de superfosfato triple y urea, respectivamente, a razón de 209 kgP/ha y 196 kgN/ha; esta pradera tiene fertilización anual de 109 kgN/ha y 109 kgP/ha. En Junio de 1986 se fertilizó por primera vez la pradera

natural mejorada a razón de 76 kgN/ha y 122 kgP/ha; esta pradera considera fertilización cada cuatro años.

Las plantas usadas fueron producidas en el vivero Tanumé, a raíz desnuda y tenían 25 cm de altura promedio al momento de la plantación. Se usó semilla mejorada (árboles semilleros) provenientes de la VIII región. La técnica de plantación correspondió a la de arado en surco, plantándose sobre el camellón en tierra removida y mullida, siguiendo las curvas de nivel.



Las variables de estado altura, diámetro y longitud de copa, se han medido anualmente en unidades muestrales permanentes (parcelas). La época de medición es Abril-Mayo. No obstante lo anterior, no siempre se respetó la fecha de medición, transcurriendo en algunos casos períodos distintos de doce meses entre mediciones. Cada parcela permanente está señalizada en el plano cartográfico y en terreno por una estaca pintada. La altura total se midió a partir de 1986, el diámetro a la altura del pecho (Dap) a partir de 1988 y la longitud de copa desde el año 1989.

Las unidades experimentales o parcelas permanentes son circulares de 17 m de radio (908 m²), a excepción del tratamiento con plantación normal cuyo radio es de 8 m (201

m²). Al año 1991, los tratamientos presentan un número variable de repeticiones ($10 < n < 14$ parcelas) distribuidas sistemáticamente. A partir del año 1992 todos los tratamientos tienen un número fijo de seis repeticiones o parcelas.

Las parcelas han estado sometidas a prácticas de podas y raleos a través del tiempo (Tabla 6A; Apéndice). Las mediciones de las variables de estado se han realizado en los árboles remanentes más cercanos al centro de las parcelas siendo por lo tanto individuos distintos los que se han medido en el tiempo. En los tratamientos con densidades originales de 1000 arb/ha se midieron los 19 árboles remanentes más cercanos al centro de la parcela y en los tratamientos con densidades originales de 625 y 1600 arb/ha se midieron los 11 árboles remanentes más cercanos al centro de la parcela.

El criterio utilizado para definir la oportunidad, forma y las densidades remanentes de los raleos (Tabla 3), difiere al de una plantación normal, ya que se orientó a la optimización del sistema tratando de buscar un equilibrio que permitiera el aprovechamiento máximo de los árboles y de la pradera para el forraje. Las condiciones anteriores determinaron los siguientes objetivos de raleo en orden de precedencia:

- a. El espaciamiento entre los árboles debía generar las condiciones para un buen desarrollo de la pradera.
- b. Lograr un espaciamiento uniforme de los árboles, factor que permite también una uniformidad de la intensidad lumínica sobre la pradera.
- c. En lo posible, el cumplimiento de las dos condiciones anteriores debía lograrse tratando de conservar los mejores individuos.

TABLA 3. VALORES MEDIOS DE DENSIDAD (arb/ha) Y OPORTUNIDAD DE PODA Y RALEO.

Año	Tratamiento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1986	473	954	526	477	1368	717	763
1987	469	950	523	459	1368	717	761
1988	468p	757p	523p	459p	1351p	717p	761p
1989	316r	542r	360r	324r	779r	434r	397r
1990	313p	540p	358p	320p	771p	430p	392p
1991	226r	380r	229r	214r	522r	428	390
1992	226	380	229	214	522	428	389
1993	187pr	198pr	180pr	172pr	522	300r	295r
1994	187	198	180	172	522	299	295

p: poda
r: raleo.

En el presente estudio se analizó el crecimiento en altura, diámetro, área basal, volumen y longitud de copa. El volumen se calculó con la función general de volumen total elaborada por INFORA estudios para el predio Tanumé por encargo de CONAF

VI Región (Tabla 5A; Apéndice).

3.3 Diseño experimental

Por condiciones de heterogeneidad ambiental los tratamientos no son comparables entre los sectores La Cancha y La Turca, por lo que se realizó un análisis independiente para cada sector. El trabajo se remitió al análisis de tendencias, efectuándose análisis estadístico solamente para los incrementos que comprenden el período entre la primera y última medición de cada variable de estado considerada.

El análisis a la edad de 11 años, fecha de la última medición, para las comparaciones entre tratamientos a densidad inicial de 625 arb/ha, asumió un Diseño Completo al Azar (Little y Hills 1976); el análisis de las comparaciones restantes fué entre poblaciones específicas, considerando siempre un número fijo de seis repeticiones en todos los casos.

Los incrementos de las variables altura, dap, área basal, longitud de copa y volumen, fueron: a densidad inicial de 625 arb/ha evaluar las respuestas en distintos tipos de pradera (tratamientos T1-T3-T4); en praderas sembradas evaluar las respuestas en densidades iniciales de 1000 arb/ha y 625 arb/ha (tratamientos T1-T2); en praderas naturales evaluar las

respuestas en densidades iniciales de 625 arb/ha y 1600 arb/ha (tratamientos T4-T5); y a densidad inicial de 1000 arb/ha evaluar las respuestas en distintos tipos de pradera (tratamientos T6-T7) (Tabla 7A; Apéndice).

Para cada variable considerada se realizó Análisis de Varianza en los años bases de los incrementos, para detectar la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tratamientos. Para los incrementos se utilizó el criterio de realizar Análisis de Varianza cuando no existían éstas diferencias, y Análisis de Covarianza cuando existían diferencias entre las medias de los tratamientos (Tabla 4) (Steel y Torrie 1988).

En el sector La Cancha, la evaluación de los incrementos se realizó a través del Análisis de Varianza; para la comparación de las medias se utilizó el Test de Tukey-Kramer (Steel y Torrie 1988).

En el sector La Turca, la evaluación de los incrementos de las variables altura, longitud de copa y volumen se realizó a través del Análisis de Varianza; los incrementos de las variables dap y área basal fueron evaluados a través del Análisis de Covarianza.

TABLA 4. DISEÑO COMPLETO AL AZAR POR SECTOR, VARIABLE, TIPO DE ANALISIS E INCREMENTO.

Sector	Variable	Tipo de análisis	Incremento
La Cancha	Altura (m)	Varianza	1986-1994
	Dap (cm)	Varianza	1988-1994
	G (m ²)	Varianza	1988-1994
	L.C. (m)	Varianza	1989-1994
	Volumen (m ³)	Varianza	1991-1994
La Turca	Altura (m)	Varianza	1986-1994
	Dap (cm)	Covarianza	1988-1994
	G (m ²)	Covarianza	1988-1994
	L.C. (m)	Varianza	1989-1994
	Volumen (m ³)	Varianza	1991-1994

G : área basal

L.C.: longitud de copa.

Se probó los supuestos de homogeneidad de varianza y de distribución normal mediante el Test de Cochran y Test de Kormogorov-Smirnov (Steel y Torrie 1988). Cuando no se cumplió homogeneidad de varianza los valores de F se calcularon mediante la F asimilada general (Chun Li 1969). El método especial descrito resulta más sensible a las varianzas desiguales.

IV RESULTADOS

4.1 Crecimiento en altura

Sector La Cancha

Al año 1994, oportunidad en que se efectuó el último control y considerando el período 1986-1994, se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T1 y T2. Esto a pesar de la baja sensibilidad que esta variable tiene a cambios en la densidad y el efecto que densidades extremas pueden producir sobre el incremento de la altura (Daniel et al. 1982). No se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T4-T5, ni tampoco entre T1-T3-T4 (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

En el año 1986, a la edad de tres años y oportunidad de la primera medición, los tratamientos T1 y T2 ya presentaban diferencias en valores absolutos; esta condición se mantiene, siendo mayor a partir del año 1992 (Tabla 5). El tratamiento T2 presenta el valor mayor en Incremento Periódico Anual (IPA) 1986-1994 con 1.96 m/año, contra 1.72 m/año de T1 ; los valores en IPA de los otros tratamientos del sector, para el mismo período, son; para T3 1.77 m/año, para T4 1.72 m/año y para T5 1.84 m/año (Figura 1).

TABLA 5. VALORES MEDIOS DE ALTURA TOTAL (m) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA CANCHA.

Año	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
1986	1.44	1.49	1.50	1.48	1.63
1987	2.63	2.89	2.90	2.58	2.96
1988	4.32	4.90	4.99	4.36	5.03
1989	5.58	6.20	5.99	5.48	6.25
1990	6.79	7.33	6.95	6.26	7.47
1991	9.17	9.66	9.39	8.58	9.63
1992	11.25	12.66	12.01	11.46	12.64
1993	13.71	15.62	13.93	13.70	14.78
1994	15.22	17.20	15.68	15.22	16.32

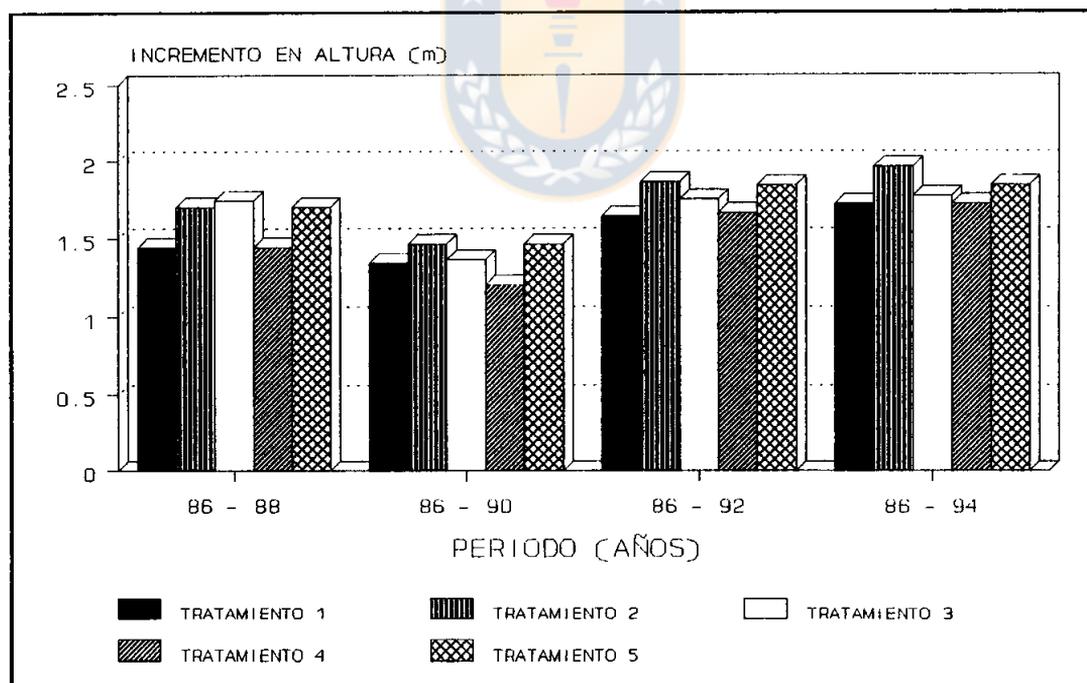


Fig. 1. Incremento periódico anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

Los menores valores en IPA, en todos los tratamientos, se detectan al año 1990, coincidiendo con el último año de un periodo de sequía que se prolongó entre los años 1988 y 1990. El tratamiento T4 presenta el menor valor con 1.20 m/año. T2 y T5 tienen los mayores valores con 1.46 m/año.

En todos los tratamientos los valores de incremento periódico anual son superiores a los de incremento medio anual (IMA) (Figura 2).

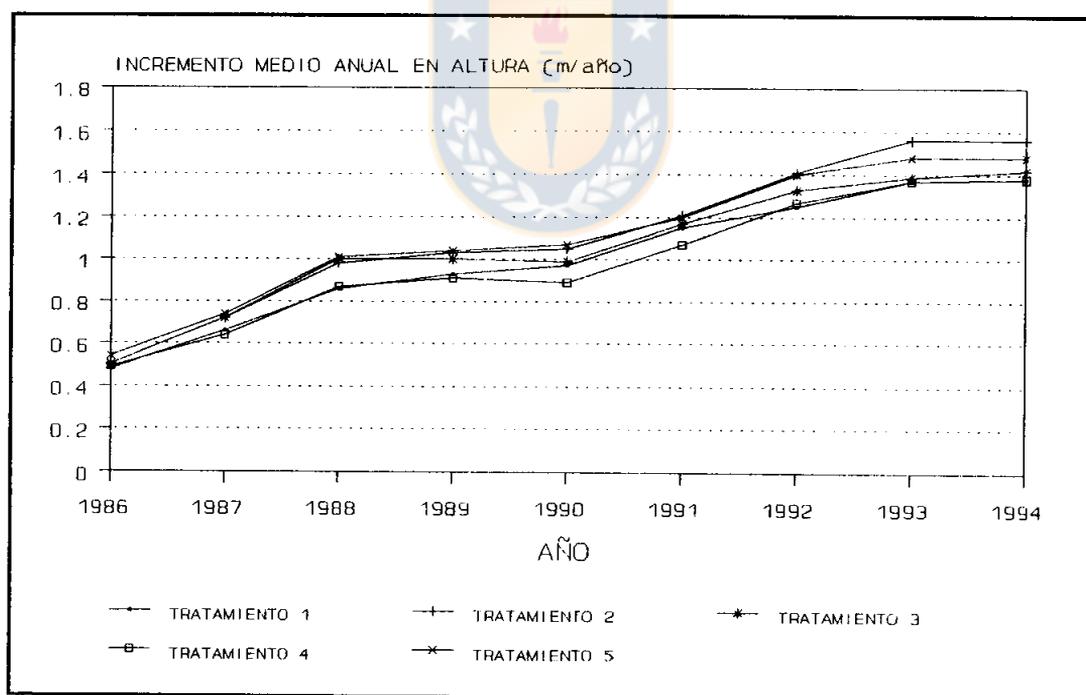


Fig. 2. Incremento medio anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

Los raleos en general no incidieron en el crecimiento en altura. Entre los años 1988 y 1990, período de escasa precipitación, disminuyeron los incrementos corrientes (Figura 3). En el período 1993-1994, las reducciones de los incrementos corrientes se acentúan, coincidiendo con la ejecución de una poda simultáneamente con el raleo el año 1993 y un nuevo período de escasa precipitación el año 1994.

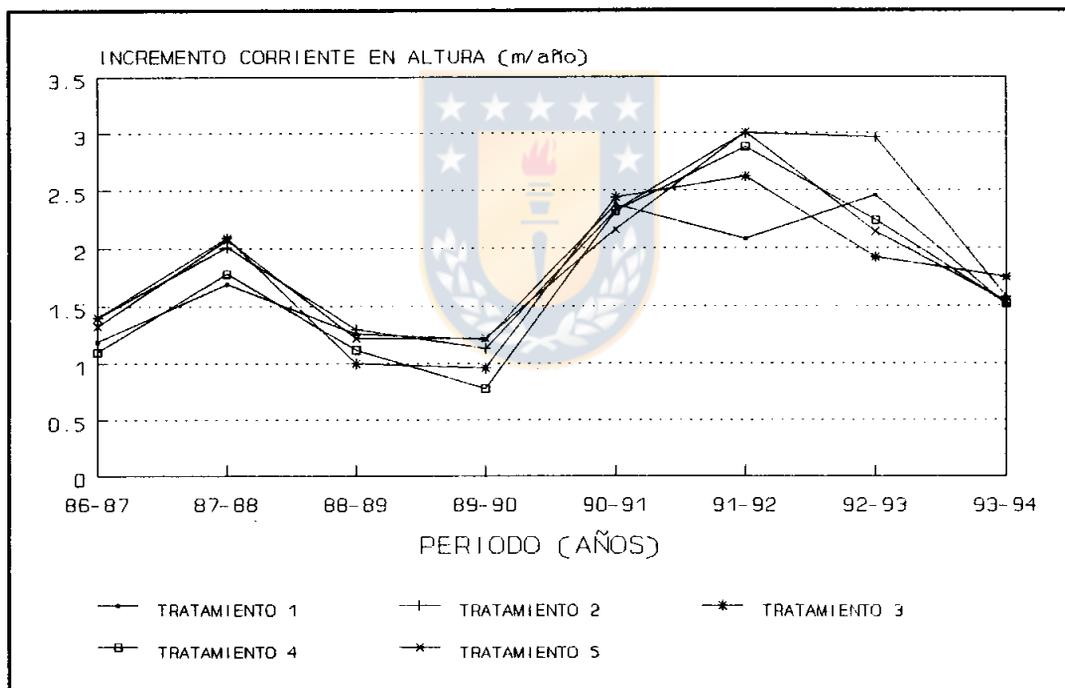


Fig. 3. Incremento corriente anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

El tratamiento T2 presenta el menor porcentaje de árboles removidos en los dos primeros raleos con un 28.40% y 29.63% respectivamente; conservando la mayor densidad en el tiempo después del tratamiento T5, aún cuando el tercer raleo es el más fuerte en el sector con un 47.90% de árboles extraídos (Tabla 3).

Sector La Turca

Al año 1994 y considerando el período 1986-1994, no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T6 y T7 (Tablas 7A y 8A; Apéndice). Sin embargo, los valores anuales absolutos son mayores en el tratamiento T7 respecto de T6, exceptuando el año 1987 a la edad de cuatro años (Tabla 6). Los incrementos periódicos a través del tiempo son mayores en el tratamiento T7, a excepción del período 86-87, donde el valor mayor corresponde al tratamiento T6 (Figura 4).

Los valores de incremento periódico anual son superiores a los de incremento medio anual (Figura 5).

TABLA 6. VALORES MEDIOS DE ALTURA TOTAL (m) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA TURCA.

Tratamiento		
Año	T6	T7
1986	0.91	0.92
1987	1.74	1.69
1988	2.65	2.95
1989	3.50	3.88
1990	4.48	4.84
1991	5.62	6.10
1992	7.59	8.27
1993	9.48	10.39
1994	11.28	11.62

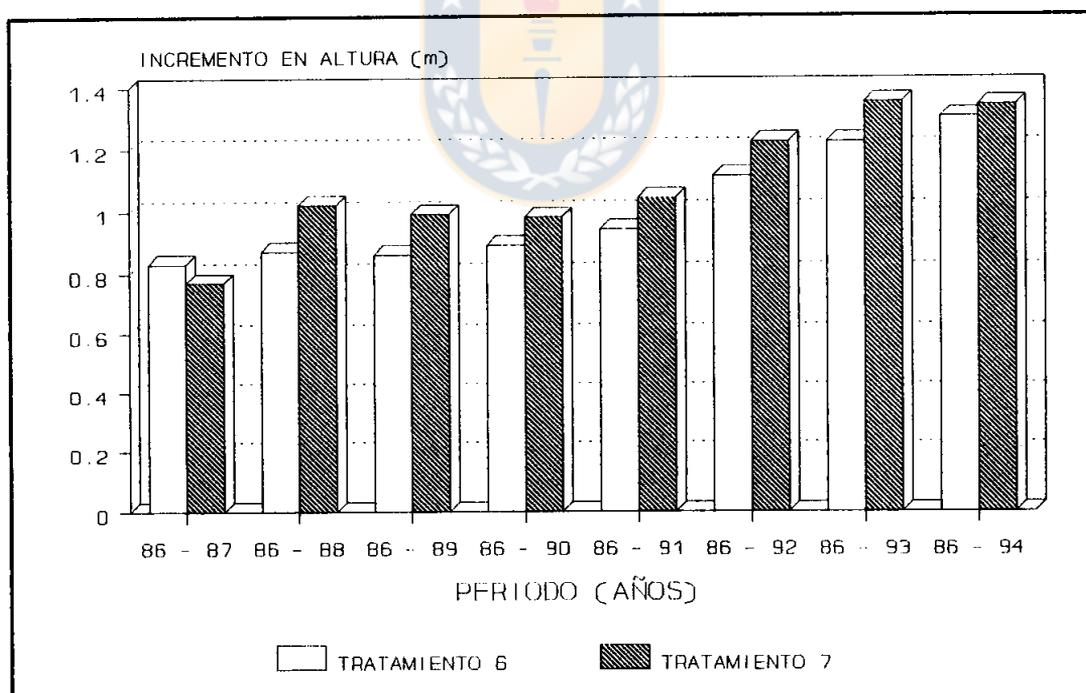


Fig. 4. Incremento periódico anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Turca.

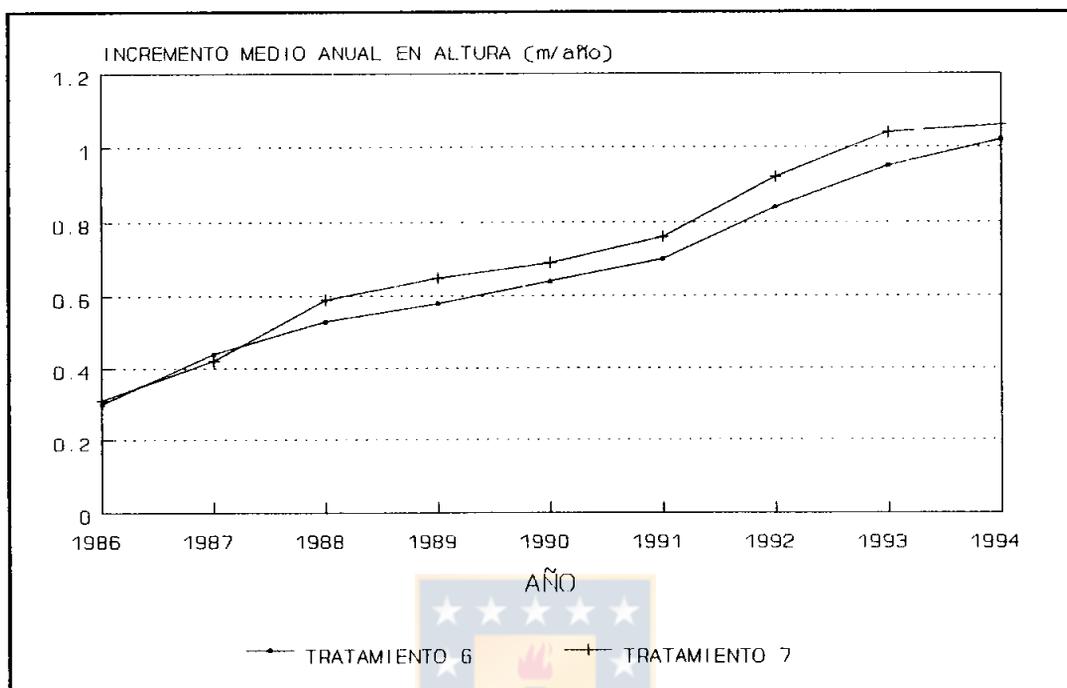


Fig. 5. Incremento medio anual en altura (m/año) por tratamiento en el sector La Turca.

Los incrementos medios anuales muestran un aumento sostenido a través del tiempo. Los incrementos corrientes disminuyen durante el período de sequía (años 1988-1990), tendiendo a ser constantes a partir del año 1991, con una reducción del tratamiento T7 el año 1994 (Figura 6).

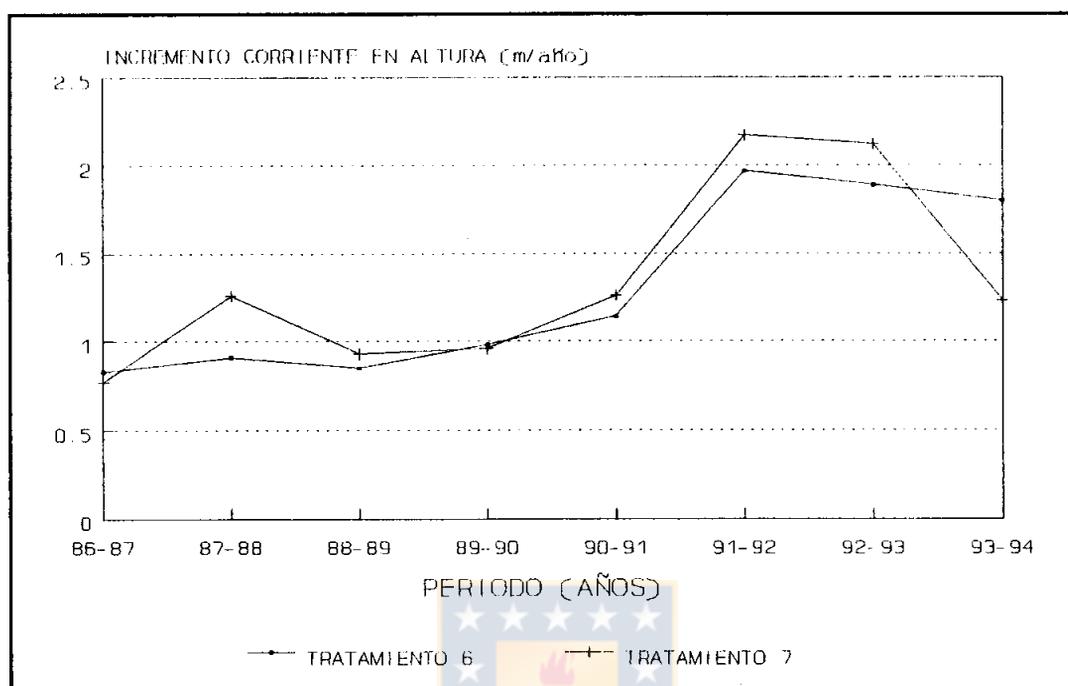


Fig. 6. Incremento corriente anual en altura (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca.

4.2 Crecimiento en diámetro

Sector La Cancha

A la edad de 11 años y considerando el período 1988-1994 se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos T1-T2, T4-T5 y T1-T3-T4. La dódima de contrastes múltiples entregó diferencias en todas las comparaciones (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

Los valores medios de dap por tratamiento se indican en la Tabla 7. Al año 1994 el valor mayor corresponde al tratamiento T1 (densidad de 187 arb/ha en pradera sembrada y fertilizada anualmente).

TABLA 7. VALORES MEDIOS DE DAP (cm) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA CANCHA.

Año	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
1988	7.64	7.45	7.99	7.39	7.75
1989	11.05	10.59	10.88	9.94	9.58
1990	14.11	13.45	14.29	13.08	11.90
1991	17.56	16.81	18.12	16.30	14.43
1992	22.06	20.60	22.19	20.76	19.45
1993	26.33	23.90	25.43	24.02	22.35
1994	28.77	26.93	27.80	26.13	24.48

En todos los tratamientos, los valores de incremento periódico anual, son superiores a los de incremento medio anual. El IPA promedio de los tratamientos para el período 1988-1994 alcanza a 3.20 cm/año (Figura 7), mientras que el IMA llega a 2.44 cm/año (Figura 8).

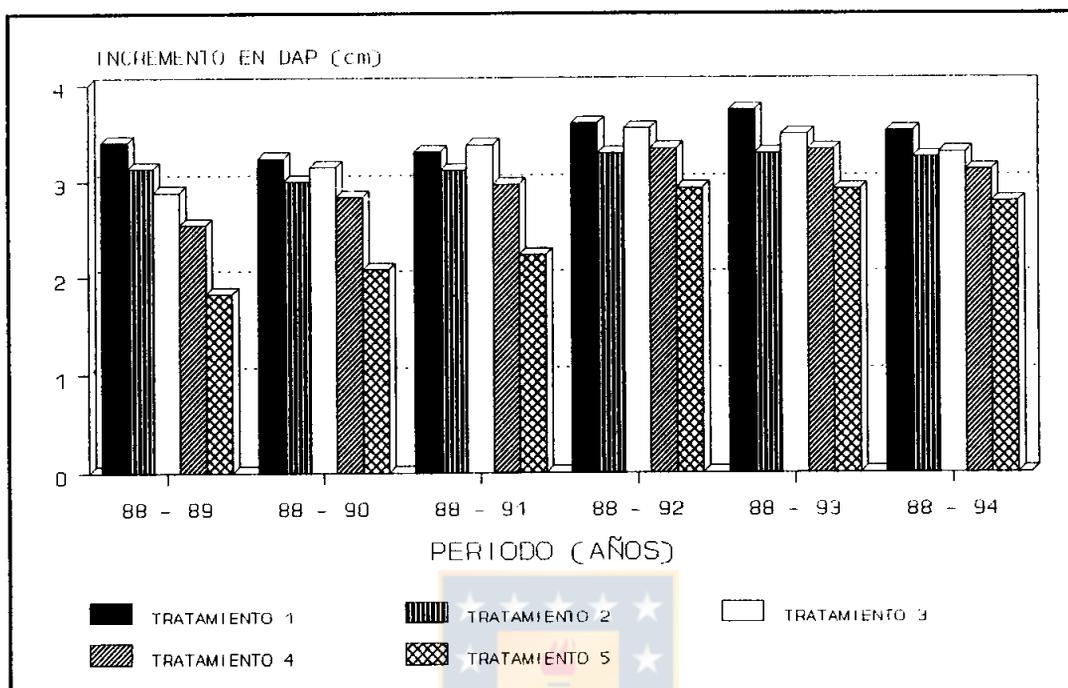


Fig. 7. Incremento periódico anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

Después del primer raleo, efectuado el año 1989, se detectó un aumento del incremento corriente anual en diámetro en el período 89-90 en los tratamientos T3, T4 y T5, no así en los tratamientos T1 y T2 (Figura 9). En el período 90-91 el aumento del incremento en diámetro se detectó en todos los tratamientos a niveles moderados.

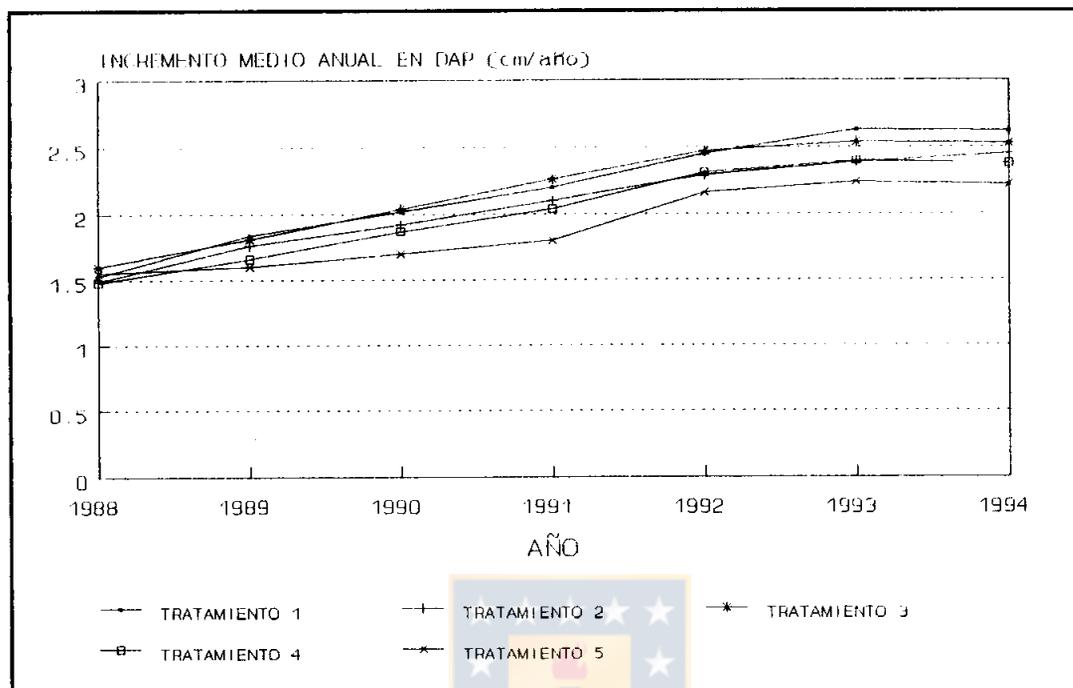


Fig. 8. Incremento medio anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

Después del segundo raleo, realizado el año 1991, se detectó un nuevo aumento del incremento en diámetro en todos los tratamientos en el período 91-92, especialmente en el tratamiento T5 que alcanzó el mayor valor. En los períodos siguientes los incrementos en diámetros decrecen en todos los tratamientos.

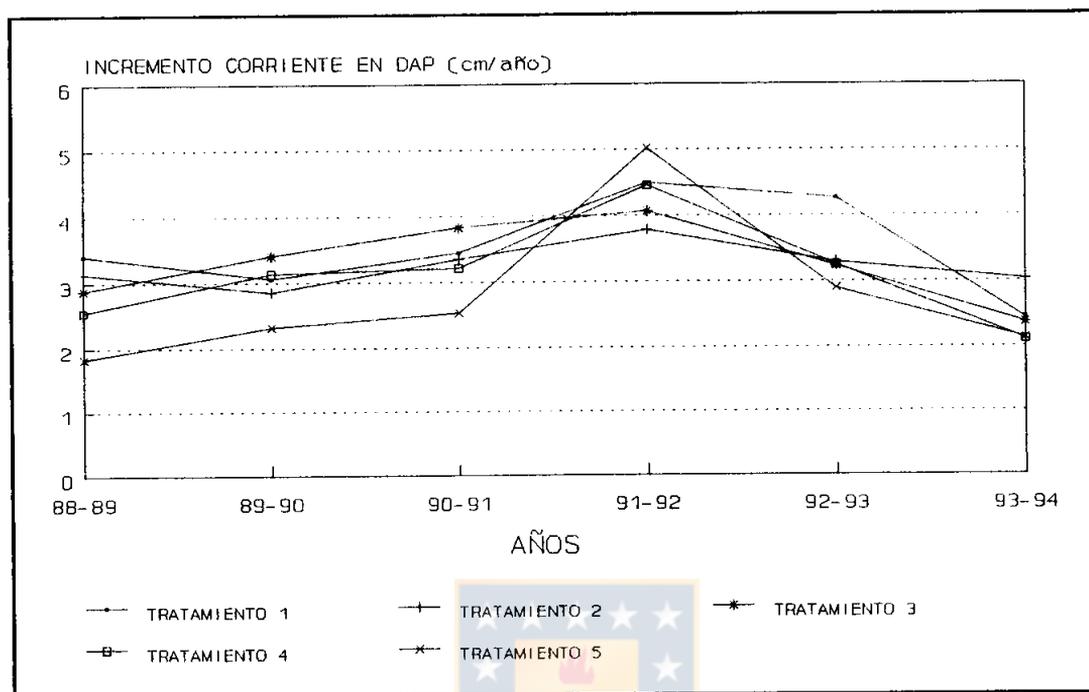


Fig. 9. Incremento corriente anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

La mantención de intensidades de raleo similares en densidades iniciales iguales trae como consecuencia una distribución de diámetros más uniforme. Al año 1994 en los tratamientos T1, T3 y T4, en promedio, aproximadamente el 74.95 % de los árboles se concentran en el rango diamétrico de 26-30 cm (Tabla 8). Este efecto de homogenización de diámetros se detecta incluso en densidades iniciales distintas. Para los tratamientos T1 y T2, aproximadamente el 78.18 % de los árboles se concentran en el rango diamétrico de 28-30 cm. En los tratamientos T4 y T5,

aproximadamente un 87.61% de los árboles se encuentran en el rango de 24-26 cm.

TABLA 8. TABLA DE RODAL Y EXISTENCIA SEGUN TRATAMIENTO PARA EL AÑO 1994 EN EL SECTOR LA CANCHA.

	Clase dap	Arb/ha	G(m ² /ha)	Vol(m ³ /ha)
Tratamiento 1	28	57	3.5098	16.9941
	30	130	9.1892	41.1195
Total		187	12.6990	58.1136
Tratamiento 2	24	55	2.4881	15.7898
	26	29	1.5397	9.3493
	28	75	4.6181	29.4966
	30	39	2.7567	16.3490
Total		198	11.4026	70.9847
Tratamiento 3	24	37	1.6738	9.3435
	26	59	3.1325	16.7243
	28	33	2.0320	11.1912
	30	--	-----	-----
	32	51	4.1017	19.4388
Total		180	10.9400	56.6978
Tratamiento 4	20	14	0.4398	2.3700
	22	--	-----	-----
	24	33	1.4929	8.9199
	26	53	2.8139	16.1196
	28	37	2.2783	11.7895
	30	35	2.4740	14.4300
Total		172	9.4989	53.6290
Tratamiento 5	24	348	15.7431	99.7347
	26	174	9.2382	58.6359
Total		522	24.9813	158.3706

Sector La Turca

Al año 1994 y considerando el período 1988-1994 no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T6 y T7 (Tablas 7A y 8A; Apéndice). Sin embargo, el tratamiento T7 siempre tiene los valores mayores (Tabla 9).

TABLA 9. VALORES MEDIOS DE DAP (cm) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA TURCA.

Año	Tratamiento	
	T6	T7
1988	3.24	4.23
1989	5.61	6.83
1990	8.59	9.68
1991	11.49	12.29
1992	14.36	15.99
1993	16.30	18.79
1994	19.02	21.42

Los incrementos periódicos anuales son mayores en el tratamiento T7 respecto de T6 en todos los períodos con excepción del año 1991 (Figura 10).

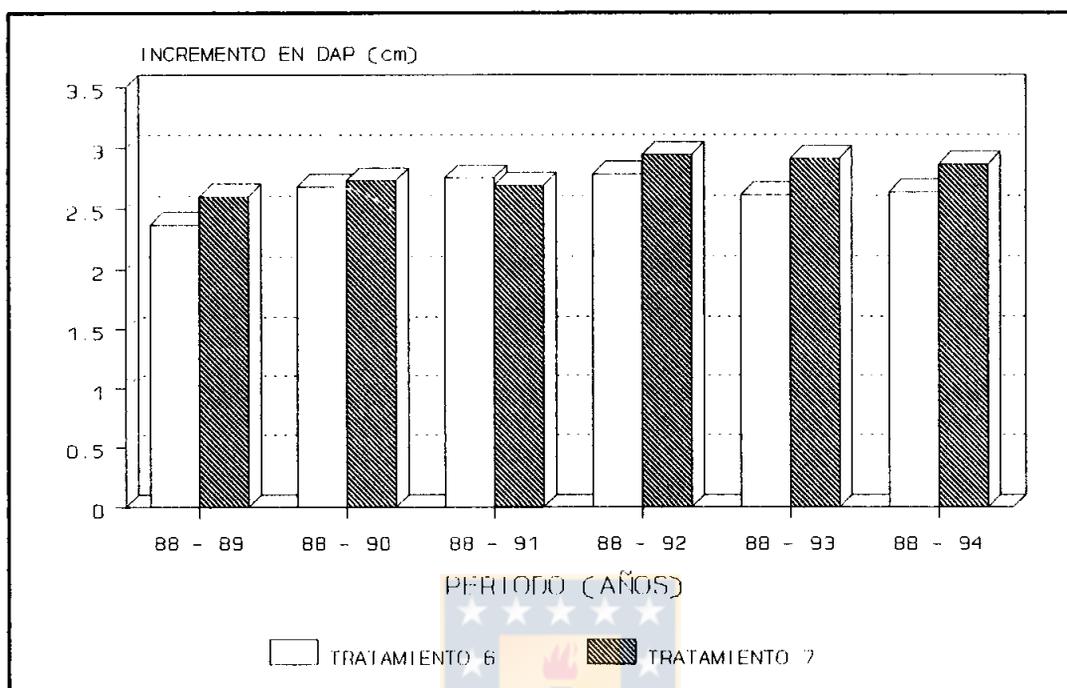


Fig. 10. Incremento periódico anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca.

En los dos tratamientos (T6 y T7), los valores de incremento periódico anual son superiores a los de incremento medio anual (Figura 11).

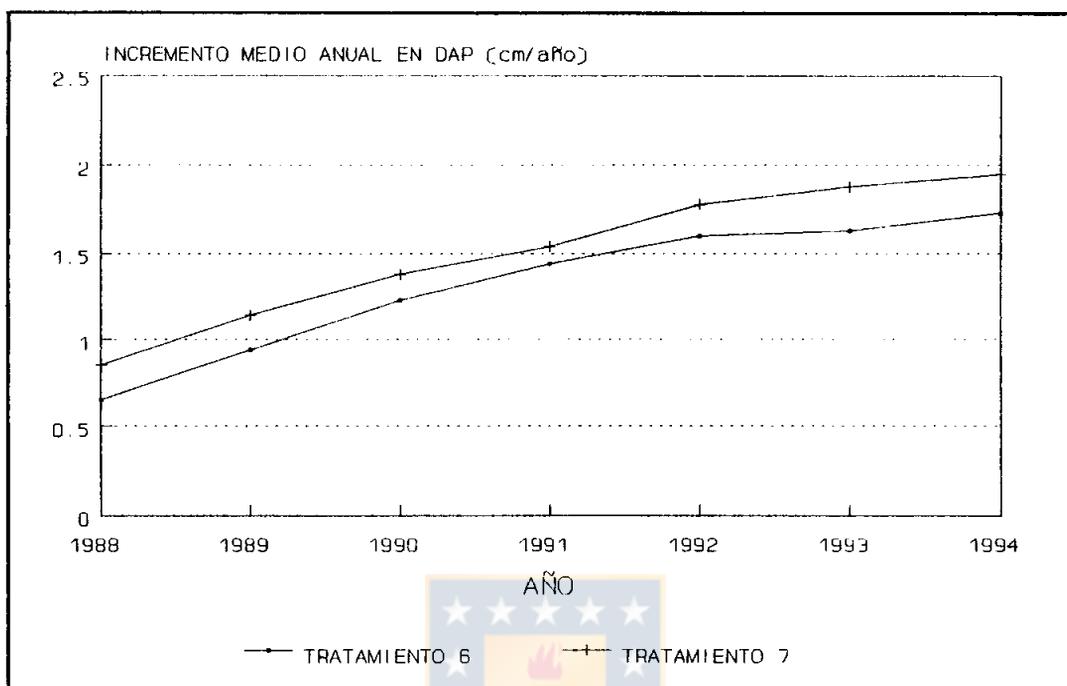


Fig. 11. Incremento medio anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca.

Los incrementos corrientes son mayores en el tratamiento T6 en los períodos 89-90, 90-91 y 93-94, mientras que en el resto de los períodos los valores mayores corresponden al tratamiento T7 (Figura 12).

Después del raleo efectuado el año 1989, se detectó un leve aumento en el incremento corriente anual en el período posterior (89-90), que va decreciendo en el tiempo con

excepción del período 91-92 para el tratamiento T7. El raleo de 1993, generó un aumento del incremento en el tratamiento T6, no así en el tratamiento T7.

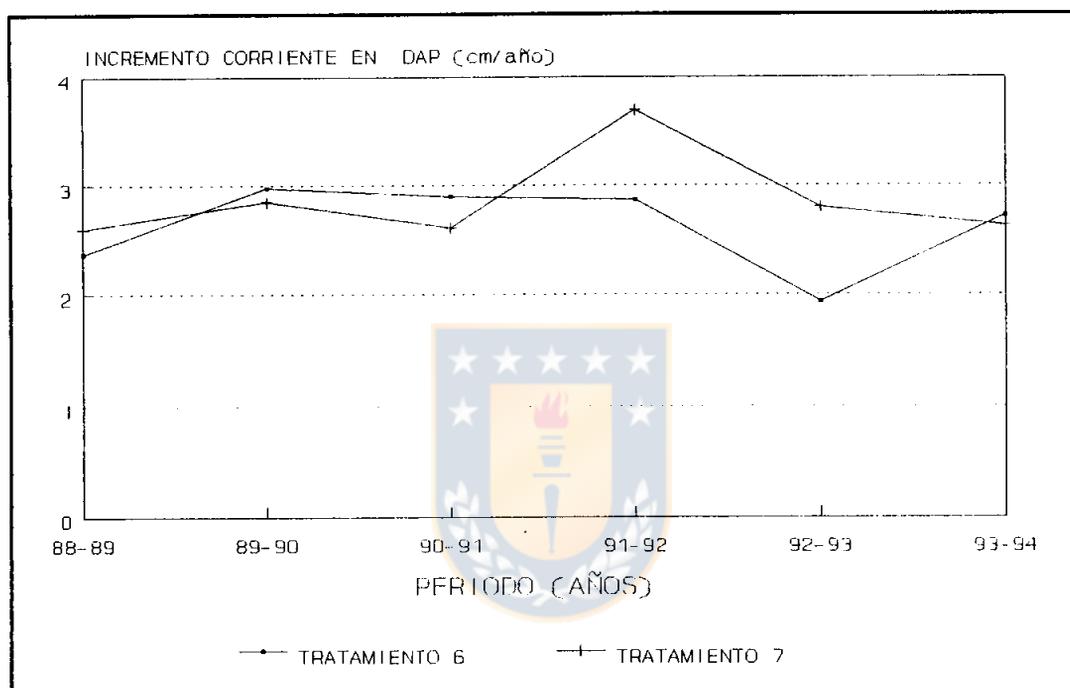


Fig. 12. Incremento corriente anual en diámetro (cm/año) por tratamiento en el sector La Turca.

A la edad de 11 años en el sector La Turca se concentra aproximadamente un 93.43 % de los árboles en el rango diamétrico de 18-22 cm (Tabla 10); en el sector La Cancha se concentra aproximadamente un 1.11 % de los árboles en el mismo rango diamétrico (Tabla 8); la diferencia en calidad de sitio explica los menores diámetros en el primer sector.

TABLA 10. TABLA DE RODAL Y EXISTENCIA SEGUN TRATAMIENTO PARA EL AÑO 1994 EN EL SECTOR LA TURCA.

	Clase dap	Arb/ha	G(m ² /ha)	Vol(m ³ /ha)
Tratamiento 6	18	158	4.0206	24.1298
	20	92	2.8903	15.3592
	22	49	1.8626	10.1991
Total		299	8.7735	49.6881
Tratamiento 7	18	62	1.5777	9.0463
	20	88	2.7646	15.4629
	22	106	4.0294	21.8986
	24	39	1.7643	7.6919
Total		295	10.1360	54.0997

4.3 Crecimiento en área basal

Sector La Cancha

Al año 1994 y considerando el período 1988-1994 no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos T1-T2, T4-T5 y T1-T3-T4 (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

En general a través del tiempo se detectan valores mayores en área basal por árbol en los tratamientos de menor densidad residual y con praderas fertilizadas (T1 y T3) (Tabla 11).

TABLA 11. VALORES MEDIOS DE AREA BASAL (m²) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA CANCHA.

Año	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
1988	0.0046	0.0044	0.0050	0.0043	0.0047
1989	0.0096	0.0088	0.0093	0.0078	0.0072
1990	0.0156	0.0142	0.0160	0.0134	0.0111
1991	0.0242	0.0222	0.0258	0.0209	0.0164
1992	0.0382	0.0333	0.0387	0.0338	0.0297
1993	0.0544	0.0449	0.0508	0.0453	0.0393
1994	0.0650	0.0570	0.0607	0.0536	0.0471

El incremento periódico anual muestra un aumento sostenido a través del tiempo, tendiendo a la estabilización el año 1994 en todos los tratamientos (Figura 13).

El incremento corriente anual en área basal por árbol aumenta sostenidamente en todos los tratamientos hasta el año 1992; en los años siguientes se da una tendencia hacia valores menores, excepto en el tratamiento T2 que muestra un alza sostenida y T1 que aumentó su valor el año 1993 (Figura 14).

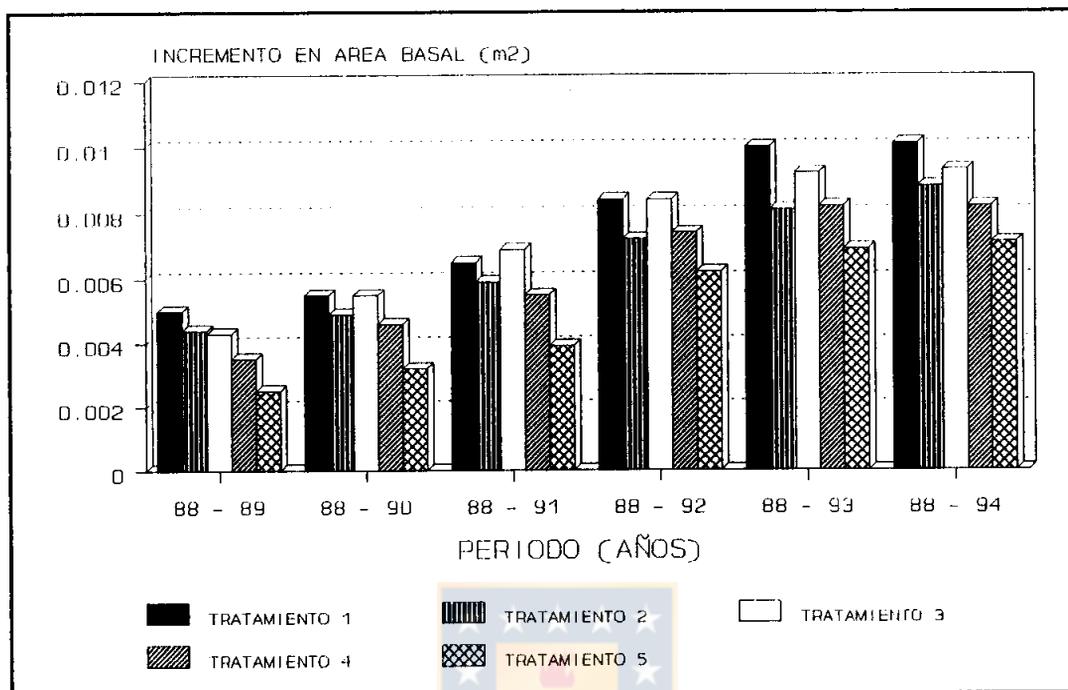


Fig. 13. Incremento periódico anual en área basal (m²/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

El área basal total por hectárea es directamente afectado por la intensidad de los raleos y consecuentemente con la densidad residual por tratamiento; sin embargo, el efecto de los raleos es compensado en parte por el mayor incremento en área basal por árbol. En general se detecta un crecimiento sostenido en área basal total por hectárea (Tabla 12).

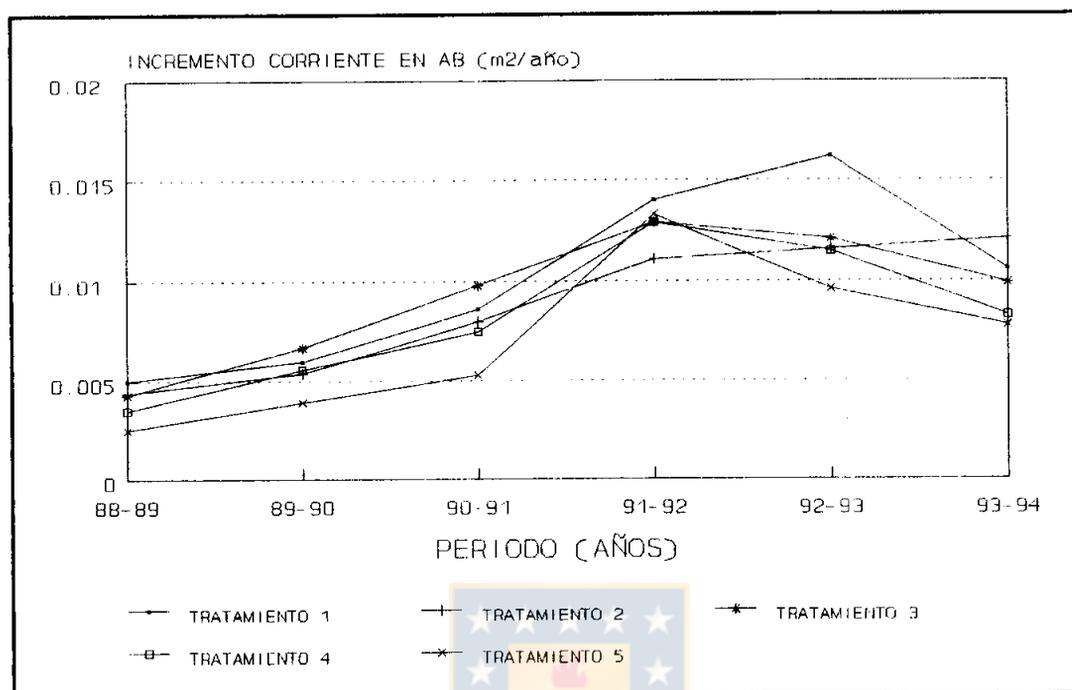


Fig. 14. Incremento corriente anual en área basal (m²/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

TABLA 12. VALORES EN AREA BASAL (m²/ha) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICION EN EL SECTOR LA CANCHA.

Trat	Año						
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
T1	2.1528	3.0336	4.8828	5.4692	8.6332	10.1728	12.1550
T2	3.3308	4.7696	7.6680	8.4360	12.6540	8.8902	11.2860
T3	2.6150	3.3480	5.7280	5.9082	8.8623	9.1440	10.9260
T4	1.9737	2.5272	4.2880	4.4726	7.2332	7.7916	9.1292
T5	6.3497	5.6088	8.5581	8.5608	15.5034	20.5146	24.5862

En praderas fertilizadas el tratamiento T1 muestra mayores valores en área basal por árbol a través del tiempo que el tratamiento T2. Sin embargo, el tratamiento T2 presenta mayores valores en área basal por hectárea hasta el año 1992, por una mayor densidad residual.

A densidades similares no existen grandes diferencias entre los tratamientos T1 y T3 en área basal por árbol, pero sí respecto del tratamiento T4, siendo siempre mayores los valores en los tratamientos con praderas fertilizadas.

Al año 1994, en promedio, los tratamientos T1, T3 y T4 (con densidades residuales similares), concentran un 58.79 % del área basal total por hectárea en el rango diamétrico de 28-30 cm, con 19.48 m²/ha. Los tratamientos T4 y T5 (con densidades residuales distintas), concentran un 84.94 % del área basal total por hectárea en el rango diamétrico de 24-26 cm, con 29.29 m²/ha. Los tratamientos T1 y T2 (con densidades residuales distintas), concentran un 83.29 % del área basal total por hectárea en el rango diamétrico de 28-30 cm, con 20.07 m²/ha (Tabla 8).

Sector La Turca

Al año 1994 y considerando el período 1988-1994 no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T6 y T7 (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

Los mayores valores en área basal por árbol se concentran en el tratamiento T7 en todos los períodos analizados (Tabla 13).

TABLA 13. VALORES MEDIOS DE AREA BASAL (m²) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA TURCA.

Año	Tratamiento	
	T6	T7
1988	0.0008	0.0014
1989	0.0025	0.0037
1990	0.0058	0.0074
1991	0.0104	0.0119
1992	0.0162	0.0201
1993	0.0209	0.0277
1994	0.0284	0.0360

El incremento periódico anual por árbol es ascendente y mayor para el tratamiento T7 respecto del tratamiento T6 (Figura 15).

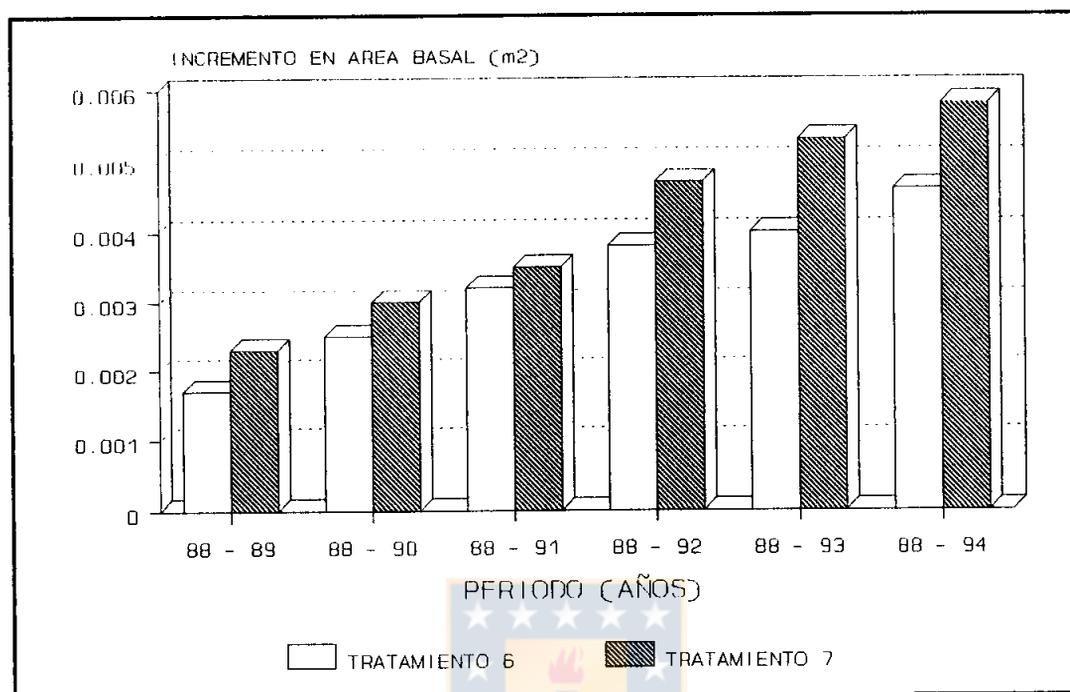


Fig. 15. Incremento periódico anual en área basal ($m^2/año$) por tratamiento en el sector La Turca.

El incremento corriente anual por árbol también es mayor en el tratamiento T7 respecto del tratamiento T6, con excepción del período 90-91 (Figura 16).

El área basal total por hectárea es mayor en el tratamiento T7 respecto de T6 (Tabla 14).

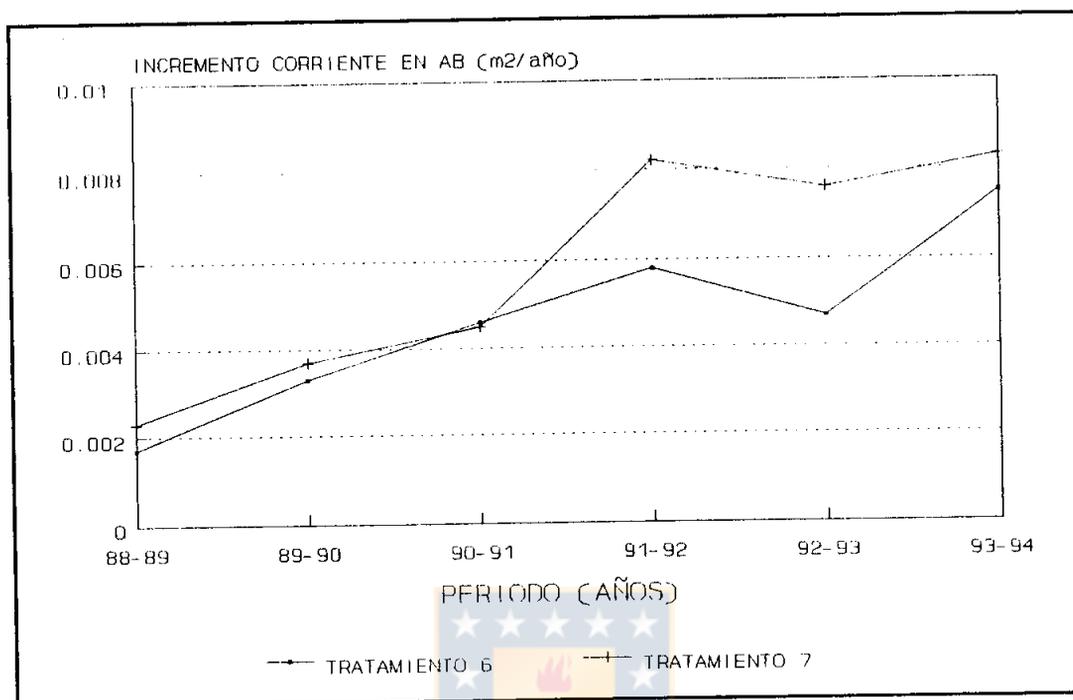


Fig. 16. Incremento corriente anual en área basal (m²/año) por tratamiento en el sector La Turca.

TABLA 14. VALORES EN AREA BASAL (m²/ha) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICION EN EL SECTOR LA TURCA.

Trat	Año						
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
T6	0.5736	1.0850	2.4940	4.4512	6.9336	6.2700	8.4916
T7	1.0654	1.4689	2.9008	4.6410	7.8189	8.1715	10.6200

Al año 1994 los tratamientos T6 y T7, en promedio, concentran un 90.67 % del área basal total por hectárea en el rango diamétrico de 18-22 cm. El tratamiento T7 tiene

aproximadamente un 15.53 % (1.36 m²/ha) más área basal total por hectárea que el tratamiento T6 (Tabla 10).

4.4 Crecimiento en volumen

Sector La Cancha

A la edad de 11 años y considerando el período 1991-1994 se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T1-T2, no así entre T1-T3-T4, ni entre T4-T5 (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

El tratamiento T2 alcanza mayores valores absolutos que el tratamiento T1 a partir del año 1992 (Tabla 15).

TABLA 15. VALORES MEDIOS DE VOLUMEN (m³) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA CANCHA.

Año	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
1991	0.1319	0.1275	0.1387	0.1154	0.0950
1992	0.1875	0.1963	0.2002	0.1822	0.1833
1993	0.2559	0.2794	0.2568	0.2428	0.2464
1994	0.3083	0.3507	0.3167	0.2923	0.3005

El incremento periódico anual del tratamiento T2 es mayor que T1 a través del tiempo. Entre los tratamientos T1, T3 y T4, a densidades residuales similares, los incrementos son también similares. En praderas naturales, el tratamiento T5 mantiene incrementos mayores que el tratamiento T4 (Figura 17).

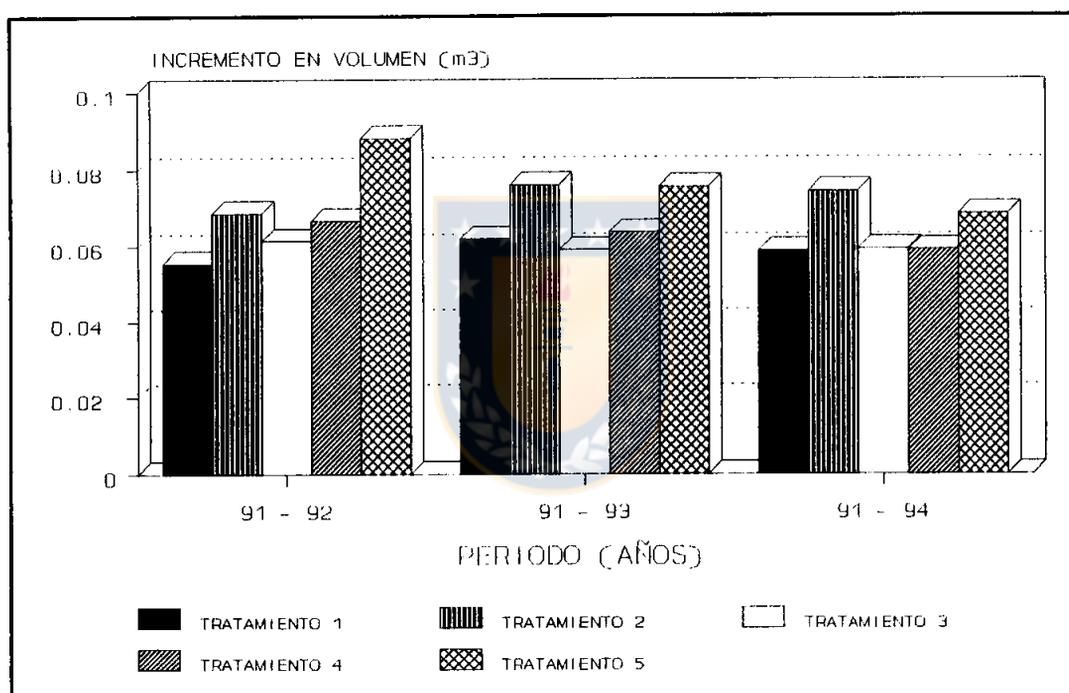


Fig. 17. Incremento periódico anual en volumen (m³/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

En los incrementos corrientes anuales se detectó una tendencia a la disminución en los tratamientos en praderas naturales (T4 y T5) (Figura 18).

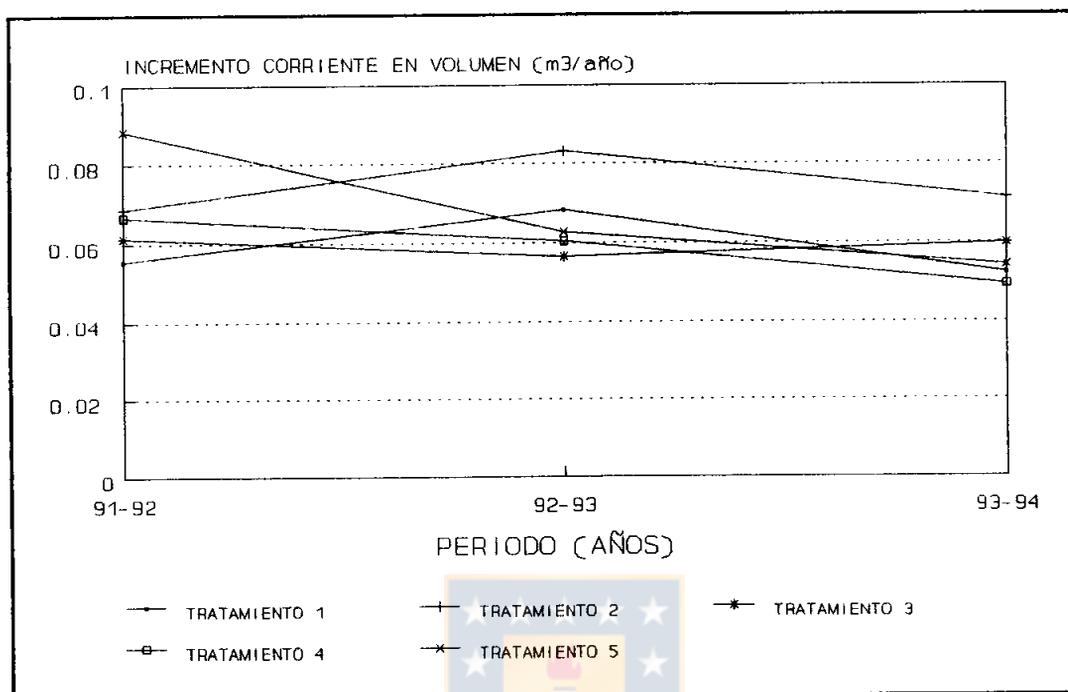


Fig. 18. Incremento corriente anual en volumen (m³/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

El volumen total neto por hectárea aumenta sostenidamente en todos los tratamientos, a excepción del tratamiento T2 en el año 1993 donde se produce una reducción por el fuerte raleo al que fué sometido, que alcanzó a un 47.90% de árboles removidos. A la edad de 11 años, el volumen acumulado en el tratamiento T5 ascendió a 156.86 m³/ha, un 167.7% mayor que el promedio de los restantes tratamientos que ascendió a 58.59 m³/ha. Existe una directa relación entre densidad residual y volumen total; a mayor densidad residual mayor volumen (Tabla 16).

TABLA 16. VALORES EN VOLUMEN (m³/ha) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICION EN EL SECTOR LA CANCHA.

Trat	Año			
	1991	1992	1993	1994
T1	29.8094	42.3750	47.8533	57.6521
T2	48.4500	74.5940	55.3212	69.4386
T3	31.7623	45.8458	46.2240	57.0060
T4	24.6956	38.9908	41.7616	50.2756
T5	49.5900	95.6826	128.5164	156.8610

A la edad de 11 años, los valores de incremento periódico anual son superiores a los de incremento medio anual en todos los tratamientos, especialmente T5 (Tabla 17).

TABLA 17. NUMERO DE ARBOLES POR HECTAREA, VOLUMEN ACUMULADO E INCREMENTO PERIODICO (IPA) Y MEDIO ANUAL (IMA) A LA EDAD DE 11 AÑOS POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA CANCHA.

Trat	Arb/ha	Volumen (m ³ /ha)	IPA	IMA
			(m ³ /ha/año)	
T1	187	57.6521	9.2809	5.2411
T2	198	69.4386	6.9962	6.3126
T3	180	57.0060	8.4146	5.1824
T4	172	50.2756	8.5267	4.5705
T5	522	156.8610	35.7570	14.2601

Sector La Turca

Al año 1994 y considerando el período 1991-1994 no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T6 y T7 (Tablas 7A y 8A; Apéndice). Sin embargo, los valores en volumen por árbol siempre son mayores en el tratamiento T7 respecto del tratamiento T6 (Tabla 18).

TABLA 18. VALORES MEDIOS DE VOLUMEN (m³) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA TURCA.

Año	Tratamiento	
	T6	T7
1991	0.0431	0.0560
1992	0.0881	0.1104
1993	0.1204	0.1536
1994	0.1645	0.1892

Los incrementos periódicos anuales, son mayores en el tratamiento T7 respecto del tratamiento T6; en el período 1991-1994 las diferencias entre ambos tratamientos alcanzan su menor valor (Figura 19).

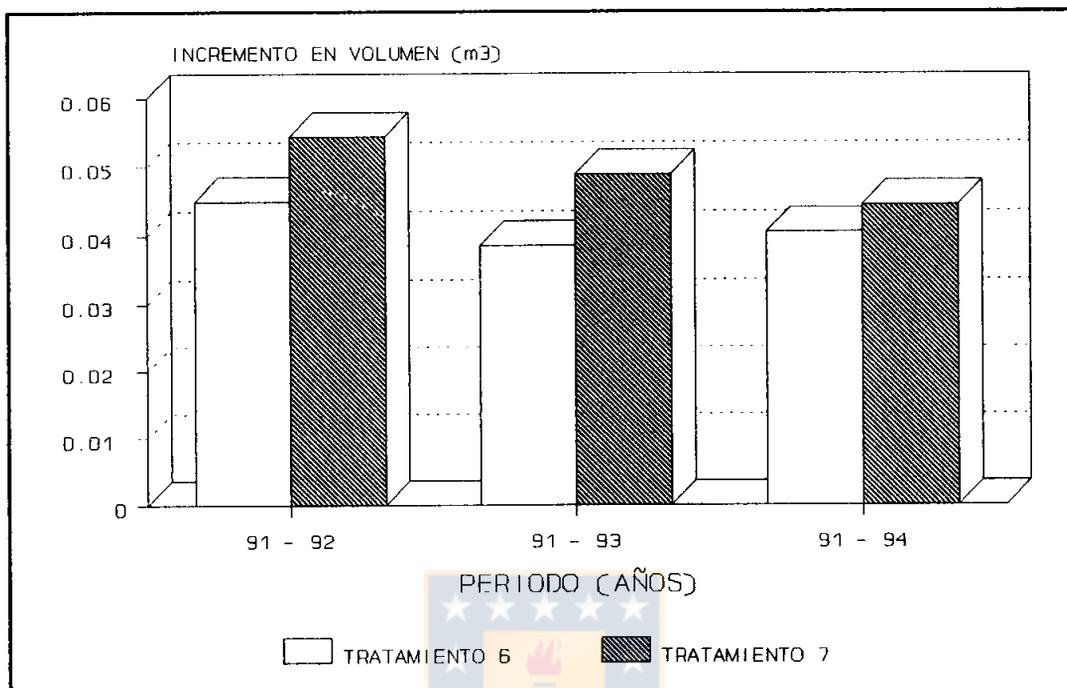


Fig. 19. Incremento periódico anual en volumen (m³/año) por tratamiento en el sector La Turca.

Los incrementos corrientes anuales tienden a decrecer con excepción del tratamiento T6 para el período 1993-1994 (Figura 20).

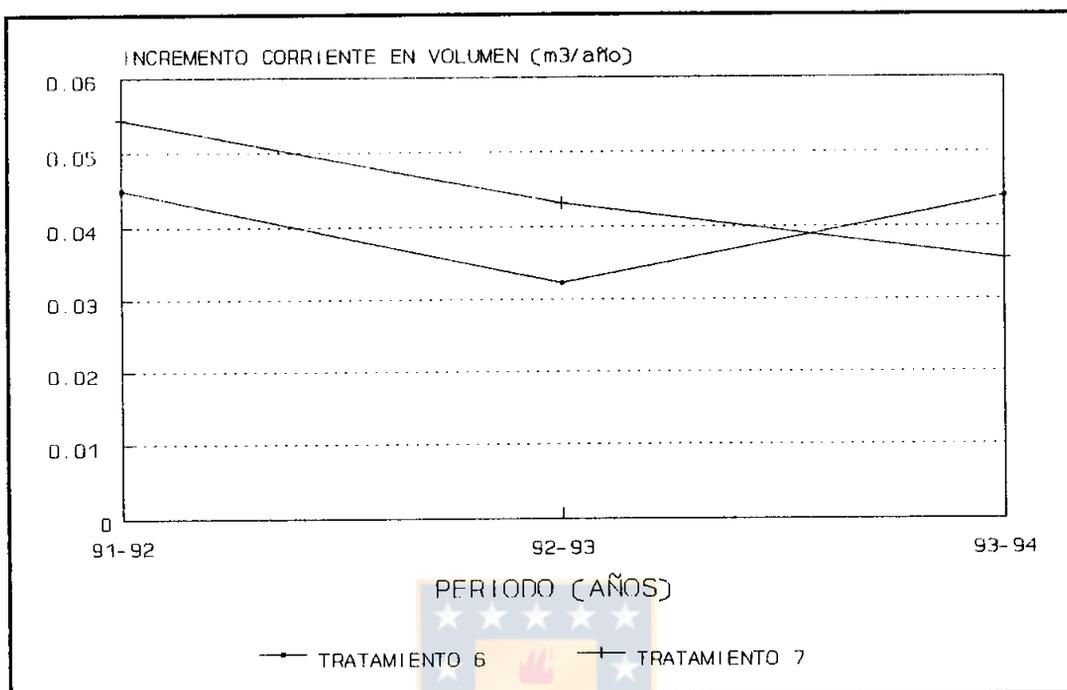


Fig. 20. Incremento corriente anual en volumen (m³/año) por tratamiento en el sector La Turca.

El tratamiento T6, a pesar de conservar en el tiempo una densidad levemente mayor al tratamiento T7, presenta menores valores en volumen por hectárea en términos absolutos. A consecuencia del segundo raleo efectuado el año 1993, el tratamiento T6 disminuyó su volumen por hectárea respecto del año 1992, no pudiendo compensar la mayor dimensión de los árboles residuales su menor número. Al contrario, el tratamiento T7 aumentó ligeramente su volumen por hectárea compensando el crecimiento de los árboles residuales su menor número (Tabla 19).

TABLA 19. VALORES EN VOLUMEN (m³/ha) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICION EN EL SECTOR LA TURCA.

Trat	Año			
	1991	1992	1993	1994
T6	18.4468	37.7068	36.1200	49.1855
T7	21.8400	42.9456	45.3120	55.8140

A la edad de 11 años, los valores de incremento periódico anual son superiores a los de incremento medio anual en ambos tratamientos (Tabla 20).

TABLA 20. NUMERO DE ARBOLES POR HECTAREA, VOLUMEN ACUMULADO E INCREMENTO PERIODICO (IPA) Y MEDIO ANUAL (IMA) A LA EDAD DE 11 AÑOS POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA TURCA.

Trat	Arb/ha	Volumen (m ³ /ha)	IPA	IMA
			(m ³ /ha/año)	
T6	299	49.1855	10.2462	4.4714
T7	295	55.8140	11.3247	5.0740

4.5 Crecimiento en longitud de copa

Sector La Cancha

A la edad de 11 años y considerando el período 1989-1994 se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos T1-T2, T4-T5 y T1-T3-T4 (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

La oportunidad e intensidad de las podas condiciona la longitud de copa verde; los años en los cuales se produce una disminución de la longitud de copa es por efecto de las intervenciones (Tabla 21).

TABLA 21. VALORES MEDIOS DE LONGITUD DE COPA VIVA (m) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA CANCHA.

Año	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
1988p	sr-2.17	sr-2.32	sr-2.27	sr-2.01	sr-2.25
1989	3.43	3.62	3.27	3.13	3.47
1990p	4.64-2.99	4.75-3.19	4.23-2.75	3.91-2.48	4.69-3.37
1991	5.37	5.52	5.19	4.80	5.53
1992	7.45	8.52	7.81	7.68	8.54
1993p	9.91-6.47	11.48-8.00	9.73-7.80	9.92-6.65	10.68
1994	7.98	9.58	9.55	8.17	12.22

p : poda

sr: sin registro.

Los incrementos periódicos anuales (IPA) en longitud de copa, luego de un leve decrecimiento en el período 89-91 por efecto de la segunda poda realizada el año 1990, aumentan sostenidamente hasta el período 89-93. En el período 89-94 los IPA disminuyen por efecto de la tercera poda efectuada el año 1993, excepto en el tratamiento T5 que no fué intervenido (Figura 21).

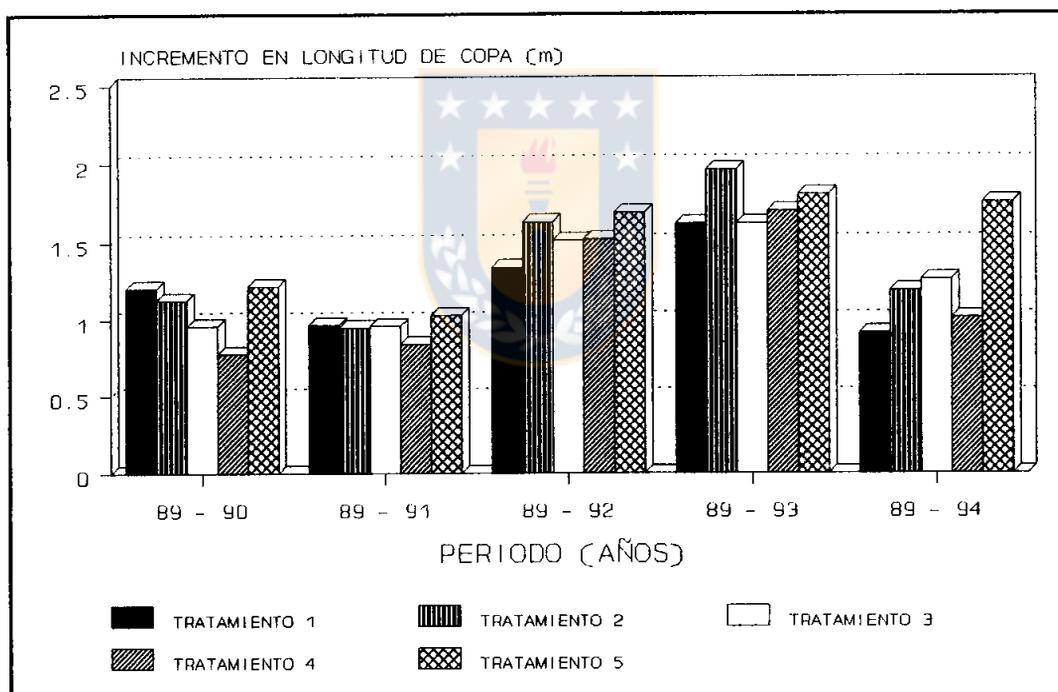


Fig. 21. Incremento periódico anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

El efecto de las podas efectuadas los años 1990 y 1993 en la longitud de copa, se presenta en la Figura 22. En el período 90-91 todos los tratamientos muestran valores similares en incremento en longitud de copa, recuperándose de la intervención del año 1990, cuya severidad nominal de poda (Tabla 4A; Apéndice), alcanzó en promedio a un 34%, con un máximo de 36.57% para el tratamiento T4 y un mínimo de 28.14% para el tratamiento T5. En el año 1993 el promedio de la severidad nominal de poda en los tratamientos intervenidos alcanzó a un 29.46%, con un máximo de 34.71% para el tratamiento T1 y un mínimo de 19.84% para el tratamiento T3. En el período 93-94 se detectó en todos los tratamientos valores similares, pero menores a los registrados anteriormente, asociado a la tercera poda efectuada el año 1993 y a un menor crecimiento en altura.

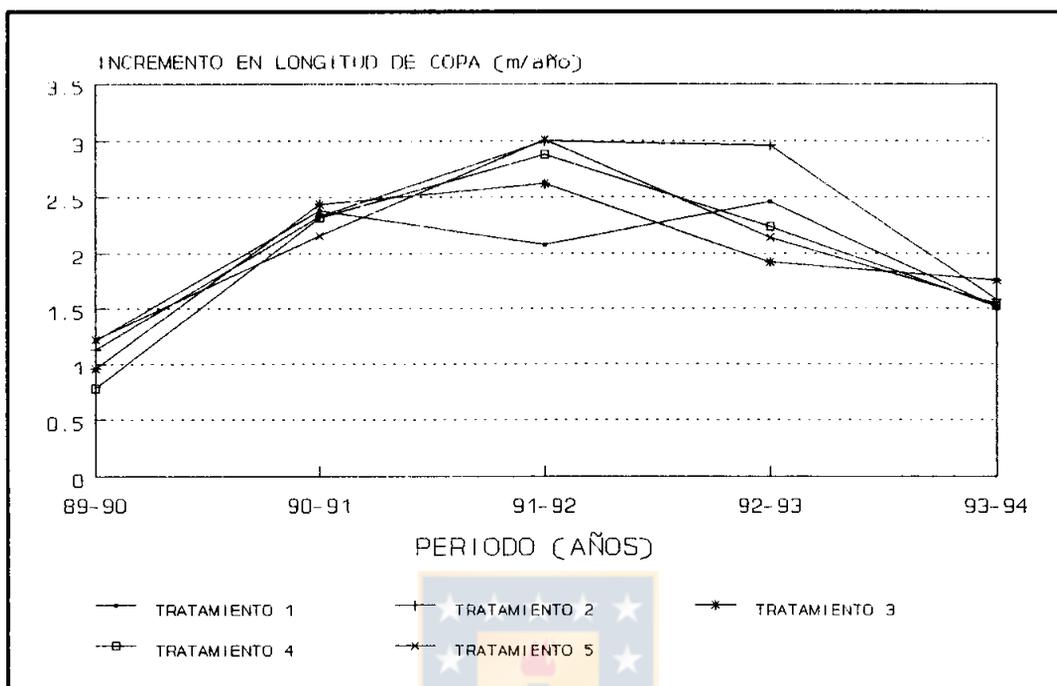


Fig. 22. Incremento corriente anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Cancha.

La relación longitud de copa/altura total se muestra en la Tabla 3A del Apéndice. El año 1994 el promedio para el sector La Cancha es de 0.60, con un máximo de 0.75 para el tratamiento T5 y un mínimo de 0.52 para T1.

Los valores medios de altura de inicio de la copa viva se muestran en la Tabla 1A del Apéndice.

Sector La Turca

Al año 1994 y considerando el período 1989-1994 no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos T6 y T7 (Tablas 7A y 8A; Apéndice).

Los valores en longitud de copa para los tratamientos del sector La Turca se muestran en la Tabla 22.

TABLA 22. VALORES MEDIOS DE LONGITUD DE COPA VIVA (m) POR TRATAMIENTO EN EL SECTOR LA TURCA.

Año	Tratamiento	
	T6	T7
1988p	sr-1.17	sr-1.38
1989	2.02	2.31
1990p	3.00-2.00	3.27-2.26
1991	3.14	3.52
1992	5.11	5.69
1993	7.00	7.81
1994	8.80	9.04

p : poda
sr: sin registro.

En la Figura 23 se aprecia la evolución de la longitud de copa a través del tiempo, observándose el efecto de la segunda poda del año 1990 y la ausencia de una tercera poda para el sector. A partir del período 89-91 los incrementos periódicos anuales en ambos tratamientos son ascendentes y mayores en el

tratamiento T7 respecto de T6, hasta el período 89-93. Al año 1994 los valores tienden a igualarse.

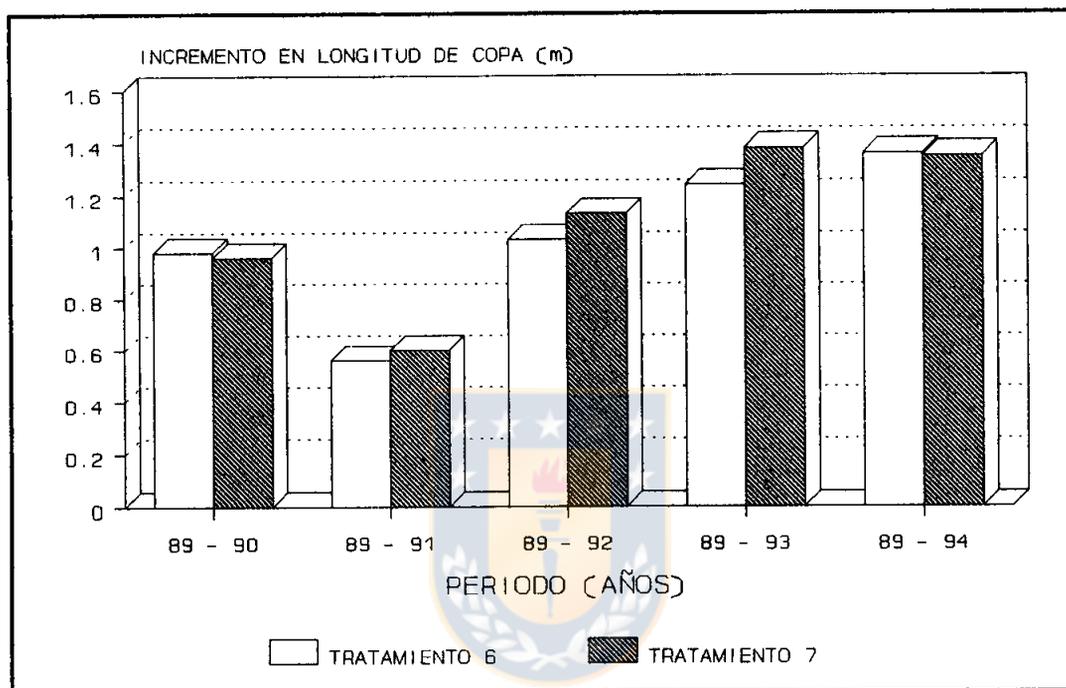


Fig. 23. Incremento periódico anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Turca.

Los valores de incremento corriente son ascendentes hasta el período 91-92, luego se manifiesta una tendencia decreciente (Figura 24).

La severidad nominal de poda el año 1990 para el tratamiento T6 alcanzó a 33.33%, mientras que para el tratamiento T7 fué de 30.89%.

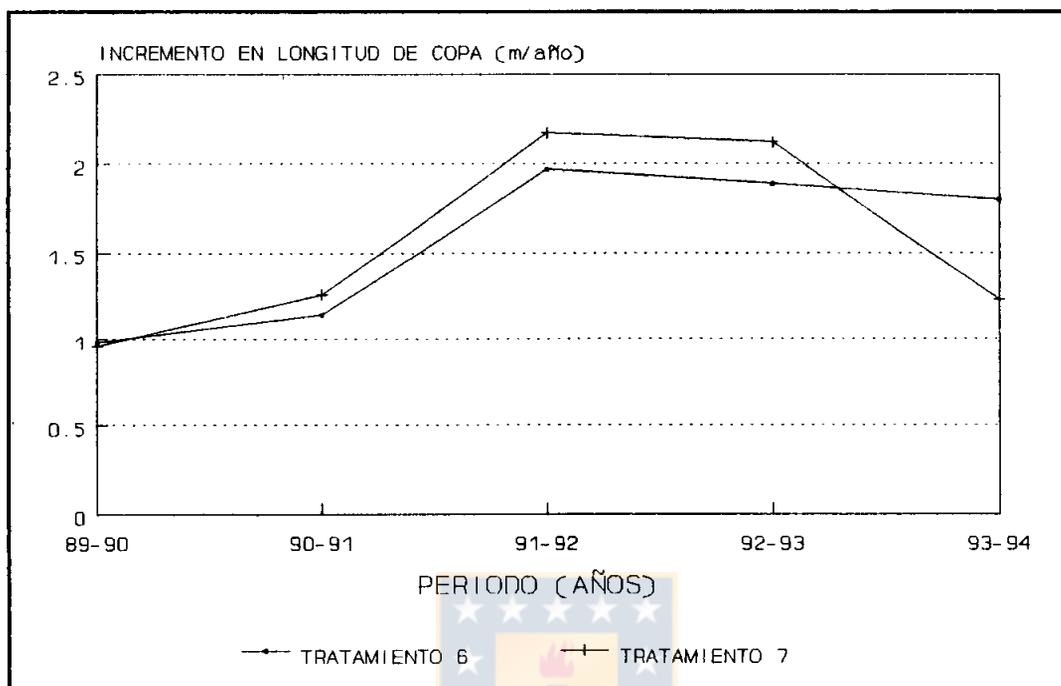


Fig. 24. Incremento corriente anual en longitud de copa (m/año) por tratamiento en el sector La Turca.

El año 1994 la relación longitud de copa/altura total en los dos tratamientos del sector La Turca tienen un valor de 0.78 (Tabla 3A; Apéndice).

Los valores medios de altura de inicio de copa viva se muestran en la Tabla 1A del Apéndice.

V DISCUSION

En el presente estudio después de la primera poda efectuada el año 1988, en un rango de tiempo que va desde Abril para el tratamiento T1 (Tabla 6A; Apéndice) hasta Diciembre para el tratamiento T5, se detectó una disminución del crecimiento en altura en todos los tratamientos. La relación longitud de copa/altura total (Tabla 3A; Apéndice) alcanza en promedio el año 1989, para los siete tratamientos, un valor de 0.58. El raleo efectuado el año 1989 en todos los tratamientos, principalmente entre los meses de Enero a Marzo, no causó grandes variaciones en el crecimiento en altura ni en diámetro en el período siguiente, bajando levemente los incrementos en altura en el sector La Cancha, con excepción del tratamiento T5. El diámetro aumentó sus valores moderadamente en todos los tratamientos con excepción de las praderas sembradas.

Las situaciones anteriores pueden explicarse, en parte, por un período de sequía en la zona entre los años 1988 y 1990, donde se registró en promedio una precipitación de 441.63 mm. Aproximadamente un 37% menos que el promedio registrado en el período (1985-1993) que ascendió a 705.22 mm.

La segunda poda realizada el año 1990 en todos los tratamientos, principalmente entre los meses de Julio y Agosto, no afectó mayormente el crecimiento. La severidad nominal de poda (Tabla 4A; Apéndice) alcanzó en promedio para los siete tratamientos a un 33.46%. Espinosa (1991) detectó disminución en el crecimiento en rodales de pino radiata de siete años de edad, podados el año cinco, con remosiones de superficie fotosintética superiores al 40%. Coincidiendo con el término del período de sequía se detectó un fuerte aumento en los valores de altura en todos los tratamientos; en diámetro hubo un leve aumento en el sector La Cancha, no así en La Turca. Después del segundo raleo efectuado el año 1991, entre los meses de Enero y Octubre en el sector La Cancha, hubo un fuerte aumento del crecimiento en diámetro en todos los tratamientos. En el mismo período se detectó también un leve aumento del crecimiento en altura en todos los tratamientos con excepción de T1.

A la edad de 11 años (Octubre de 1994), luego de las intervenciones del año 1993 (poda y raleo), se detecta en general una disminución del crecimiento tanto en altura como en diámetro en todos los tratamientos, incluidos aquellos que no fueron intervenidos. Esta situación puede explicarse en parte por la escasa precipitación que se presentó en la zona; desde Enero a Octubre del año 1994, el agua caída alcanzó a

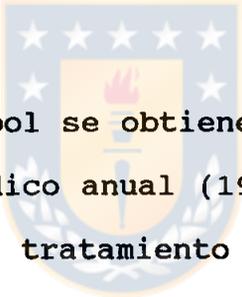
450 mm, llegando a niveles similares a los registrados en el período 1988-1990.

El efecto de la poda verde en el crecimiento está asociado no sólo a la longitud de copa después de la poda (intensidad de poda) sino también a la densidad del rodal, ya que este factor influye en la "cantidad de copa activa" que está contribuyendo al crecimiento del árbol (Cahill et al. 1986, citados por Espinosa 1991).

West et al. (1982), señalan a la longitud de copa por hectárea como la mejor variable para predecir el efecto de podas y raleos. Estos autores al estudiar pino radiata en Nueva Zelanda, encontraron que cuando la longitud de copa activa bajó de 2.8 km/ha aproximadamente, se redujo el crecimiento en área basal.

En el estudio, las podas y raleos, no incidieron en menores crecimientos para el diámetro y área basal; a pesar que en la mayoría de los casos, en el período de registro, los valores de longitud de copa por hectárea son inferiores a 2.8 km/ha (Tabla 2A; Apéndice). La situación descrita se explica por ser un sistema silvopastoral establecido a densidades no tradicionales, concentrando la longitud de copa activa en un menor número de árboles que en una plantación normal.

En términos generales, las respuestas obtenidas del diámetro y área basal coincide con lo que señala la literatura sobre esta relación, es decir un aumento de los incrementos a medida que disminuye la densidad (Daniel et al. 1982). No obstante lo anterior, a partir del año 1992, los incrementos corrientes en diámetro disminuyen en todos los tratamientos con excepción de T6 en el sector La Turca. En área basal los incrementos corrientes también se reducen a partir de 1992, con excepción de los tratamientos en praderas sembradas y los ubicados en el sector La Turca.



El mayor volumen por árbol se obtiene en el tratamiento T2, con un incremento periódico anual (1991-1994) de 0.0744 m³. A la edad de 11 años el tratamiento T2 presenta diferencia significativa para el volumen, respecto de T1 y parece ser el tratamiento más atractivo (Tabla 7A; Apéndice).

Un aspecto importante a destacar es la mayor uniformidad en la distribución de los diámetros que se logra por efecto del raleo, factor importante cuando el objetivo es la producción de madera aserrada, ya que trozos más uniformes resultan en menores costos de cosecha y manufactura (Bacon et al. 1982, citados por Espinosa et al. 1994).

En valores promedios, para el período 1988-1994, los tratamientos del sector La Cancha bajo régimen silvopastoral (T1, T2, T3 y T4) con una densidad de 184 arb/ha, tienen un incremento en dap 18% mayor que la plantación normal (T5) con una densidad de 522 arb/ha. Sin embargo, el área basal total es mayor en esta última densidad. Malajzuc et al. (1984), citados por Anderson (1987), llegaron a resultados similares usando datos de producción de varios experimentos.

En general, el raleo tuvo efecto en el crecimiento en diámetro de los árboles. Por el contrario, el crecimiento en altura no fué afectado mayormente. La poda no afectó en general el crecimiento; la restricción en el crecimiento al parecer obedecería más a deficiencias nutricionales de los suelos, y a períodos de escasa precipitación, que a las intervenciones silvícolas aplicadas.

VI CONCLUSIONES

El análisis de los antecedentes recopilados hasta el año 1994 y de acuerdo a los objetivos planteados al inicio del estudio permiten concluir, respecto del desarrollo individual de los árboles que:

Sector La Cancha

1. En los tratamientos con praderas sembradas (T1 y T2), la densidad inicial y final que más favorece el desarrollo en volumen promedio de los árboles es de 1000 y 198 arb/ha (T2).
2. A densidad inicial de 625 arb/ha (T1, T3 y T4), la pradera más favorable para el desarrollo en diámetro de los árboles corresponde a la pradera sembrada (T1), con una densidad final de 187 arb/ha.
3. En los tratamientos con praderas naturales (T4 y T5), la densidad inicial y final que más favorece el desarrollo en diámetro de los árboles es de 625 y 172 arb/ha (T4).

Sector La Turca

1. A densidad inicial de 1000 arb/ha (T6 y T7) y finales de 299 y 295 arb/ha, respectivamente, no existen diferencias significativas entre el desarrollo de los árboles establecidos en pradera natural mejorada (T6), respecto de los establecidos en pradera natural (T7).



VII RESUMEN

El presente estudio es una evaluación silvícola de un sistema silvopastoral con plantación de Pinus radiata D. Don en el Centro Experimental Forestal Tanumé, ubicado próximo a Pichilemu, VI Región. En Junio de 1983 se estableció la plantación de pino radiata a densidades de 625 y 1000 arb/ha en praderas sembradas, natural mejorada, y natural; también consideró un tratamiento testigo a 1600 arb/ha en pradera natural sin régimen silvopastoral. Las intervenciones silvícolas corresponden a raleos los años 1989, 1991, y 1993; y podas los años 1988, 1990, y 1993. En 1985, en régimen agrosilvopastoral, se sembró la pradera a razón de 107 kg/ha de semilla de trigo, 4 kg/ha de semilla de trébol subterráneo, y 5.8 kg/ha de semilla de falaris. El año 1986 se cambió a régimen silvopastoral. La fertilización usada con fósforo y nitrógeno en la forma de superfosfato triple y urea respectivamente, fué de 209 kgP/ha y 196 kgN/ha, además considera fertilización de mantención anual con 109 kgN/ha y 109 kgP/ha. En Julio de 1986 se fertilizó la pradera natural mejorada a razón de 76 kgN/ha y 122 kgP/ha; ésta pradera considera fertilización cada cuatro años.

En general, la densidad mostró efecto sobre el incremento en dap y área basal y en algunos casos sobre el volumen. El efecto sobre la altura fué variable. En la densidad de 625 arb/ha, el tipo de pradera tuvo efecto en el crecimiento en dap y área basal en algunos períodos analizados. En la densidad de 1000 arb/ha, el tipo de pradera no tuvo efecto en el crecimiento.



SUMMARY

This study is a silvicultural evaluation of a silvopastoral trial established in the Tanumé Forestry Experimental Centre, next to Pichilemu, 6th Region. In June of 1983, the specie planted was Pinus radiata D. Don. The pasture densities were 625 and 1000 tree/ha on cultivated pasture, natural improved pasture and natural pasture. A control treatment was also established with a density of 1600 tree/ha on natural pasture without silvopastoral management. The plantation was thinned in 1989, 1991 and 1993; it was pruned in 1988, 1990, 1993. In 1985, 107 kg/ha of wheat, 4 kg/ha subterranean clover and 5.8 kg/ha falaria were sown on the area where the treatment were applied. In 1986, the management was changed into a silvopastoral system. The soil was fertilized by applying phosphorus and nitrogen in the form of triple superphosphate (209 kgP/ha) and urea (196 kgN/ha). Besides the plan contemplates annual fertilization for maintenance, the amount to apply being 109 kgN/ha and 109 KgP/ha. In July of 1986, the natural improved pasture was fertilized with 76 kgN/ha and 122 kgP/ha. This pasture should fertilized every four years.

The density in general had an effect on the dbh and basal area and in some cases on the volume. The effect on height was varied. Where density was 625 tree/ha the type of pasture had an effect on dbh and basal area growth in the periods observed. Where the density was 1000 tree/ha, the type of pasture had no effect on the growth.



VIII BIBLIOGRAFIA

1. Anderson, G. W. 1987. Integrated livestock and timber production: Beneficial systems in Australia. pp 1-9 In : Agroforestry Consortium. Washington State University. Pullman, U.S.A.
2. Carbone, J. F. 1983. Instructivo para permitir el pastoreo de animales en plantaciones artificiales con densidades no silvopastorales. En: Actas del "Encuentro del estado de la investigación sobre manejo silvopastoral en Chile". 3-4 Noviembre. Univ. de Talca. Depto. Ing. For./CONAF VII Región. Talca, Chile.
3. Chun Li, Ch. 1969. Introducción a la Estadística Experimental. Omega. Barcelona, España.
4. CONAF/INIA. 1984. Proyecto Agrosilvopastoral VI Región. Informe de Avance. Rancagua, Chile.
5. CONAF/INIA. 1985. Proyecto Agrosilvopastoral VI Región. Informe de Avance. Rancagua, Chile.

6. CONAF/INIA. 1986. Proyecto Agrosilvopastoral VI Región. Informe de Avance. Rancagua, Chile.
7. CONAF/INIA. 1987. Proyecto Agrosilvopastoral VI Región. Informe de Avance. Rancagua, Chile.
8. Contreras, T. D. 1983. Enfoque y experiencias en el manejo silvopastoral. En: Actas del "Encuentro del estado de la investigación sobre manejo silvopastoral en Chile". 3-4 Noviembre. Univ. de Talca. Depto. Ing. For./ CONAF VII Región. Talca, Chile.
9. Cornejo, E. R. 1983. Manejo silvopastoral con pino insignie en la Región del Maule. Algunos resultados. En: Actas del "Encuentro del estado de la investigación sobre manejo silvopastoral en Chile". 3-4 Noviembre. Univ. de Talca. Depto. Ing. For./CONAF VII Región. Talca, Chile.
10. Daniel, P., V. Helms y F. Baker. 1982. Principios de silvicultura. Mac Graw-Hill. México.
11. Doescher, P., S. Tesch and M. Castro. 1987. Livestock grazing: A silviculture tool for plantation establishment. J. For. 85: 29-37.

12. Espinosa, M. 1991. Efecto de diferentes intensidades de poda y raleo en el crecimiento de un rodal joven de pino radiata. Univ. de Concepción, Depto. de Cs. For. Chillán, Chile.
13. Espinosa, M., J. García y O. Valeria. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. Bosque 15 (1): 55-65.
14. FAO. 1984. Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
15. Jacobs, T. y R. Garfias. 1992. ¿ A donde vamos ?. Un diagnóstico de las limitaciones y el potencial para el desarrollo de la agroforestería en Chile. En Seminario de Agroforestería "Potencialidades y restricciones dentro del desarrollo del sector forestal Chileno. 3-4 Diciembre. Univ. de Chile. Fac. de Cs. Agrar. y For. Escuela de Cs. For. Depto. de Manejo de Rec. For. Santiago, Chile.
16. Little, T. y J. Hills. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Trillas. México.

17. Maclaren, J. P. 1993. Grazing oportunitates. pp 42-46. Radiata pine growers manual. FRI Bulletin 184. New Zealand Forest Research Institute. New Zealand.
18. Olivares, E. A. 1983. Los arbustos del género atriplex y su importancia como especies forrajeras. En: Actas del "Encuentro del estado de la investigación sobre manejo silvopastoral en Chile". 3-4 Noviembre. Univ. de Talca. Depto. Ing. For./ CONAF VII Región. Talca, Chile.
19. Ovalle, M. y J. Avendaño. =1984. Uso silvopastoral en el secano interior: una alternativa para aumentar la productividad y frenar el deterioro de los campos. IPA La platina. 22: 48-52.
20. Parilo, V., M. Figueroa y M. Tima. 1989. Sistemas silvopastorales. El campesino. 120:10-15.
21. Percival, N. y R. Knowles. 1985. "Silvopastoral expandiendo horizontes". CONAF VI Región. Documento interno. Traducción : Cecilia Herrera Silva. Adaptación Técnica: Leonardo Moder Zambrano. Rancagua, Chile.

22. Pottier, D. 1984. Samoa. Ganadería bajo los árboles: un experimento agrosilvícola. *Unasyuva*. 143: 23-27.
23. Rodriguez, F. A. 1986. Prácticas silvícolas en plantaciones de Pinus radiata D. Don (raleo y poda de plantaciones). Tesis Mg. Cs. mención silvicultura. Esc. de graduados. Univ. Austral de Chile. Valdivia, Chile.
24. Sobarzo, M., R. Peñaloza y M. Hervé. 1983 Desarrollo de la investigación aplicada al uso múltiple del recurso suelo mediante sistemas silvopastorales en el sur de Chile. En: Actas del "Encuentro del estado de la investigación sobre manejo silvopastoral en Chile". 3-4 Noviembre. Univ. de Talca. Depto. Ing. For./CONAF VII Región. Talca, Chile.
25. Sotomayor, G. A. 1989. Sistemas silvopastorales y su manejo. Doc. Tec. N°42. Chile Forestal N° 164.
26. Sotomayor, G. A. 1989. Sistemas silvopastorales y su manejo. Doc. Tec. N°43. Chile Forestal N° 165.

27. Steel, R. y J. Torrie. 1988. Bioestadística; principios y procedimientos. (2a ed.). McGraw-Hill. Bogotá, Colombia.
28. Tustin, J., R. Knowles and B. Klomp. 1979. Forest Farming. A Multiple land-use production system in New Zealand. For. Ecol. and Manag. 2: 169-189.
29. Vega, A. A. 1991. Respuesta de dos rodales de Pinus radiata D. Don., creciendo en suelos de precordillera andina de la provincia de Ñuble, después de un año de haberse aplicado un tratamiento silvo-pastoral. Memoria de título, Ing. For. Univ. de Concepción. Fac. de Cs. Agron. Vet. y For. Chillán, Chile.
30. West, G., R. Knowles and A. Koehler. 1984. Model to predict the effects of pruning and early thinning on the growth of radiata pine. For. Abstr. 45: 823.

IX APENDICE

TABLA 1 A. VALORES MEDIOS DE ALTURA INICIO COPA VIVA (m) POR TRATAMIENTO.

Tratamiento							
Año	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1989	2.15	2.58	2.72	2.35	2.78	1.48	1.57
1990	3.80p	4.14p	4.20p	3.78p	4.10p	2.48p	2.58p
1991	3.80	4.14	4.20	3.78	4.10	2.48	2.58
1992	3.80	4.14	4.20	3.78	4.10	2.48	2.58
1993	7.24p	7.62p	6.13p	7.05p	4.10	2.48	2.58
1994	7.24	7.62	6.13	7.05	4.10	2.48	2.58

p: poda.

TABLA 2 A. VALORES MEDIOS DE LONGITUD DE COPA (km/ha) POR TRATAMIENTO.

Tratamiento							
Año	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1989	1.08	1.96	1.18	1.01	2.70	0.88	0.92
1990	0.93	1.72	0.98	0.79	2.60	0.86	0.89
1991	1.21	2.10	1.19	1.03	2.89	1.34	1.37
1992	1.68	3.24	1.79	1.64	4.46	2.19	2.21
1993	1.21	1.58	1.40	1.14	5.57	2.10	2.30
1994	1.49	1.90	1.72	1.40	6.38	2.63	2.67

TABLA 3 A. RELACION LONGITUD DE COPA/ALTURA TOTAL POR TRATAMIENTO.

Año	Tratamiento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1989	0.61	0.58	0.55	0.57	0.56	0.58	0.60
1990	0.44	0.44	0.40	0.40	0.45	0.45	0.47
1991	0.59	0.57	0.55	0.56	0.57	0.56	0.58
1992	0.66	0.67	0.65	0.67	0.68	0.67	0.69
1993	0.47	0.51	0.56	0.48	0.72	0.74	0.75
1994	0.52	0.56	0.61	0.54	0.75	0.78	0.78

TABLA 4 A. SEVERIDAD NOMINAL DE PODA (%) POR TRATAMIENTO.

Año	Tratamiento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1990	35.56	34.74	34.99	36.57	28.14	33.33	30.89
1993	34.71	30.31	19.84	32.96	-----	-----	-----

TABLA 5 A. FUNCION GENERAL DE VOLUMEN TOTAL PARA EL PREDIO TANUME ELABORADA POR INFORA ESTUDIOS, UTILIZADA EN LA ESTIMACION DEL VOLUMEN.

$$V_{to} = -0.258402 + 0.042066*d + -0.0066308*h + -0.0013526*d^2 + 0.000045799*d^2*h$$

Donde:

V_{to} = volumen total, m³ ssc
d = diámetro a 1.3 m de altura
h = altura total de árbol.

TABLA 6 A. OPORTUNIDAD DE PODA Y RALEO (AÑO Y MES) SEGUN TRATAMIENTO.

	Tratamiento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1988p	IV	V	V	VI	XII	VII	VIII
1990p	VII	VII	VIII	VIII	XII	IX	VIII
1993p	XII	XII	XI	XII
1989r	I	III	II	II	VI	V	III
1991r	IV	I	X	IV	V
1993r	I	II	I	II	...	III	III

p: poda
r: raleo.

TABLA 7 A. RESUMEN DE INCREMENTOS PERIODICOS AL AÑO 1994 POR VARIABLE Y COMPARACIONES ESPECIFICAS DE TRATAMIENTOS.

Variable	Alt.(m)	Dap(cm)	G(m ²)	L.C.(m)	Vol.(m ³)
Período	(86-94)	(88-94)	(88-94)	(89-94)	(91-94)
Trat. 1	13.78a	21.09a	0.0603a	4.43a	0.1745a
Trat. 2	15.67b	19.23b	0.0525a	5.96b	0.2238b
Trat. 4	13.72a	18.66a	0.0495a	5.05a	0.1807a
Trat. 5	14.61a	16.32b	0.0417a	8.42b	0.1940a
Trat. 6	10.30a	15.53a	0.0278a	6.65a	0.1281a
Trat. 7	10.70a	17.11a	0.0348a	6.68a	0.1301a
Trat. 1	13.78a	21.09a	0.0603a	4.43a	0.1745a
Trat. 3	14.16a	19.49ab	0.0558a	6.25b	0.1829a
Trat. 4	13.72a	18.66b	0.0495a	5.05a	0.1807a

G : área basal

L.C.: longitud de copa.

Dentro de cada comparación específica en el segmento de la columna, valores de la variable correspondiente seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (p=0.05).

TABLA 8 A. RESUMEN DE VALORES DE F POR VARIABLES, COMPARACIONES ESPECIFICAS DE TRATAMIENTOS Y PERIODOS CONSIDERADOS.

Variable	Tratamientos	Período	Fc	Ft	F*	Fc*
Altura	T1-T2	86-94	18.46*	4.96		
Altura	T4-T5	86-94	1.12ns	4.96		
Altura	T1-T3-T4	86-94	0.22ns	3.68	0.43ns	4.71
Altura	T6-T7	86-94	0.81ns	4.96		
Dap	T1-T2	88-94	12.15*	4.96		
Dap	T4-T5	88-94	13.50*	4.96		
Dap	T1-T3-T4	88-94	5.21*	3.68		
Dap	T6-T7	88-94	4.14ns	5.10		
G	T1-T2	88-94	4.87ns	4.96		
G	T4-T5	88-94	2.87ns	4.96		
G	T1-T3-T4	88-94	1.85ns	3.68		
G	T6-T7	88-94	0.95ns	5.10		
Volumen	T1-T2	91-94	11.54*	4.96		
Volumen	T4-T5	91-94	0.30ns	4.96		
Volumen	T1-T3-T4	91-94	0.07ns	3.68	0.17ns	4.66
Volumen	T6-T7	91-94	0.09ns	4.96		
L.C.	T1-T2	89-94	18.95*	4.96		
L.C.	T4-T5	89-94	68.37*	4.96		
L.C.	T1-T3-T4	89-94	10.20*	3.68		
L.C.	T6-T7	89-94	0.02ns	5.10		

G : área basal
L.C.: longitud de copa
Fc : F calculado
Ft : F tabla
F* : F asimilado
Fc* : F crítico asimilado
* : significativo al 5%
ns : no significativo.

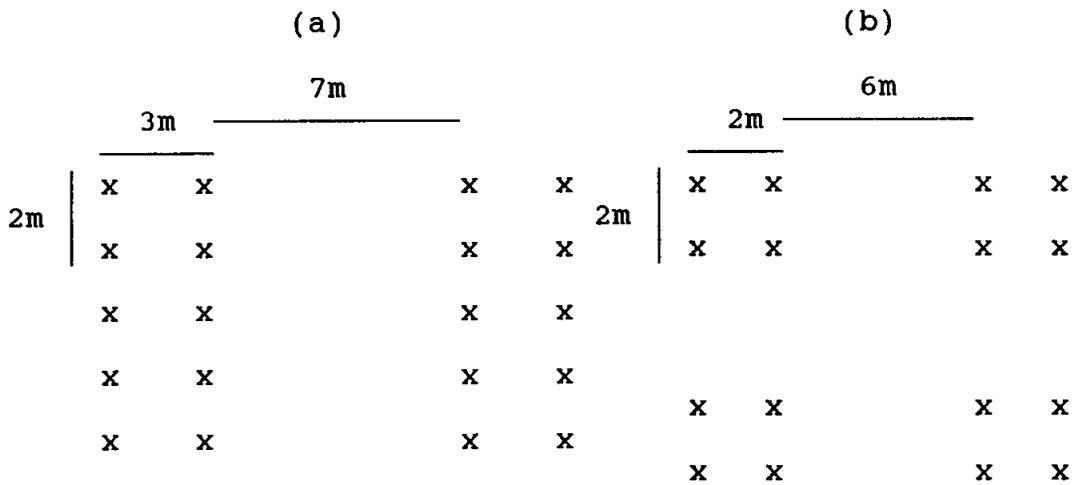


Figura 1 A. Arreglo de árboles plantados en doble hilera (a). 1000 arb/ha ((2x3m)x7m) y agrupados (b) 625 arb/ha ((2x2m)x6m).

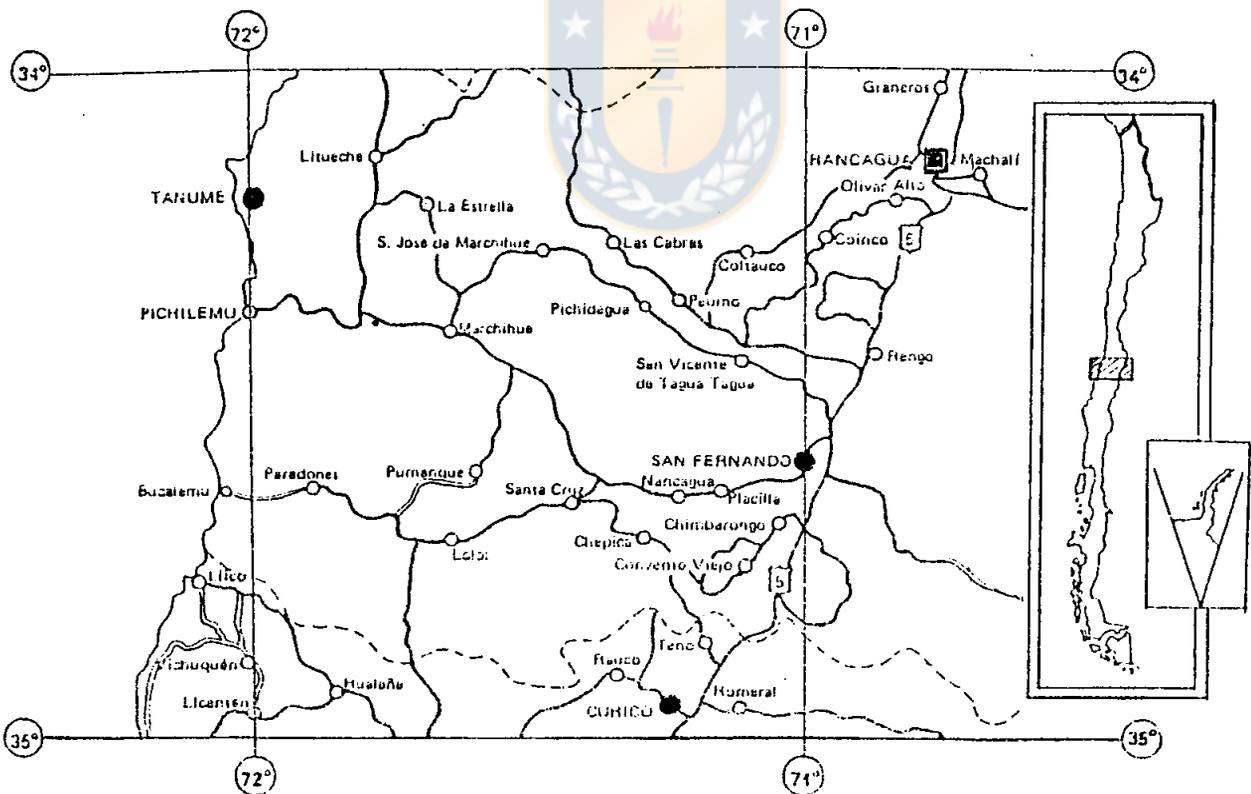


Figura 2 A. Plano de ubicación del proyecto silvopastoral Tanumé. Pichilemu, VI Región.

