

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



ANALISIS DEL CRECIMIENTO Y PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO
SILVICOLA DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON PLANTACION DE *Pinus*
radiata D. Don



ANTONIO ALBERTO VARAS MIGRIK

MEMORIA DE TÍTULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCIÓN-CHILE

1996

ANALISIS DEL CRECIMIENTO Y PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO
SILVICOLA DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON PLANTACION DE *Pinus*
radiata D. Don

Profesor Asesor



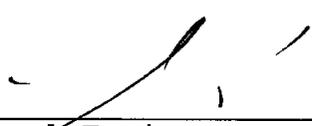
Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal Ph. D.

Profesor Asesor



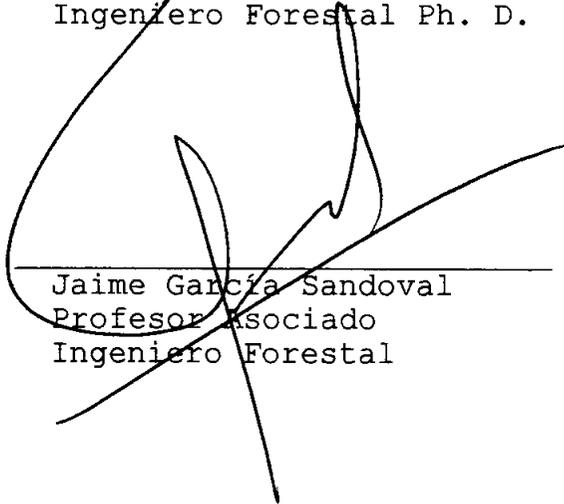
Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal M. Sc.

Director Departamento
Silvicultura



Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal Ph. D.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
III	MATERIALES Y METODOS	9
	3.1 Materiales	9
	3.2 Métodos	12
IV	RESULTADOS Y DISCUSION	22
V	CONCLUSIONES	52
	5.1 Proyección del crecimiento	52
	5.2 Efecto del régimen silvopastoral en el crecimiento	53
VI	RESUMEN	54
VII	SUMMARY	55
VIII	BIBLIOGRAFIA	56

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Asignación de tratamientos silvopastorales según la densidad inicial (árb/ha) y tipo de pradera (C.E.F. Tanumé) 10
2	Características dasométricas de los rodales seleccionados 13
3	Rangos (cm) de las clases de Dap en cada tratamiento silvopastoral 22
4	Rangos (cm) de las clases de Dap de los árboles extraídos de los rodales 22
5	Bondad de ajuste para el crecimiento de las variables altura y Dap de los tres modelos probados 23
6	Valores de los coeficientes del modelo de Chapman-Richards para el crecimiento en altura y Dap de cada clase de tamaño de los rodales y su coeficiente de determinación (r^2) 23
7	Valores de <i>MS</i> para el crecimiento en altura (m) del ensayo silvopastoral estimado a partir de las funciones ajustadas por clase de tamaño en los rodales muestreados 24
8	Valores de <i>MS</i> para el crecimiento en Dap (cm) del ensayo silvopastoral estimado a partir de las funciones ajustadas por clase de tamaño en los rodales muestreados 25
9	Clases de tamaño del rodal seleccionadas para proyectar el crecimiento de las clases de Dap de los tratamientos del ensayo y sus respectivos estimadores de razón 25

TABLA N°

PAGINA

En el texto

10	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T1	26
11	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T2	27
12	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T3	27
13	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T4	27
14	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T5	28
15	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T6	28
16	Valores proyectados de altura total, Dap promedio y volumen total, por clase diamétrica y total, del tratamiento T7	28
17	Volúmenes (m ³ /ha) proyectados de los siete tratamientos silvopastorales y sus porcentajes con respecto al testigo	41
18	Valores de los coeficientes del modelo de Chapman-Richards para el crecimiento en altura y Dap de los tratamientos y los grupos de comparación	42
19	Valores de F para la dódima del efecto de la densidad inicial en el crecimiento en altura (comparación T1-T7 y T3-T6)	43

TABLA N°

PAGINA

En el texto

20	Valores de F para la d6cima del efecto de la densidad inicial en el crecimiento en Dap (comparaci6n T1-T7 y T3-T6)	45
21	Valores de F para la d6cima del efecto de la fertilizaci6n en el crecimiento en altura (comparaci6n T1-T2-T3 y T4-T5)	48
22	Valores de F para la d6cima del efecto de la fertilizaci6n en el crecimiento en Dap (comparaci6n T1-T2-T3 y T4-T5)	50



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Arreglo de árboles en A) franjas ((2x3)x7 m) y B) conglomerados ((2x2)x6 m) en el ensayo silvopastoral en el Centro Experimental Forestal Tanumé, VI región 11
2	Diagrama del método de extracción de rodela y el código asignado para el análisis fustal . 14
3	Ilustración del procedimiento de selección de la mejor curva para proyectar el crecimiento en altura de un tratamiento silvopastoral ... 16
4	Alturas observadas en las clases de T3 y alturas estimadas en las clases seleccionadas de los rodales 29
5	Crecimiento en altura proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T3 30
6	Dap observados en las clases de T3 y Dap estimados en las clases seleccionadas de los rodales 31
7	Crecimiento en Dap proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T3 32
8	Alturas observadas en las clases de T4 y alturas estimadas en la clase seleccionada de los rodales 33
9	Crecimiento en altura proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T4 34
10	Dap observados en las clases de T4 y Dap estimados en las clases seleccionadas de los rodales 35
11	Crecimiento en Dap proyeectado de C1 (a), C2 (b)

FIGURA N°

PAGINA

En el texto

12	Alturas observadas en las clases de T7 y alturas estimadas en las clases seleccionadas de los rodales	37
13	Crecimiento en altura proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 del tratamiento T7	38
14	Dap observados en las clases de T7 y Dap estimados en las clases seleccionadas de los rodales	39
15	Crecimiento en Dap proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T7	40
16	Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T1 y T7	43
17	Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T3 y T6	44
18	Dap observados y estimados de los tratamientos T1 y T7	45
19	Dap observados y estimados de los tratamientos T3 y T6	46
20	Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T1, T2 y T3	47
21	Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T4 y T5	48
22	Dap observados y estimados de los tratamientos T1, T2 y T3	49
23	Dap observados y estimados de los tratamientos T4 y T5	50

I. INTRODUCCION.

Las necesidades y demandas crecientes de la población mundial por bienes y servicios en general, ejercen constante presión sobre los sistemas que los producen ; los productos provenientes del manejo de recursos naturales no están ajenos a ella. Debido a esto es que siempre se está buscando una mayor productividad del recurso, en este caso el suelo, diversificando la producción y evitando su paulatino deterioro.

La idea de diversificación llevada a la práctica ha permitido desarrollar el concepto de "Sistemas Agroforestales", usado para definir un conjunto de formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales las especies leñosas son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en secuencia temporal. Una asociación particular de estos componentes da origen a los Sistemas Silvopastorales, que se definen como 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).

El año 1984, en el Centro Experimental Forestal Tanumé, dependiente de CONAF VI región, se estableció un ensayo silvopastoral, estructurándose en módulos consistentes en el establecimiento de praderas sembradas asociadas a trigo, y manejo de praderas naturales, en combinación con plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. El objetivo de este ensayo es evaluar en forma práctica la factibilidad técnica

y económica de compatibilizar actividades ganaderas, forrajeras y forestales en un mismo sitio.

El año 1994, CONAF VI región, en virtud de un convenio con la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, solicita a ésta un estudio cuyo objetivo principal es la predicción del rendimiento silvícola de este ensayo silvopastoral, que en la actualidad tiene 12 años de edad. El objetivo general de este estudio es determinar el rendimiento que se obtendría a los 19 años. Como objetivos específicos se busca *i)* analizar y proyectar el crecimiento en altura de los árboles de cada tratamiento silvopastoral; *ii)* analizar y proyectar el crecimiento en Dap de los árboles de cada tratamiento silvopastoral; *iii)* estimar las existencias volumétricas totales de cada tratamiento silvopastoral; y *iv)* analizar el efecto de la fertilización y de la densidad inicial en el crecimiento en altura y Dap de los árboles del ensayo.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

Efecto de la densidad y la fertilización sobre el rendimiento en volumen

En un sistema silvopastoral, la densidad inicial es menor que en un sistema forestal tradicional, según sean las necesidades de producción forrajera y, por ende, de producción animal (Sotomayor, 1989).

Según Daniel et al. (1982), la altura que alcanza un árbol cuando crece en un sitio y hasta una edad determinada es dependiente del suelo y clima, excepto cuando la afecta la densidad del rodal, lo que produce efectos negativos en el crecimiento en altura en densidades extremas, ya sea en rodales muy abiertos o muy densos.

Espinosa (1994)* afirma que árboles creciendo a bajas densidades pueden presentar un reducido crecimiento en altura debido, probablemente, al mayor crecimiento de las ramas y base del fuste a expensas del crecimiento en altura, o tal vez por el incremento a la exposición del viento. Vega (1991), al probar el efecto de tres densidades iniciales en un sistema silvopastoral, no detectó diferencias significativas en los incrementos en altura; no obstante, observó una tendencia a aumentar con el incremento en la densidad inicial.

* Espinosa, M. Ingeniero Forestal Ph. D. Profesor Facultad Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Comunicación personal.

Según Sotomayor (1989), el uso de espaciamientos amplios en plantaciones silvopastorales provoca un incremento en el Dap y área basal por árbol, no así en el área basal por hectárea que es influida por la densidad del rodal.

Cuando el rendimiento de madera es expresado en volumen cúbico total, los rodales más densos usualmente producen más que los rodales abiertos (Bennett, 1971, Shepherd y Forrest, 1973, Sotomayor, 1980; citados por Sotomayor, 1989). Sin embargo, una tendencia diferente es observada en la producción de madera aserrada. Sotomayor (1980), citado por Sotomayor (1989), detectó un aumento altamente significativo con un incremento del espaciamiento inicial de la plantación. El espaciamiento mayor (3X3 m) obtuvo 180% más madera aserrada (151.6 m³/ha) que el espaciamiento menor (1X1 m), cuyo rendimiento de madera fue de 54.2 m³/ha.

Pinte (1971), citado por Sotomayor (1989), analizó los efectos del espaciamiento y manejo en el rendimiento de madera aserrada en rodales de *Pinus elliotti*. El rodal original tenía una densidad de 1482 árb/ha y fue raleado en tres intervenciones para llegar a 494 árb/ha. El segundo rodal tenía una densidad inicial de 494 árb/ha y no fue raleado. El rendimiento total de madera aserrada a los 30 años para el rodal no raleado fue un 25.7% superior.

Con respecto a los efectos de la fertilización en el crecimiento de los árboles, Vega (1991) fertilizó praderas sometidas a régimen silvopastoral cuando los árboles tenían 8 años de edad con 312 kg/ha de fosfato monoamónico y 280 kg/ha de Sulfomag. Después de un año, no detectó un efecto

significativo sobre el crecimiento en Dap, área basal, Dap^2 *altura y altura total de los árboles.

Sotomayor (1989) afirma que un beneficio indirecto que se produce al fertilizar la pradera es el incremento en la productividad del bosque debido a una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. Estudiando el efecto de la fertilización en el crecimiento de pinos del sur de Estados Unidos, Lewis y Pearson (1987), citados por Sotomayor (1989), comprobaron que después de 20 años los pinos creciendo en praderas fertilizadas fueron de mayor tamaño que aquellos creciendo en praderas naturales no fertilizadas, y que produjeron 30% más madera aserrada en ese período. Burton (1973), citado por Sotomayor, (1989), reporta rendimientos 2.7 veces mayores por hectárea de madera para pulpa, en rodales de *Pinus elliotti* creciendo en praderas fertilizadas, que los rodales no fertilizados

Métodos de proyección del crecimiento.

Husch et al. (1982) citan cuatro métodos de proyección de crecimiento de rodales: proyección de la tabla de rodal, proyección total de rodal, funciones de crecimiento y rendimiento y tablas de rendimiento. A continuación se revisan los tres primeros.

Proyección de tabla de rodal.

Para la aplicación de este método se requiere una tabla de rodal actual, la información del crecimiento diamétrico pasado y una función de volumen local. La proyección puede

hacerse de tres formas diferentes, dependiendo de si se asume que todos los árboles tienen un Dap igual a la marca de clase, se distribuyen homogéneamente en cada intervalo, o si se reconoce el Dap real de cada árbol. En cualquiera de esas formas, la proyección asume que el crecimiento futuro es igual al crecimiento histórico, proyectándose así el número de árboles por clase diamétrica y calculándose luego la existencia con la función de volumen local.

El supuesto que el crecimiento futuro es igual al crecimiento histórico da origen a que este método sea eficiente sólo en un período de proyección corto, en el cual la curva de crecimiento real del diámetro (la cual es sigmoídea, con cambio de concavidad y punto de inflexión) pueda asumirse como lineal.

Según Husch et al. (1982), la determinación del crecimiento total del volumen inicial también depende de la estabilidad de la relación altura-Dap durante el período de proyección, relación que está implícita en la función de volumen local construida. Lo normal es que se asuma que esta relación no cambia. Chapman y Meyer (1949), citados por Husch et al. (1982), afirman que la relación altura-Dap futura no necesariamente es la misma que la presente. Para áreas grandes y rodales heteroetáneos el cambio puede ser pequeño, pero en áreas pequeñas y rodales coetáneos el cambio puede ser substancial; lo mismo para períodos de proyección de 10 a 20 años.

Proyección total de rodal.

Llamado también método de dos vías, fue propuesto por Spurr (1952) citado por Husch et al. (1982). Este método está basado en el supuesto que la relación entre volúmenes en dos puntos en el tiempo es equivalente a la relación entre los productos del área basal, altura y factor de forma en esos puntos. La relación matemática es la siguiente:

$$\frac{V_f}{V_a} = \frac{B_f * H_f * F_f}{B_a * H_a * F_a}$$

Donde:

Vf	:	Volumen futuro
Bf	:	Area basal futura
Hf	:	Altura promedio futura
Ff	:	Factor de forma promedio futuro
Va	:	Volumen actual
Ba	:	Area basal actual
Ha	:	Altura promedio actual
Fa	:	Factor de forma promedio actual

Este método supone que durante el período de proyección no existe variación del factor de forma promedio del rodal ($F_a = F_p$); así, sólo queda por estimar la altura promedio futura (H_f), y el área basal futura (B_f). La predicción de H_f y B_f es la clave para la exactitud del método. El crecimiento en área basal y el crecimiento en altura son relativamente independientes, y las variables usadas para estimar una de estas variables normalmente no son usadas

para estimar la otra; ambas se estiman por separado. Por eso es llamado el método de dos vías (Husch et al., 1982).

La altura futura del rodal es estimada con facilidad a partir de las curvas de índice de sitio (Husch et al., 1982). La proyección del área basal es más compleja. Spurr (1952), citado por Husch et al. (1982), desarrolló un método para proyectar el área basal, el cual está basado en el supuesto de que el crecimiento diamétrico futuro es igual al crecimiento diamétrico histórico, supuesto que lo hace ineficiente para períodos de proyección relativamente largos, debido a la forma real de la curva de crecimiento.

En rodales coetáneos de densidad normal que han pasado el período de crecimiento juvenil, el área basal total por unidad de superficie tiende a permanecer constante, por lo que el crecimiento en área basal es cercano cero. En esos rodales, por lo tanto, el crecimiento en volumen está estrechamente relacionado con el crecimiento en altura (Husch et al., 1982).

Funciones de crecimiento y rendimiento.

Este método consiste en utilizar funciones de crecimiento y rendimiento, las que pueden ser desarrolladas para rodales coetáneos, heteroetáneos y rodales de edad indeterminada. Moser y Hall (1969), citados por Husch et al. (1982), afirman que ésta es la mejor manera de presentar la información de crecimiento y rendimiento, debido al amplio uso de computadoras y modernas técnicas de análisis estadístico.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Materiales.

Descripción del área de estudio.

El Centro Experimental Forestal Tanumé posee una superficie total de 3820,8 ha y se ubica en la provincia de Cardenal Caro, comuna de Pichilemu, a unos 40 km de este balneario. Sus coordenadas geográficas son 34°9'- 34°15' Latitud Sur y 72°53'-72°59' Longitud Oeste.

El clima del área es del tipo templado subhúmedo (mediterráneo) con influencia marítima, con cuatro meses estivales. La precipitación media anual es de 705 mm, el promedio anual de las temperaturas es 11.6°C, registrándose en los meses más calurosos 15.4°C y en los meses más fríos 8.6°C; la humedad relativa promedio anual es de 88.8%. El período libre de heladas ocurre entre los meses de septiembre y mayo (Vargas, 1996).

El predio Tanumé presenta una topografía predominante de lomajes suaves, existiendo también sectores con topografía plana y quebradas. Los suelos son derivados de terrazas marinas, estando presente las series Cóguil, Curanipe, Alto Colorado y Cauquenes.

La serie de suelos Curanipe, que corresponde al área del ensayo silvopastoral, presenta algunas restricciones de uso por su susceptibilidad a la erosión de manto y cárcavas y por tener problemas de drenaje (Vargas, 1996).

Asignación de los tratamientos.

El ensayo silvopastoral se estableció en 1983, estructurándose módulos silvopastorales consistentes en el establecimiento de praderas sembradas asociadas a trigo y manejo de praderas naturales, en asociación simultánea con plantaciones de *Pinus radiata* plantadas a densidades de 1000 y 625 árb/ha, además de un testigo o forestación tradicional plantado a densidad de 1600 árb/ha y sin manejo silvopastoral. Los tratamientos (Tabla 1) se encuentran disgregados en dos sectores: el sector La Turca, localizado próximo al mar, y el sector La Cancha, ubicado a 12 km hacia el interior. Ambos sectores presentan serie de suelos Curanipe, pero con claras diferencias en cuanto a condiciones climáticas. En el sector La Turca las condiciones climáticas son más adversas, lo que determina un menor crecimiento con respecto al sector La Cancha; en éste, las condiciones ambientales son menos desfavorables (Vargas, 1996). Cada tratamiento cubre una superficie de 6 ha.

TABLA 1. ASIGNACION DE TRATAMIENTOS SILVOPASTORALES SEGUN LA DENSIDAD INICIAL (árb/ha) Y TIPO DE PRADERA (C.E.F. TANUME).

Densidad nominal inicial	Tipo de pradera		
	Pradera natural	Pradera natural mejorada	Pradera artificial
625 árb/ha	T1 (171.4)	T2 (184.4)	T3 (192.1)
1000 árb/ha	T4* (316.3)	T5* (337.4)	T6 (199.6)
1600 árb/ha	T7 (510.8)		

T : Tratamiento (entre paréntesis la densidad actual; árb/ha)

(*) : Tratamientos ubicados en el sector La Turca

La densidad de 1000 árb/ha corresponde a la modalidad de franjas de dos hileras de plantas, en la cual el distanciamiento entre plantas en la franja es de 2x3 m y entre franjas es de 7 m. La densidad de 625 árb/ha corresponde a la modalidad de cuatro plantas establecidas a 2x2 m en conglomerados a 6x6 m (Figura 1).

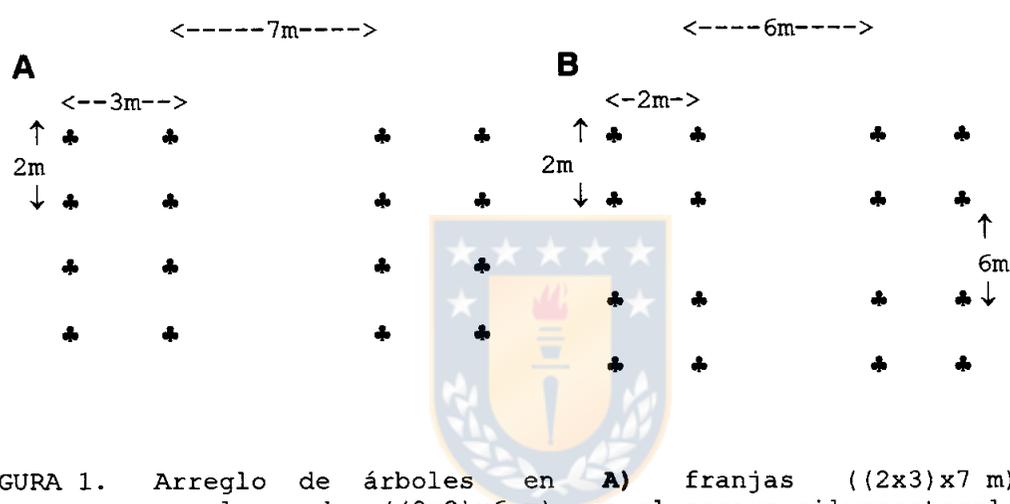


FIGURA 1. Arreglo de árboles en **A)** franjas ((2x3)x7 m) y **B)** conglomerados ((2x2)x6 m) en el ensayo silvopastoral en el Centro Experimental Forestal Tanumé, VI región.

Los tipos de pradera (tres) corresponden a pradera natural (sin fertilización), pradera natural mejorada (fertilizada, con una fertilización cada cuatro años) y pradera artificial (sembrada y fertilizada anualmente). La pradera artificial se sembró con las especies *Falaris tuberosa* y trébol subterráneo (*Trifolium sp.*) variedad *clare*. En el estrato herbáceo de la pradera natural y la natural mejorada predominan cebadilla (*Hordeum sp.*), siete venas (*Plantago lanceolata*), trébol (*Trifolium sp.*), pasto delgado (*Vulpia dertonensis*), teatina (*Avena barbata*) y azulillo (*Pasithea coerulea*).

3.2 Métodos.

Obtención de datos.

La obtención de la información necesaria para cumplir los objetivos planteados se realizó en los meses de febrero y marzo de 1995. Consistió en la extracción de rodela para análisis fustal en árboles del ensayo silvopastoral y en árboles de rodales de mayor edad adyacentes al área del ensayo. La metodología de proyección del crecimiento que se utiliza asume que los árboles del ensayo silvopastoral siguen un patrón de crecimiento similar a alguna de las clases diamétricas de un rodal con densidad inicial tradicional, ubicado en el mismo sitio. Para ello se seleccionaron tres rodales de 19 años de edad ubicados en el sector La Cancha, creciendo en condiciones topográficas similares al ensayo y cercanos a éste. En La Turca no existen rodales contiguos de mayor edad, de modo que el supuesto es que los árboles del ensayo crecen con un patrón semejante a las clases diamétricas inferiores de los rodales seleccionados en La Cancha.

Los rodales seleccionados varían en estructura (Tabla 2), de manera de ampliar la gama de curvas de crecimiento de donde seleccionar para proyectar el crecimiento de los tratamientos silvopastorales de los dos sectores. Estos rodales se denominarán, de aquí en adelante, Rodal A, Rodal B y Rodal C. En total se midieron siete parcelas de 400 m² cada una, tres en el Rodal A, dos en el Rodal B y dos en el Rodal C. En ellas se midieron los Dap y se identificaron los

árboles con un número, para la posterior aleatorización en la selección de éstos para el análisis fustal.

TABLA 2. CARACTERISTICAS DASOMETRICAS DE LOS RODALES SELECCIONADOS.

Rodal	Edad (años)	Indice de sitio (m)	Número árb/ha	Area basal (m ² /ha)	Diámetro cuadrático (cm)	Altura promedio (m)	N ^o raleos
A	19	31.9	1325.0	50.1	21.9	24.99	0
B	19	26.2	841.7	40.7	24.8	21.60	1
C	19	29.8	450.0	44.4	35.4	25.95	2

El conjunto de mediciones de Dap de las siete parcelas se estratificó en siete clases de igual amplitud; dentro de cada clase de Dap se seleccionaron al azar tres árboles, totalizando 21 árboles para el análisis fustal. A estos árboles se les midió en pie el diámetro a 0.2 m del suelo (diámetro de tocón), el Dap y el radio de copa en dirección de los cuatro puntos cardinales.

Una vez volteados se les midió la longitud total de fuste y la longitud de copa viva. Posteriormente se obtuvo rodela a 0.2 m del suelo, 1.3 m del suelo, en la base de la copa viva y cada 1/10 de la altura total, a partir del tocón (Figura 2). En cada rodela se midió el diámetro mayor y diámetro menor, obteniéndose el promedio geométrico entre ellos; la mitad de éste permitió trazar un radio entre médula y cambium, sobre el cual se realizaron las mediciones de incrementos radiales cada un anillo. Finalmente se midió el espesor de corteza en la dirección del radio seleccionado.

En el ensayo silvopastoral se dividió la amplitud diamétrica de cada tratamiento (obtenidas de las mediciones registradas en las parcelas de muestreo de cada tratamiento, efectuadas

por CONAF en octubre de 1994) en tres clases de igual amplitud, y se seleccionaron al azar tres árboles de cada clase, totalizando 9 árboles por tratamiento y 63 árboles en total. Estos árboles se muestrearon para análisis fustal de la misma forma descrita para los árboles de rodal.

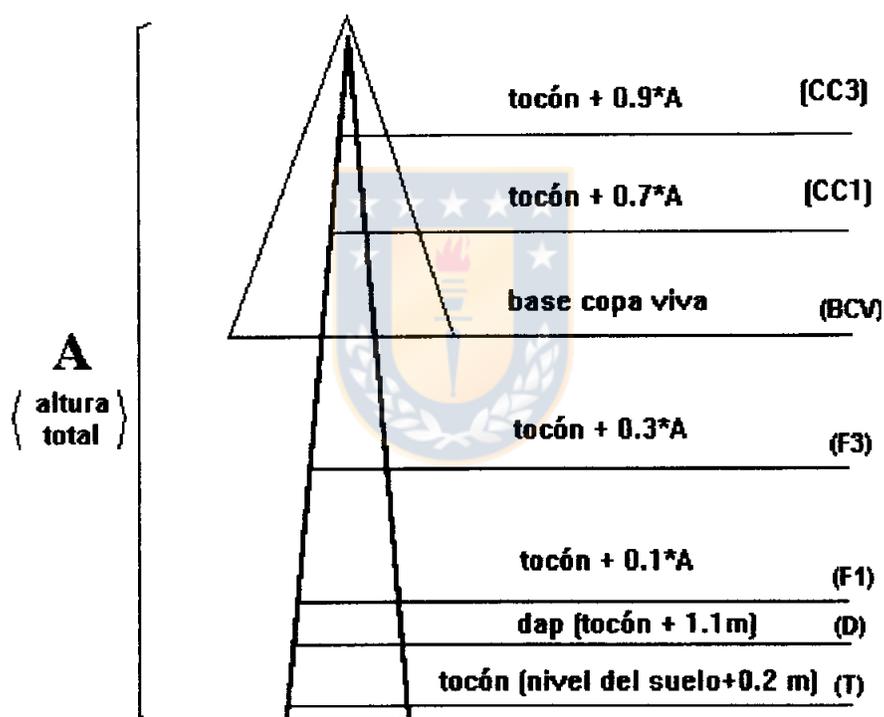


FIGURA 2. Diagrama del método de extracción de rodela y el código asignado para el análisis fustal (Nota: sólo se ilustran algunas alturas de obtención de rodela).

Proyección del crecimiento en altura y Dap.

Del análisis fustal se obtuvo datos históricos de altura y Dap sin corteza para cada árbol individual, en los rodales y en el ensayo silvopastoral. La estimación de la altura se

realizó con el procedimiento de Carmean (Dyer y Bailey, 1987). Con los datos de altura-edad y Dap-edad de los rodales se ajustaron tres modelos de crecimiento, de los cuales se seleccionó el mejor usando como indicadores de bondad de ajuste el coeficiente de determinación (r^2) y el error estándar de estimación (E.E.E.). Los modelos son los siguientes :

1.- Modelo de Schumacher:
$$Y = e^{\left(\frac{b1 - b2}{Eb3}\right)}$$

2.- Modelo de Chapman-Richards:
$$Y = b1 * (1 - e^{(-b2 * E)})^{b3}$$

3.- Modelo de Weibull:
$$Y = b1 * (1 - e^{(-b2 * E^{b3})})$$

donde :

- Y : altura total (m) o Dap (cm), según corresponda
 E : edad total (años)
 e : base de logaritmos naturales
 bi : coeficientes

Una vez seleccionado el mejor modelo se procedió a ajustarlo por clase de Dap en los rodales adultos; en éstos, el crecimiento de las clases 3 y 4 resultó ser similar, razón por la cual se obtuvo una función para ambas clases. Así, se obtuvo seis curvas altura-edad y seis curvas Dap-edad para los rodales. En el ajuste se utilizó el software estadístico SAS.

Mediante un análisis de residuos se determinó cuál de esas seis funciones de altura-edad y cuál de las funciones Dap -edad predecía mejor el crecimiento en altura y Dap , respectivamente, de los árboles de cada clase diamétrica de cada tratamiento en el ensayo silvopastoral. La Figura 3 ilustra el procedimiento para la altura, donde \hat{h}_{r_i} es la curva de altura estimada por la función ajustada para la clase diamétrica i del rodal y los puntos (h_s, E_s) son observaciones altura-edad de una clase de Dap de un tratamiento silvopastoral.

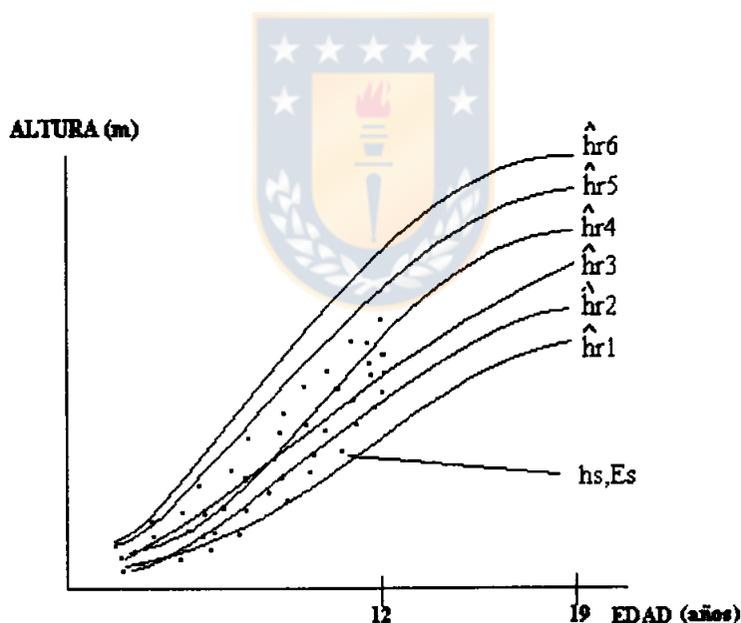


FIGURA 3. Ilustración del procedimiento de selección de la mejor curva para proyectar el crecimiento en altura de un tratamiento silvopastoral.

El análisis de residuos para la selección de la función que mejor representa el crecimiento de una clase de tamaño de árbol en el ensayo, consistió en calcular un estimador de la exactitud de las estimaciones (Arabatzis y Burkhart, 1992).

Las relaciones involucradas en su cálculo para la altura, al igual que para el Dap; son las siguientes :

$$MS = e^2 + v$$

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$$

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2 + \frac{\left(\sum_{i=1}^n e_i\right)^2}{n}}{n(n-1)}$$

$$e_i = \hat{h}_r - h_s$$



donde:

- MS : indicador de la exactitud de las estimaciones.
- e : estimador del sesgo de las estimaciones.
- v : estimador de la precisión de la estimaciones.

El indicador (MS) se utilizó para seleccionar la mejor función, ajustada en las clases del rodal, para estimar el crecimiento de cada clase de tamaño de cada tratamiento en el ensayo. La clase de rodal seleccionada para proyectar el crecimiento en altura de una clase de un tratamiento fue la que entregó el menor valor de MS . Se procedió de la misma forma para el crecimiento en Dap. Así, la clase de rodal utilizada para proyectar el crecimiento en el ensayo es la

que mejor representa el crecimiento de la clase del tratamiento a proyectar. Esta mayor similitud no implica, sin embargo, una representación exacta del crecimiento en el ensayo; por ello se utilizó un estimador de razón para corregir las estimaciones de las funciones. Este estimador se obtuvo entre los valores de crecimiento en altura (o Dap) de cada clase de tamaño de un tratamiento y los valores de crecimiento respectivos de la clase de rodal seleccionada. Se usó el estimador de razón de medias por presentar la variable dependiente varianza proporcional a la variable independiente.



$$\hat{R}_i = \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_r}$$

$$\bar{Y}_r = \frac{\sum_{j=1}^{nr} \hat{Y}_{r_j}}{nr}$$

$$\bar{Y}_s = \frac{\sum_{j=1}^{ns} Y_{s_j}}{ns}$$

donde:

\hat{R}_i : estimador de razón para la i -ésima clase en un tratamiento

- \hat{Y}_{r_j} : valor estimado de altura o Dap en los rodales a la edad j
- nr : número de valores estimados por la función en los rodales ($nr=18$)
- Y_{s_j} : valor observado de altura o Dap en una clase de tamaño de un tratamiento en el ensayo a la edad j
- ns : número de observaciones de altura en una clase de tamaño en un tratamiento en el ensayo ($ns=33$)

La proyección de la altura y Dap de los árboles en los tratamientos se realizó a partir de la relación siguiente:

$$\hat{Y}_{s_{ij}} = \hat{R}_i * \hat{Y}_{r_j}$$

donde:

- $\hat{Y}_{s_{ij}}$: valor estimado de altura o Dap en la i -ésima clase de tamaño de un tratamiento en el ensayo a la edad j
- \hat{R}_i : estimador de razón de la i -ésima clase de tamaño de un tratamiento
- \hat{Y}_{r_j} : valor estimado de altura o Dap en los rodales a la edad j

Proyección del crecimiento en volumen

Con los datos de diámetro actual de las rodelas en el ensayo medidos a diferentes alturas en el fuste, Dap y altura total actual se ajustó una función de volumen general. Esta función se usó para estimar el volumen en el ensayo, a partir de la altura y Dap proyectados. La función fue ajustada y aplicada por separado en los sectores La Cancha y La Turca.

Análisis del efecto del régimen silvopastoral en el crecimiento.

El efecto de la fertilización y densidad inicial en el crecimiento fue documentado estadísticamente mediante una prueba F, para detectar diferencia significativa entre regresiones, dentro del período de tiempo observado en el ensayo. Para ello se utilizó el mejor modelo seleccionado (Chapman-Richards), ajustado con los datos obtenidos del ensayo silvopastoral.

El procedimiento consiste en ajustar el modelo con el conjunto total de datos y con los datos de cada nivel del factor en análisis por separado. El estadístico F se calcula como sigue :

$$F = \frac{(SCEG - (SCE1 + \dots + SCEn)) / (GLEG - (GLE1 + \dots + GLEn))}{(SCE1 + \dots + SCEn) / (GLE1 + \dots + GLEn)}$$

donde:

SCEG : suma de cuadrados del error del ajuste general
SCEi : suma de cuadrados del error del ajuste en el *i*-
ésimo nivel del factor en análisis
GLEG : grados de libertad del error del ajuste general
GLEi : grados de libertad del error del ajuste en el *i*-
ésimo nivel del factor en análisis

Cuando el F muestral es mayor que el F crítico con $(GLEG - (GLE1 + \dots + GLEn))$, $(GLE1 + \dots + GLEn)$ g.l. y el nivel de confianza elegido, se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe diferencia significativa entre las regresiones, lo cual se atribuye a un efecto significativo de factor en cuestión (tratamientos).



IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

En las Tablas 3 y 4 se presentan los rangos de las clases de Dap de los tratamientos silvopastorales y de los rodales, respectivamente.

TABLA 3. RANGOS DE LAS CLASES DE Dap (cm) EN CADA TRATAMIENTO SILVOPASTORAL.

Clase Dap	Tratamiento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
C1	<= 22	<= 26	<= 26	<= 20	<= 16	<= 26	>= 22
C2	22-28	26-32	26-32	20-24	16-20	26-32	22-26
C3	> 28	> 32	> 32	> 24	> 20	> 32	> 26

TABLA 4. RANGOS DE LAS CLASES DE Dap (cm) DE LOS ARBOLES DE LOS RODALES.

Clase Dap	Rango
C1	< 19
C2	19 - 23
C3	23 - 27
C4	27 - 31
C5	31 - 35
C6	35 - 39
C7	> 39

Selección del mejor modelo de crecimiento.

El modelo de Chapman-Richards resultó ser el mejor para estimar el crecimiento en altura y Dap en los rodales (modelo 2; Tabla 5).

TABLA 5. BONDAD DE AJUSTE PARA EL CRECIMIENTO DE LAS VARIABLES ALTURA Y Dap DE LOS TRES MODELOS PROBADOS.

Variable	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	r ²	E.E.E	r ²	E.E.E	r ²	E.E.E
Altura	0.9436	1.7183	0.9441	1.7098	0.9438	1.7481
Dap	0.7012	4.4895	0.7101	3.4141	0.7099	4.3684

En la Tabla 6 se presentan los coeficientes del modelo de Chapman-Richards obtenidos para cada clase de tamaño de los rodales, para las variables altura y Dap, y su coeficiente de determinación respectivo.

TABLA 6. VALORES DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS PARA EL CRECIMIENTO EN ALTURA Y Dap DE CADA CLASE DE TAMAÑO DE LOS RODALES Y SU COEFICIENTE DE DETERMINACION (r²).

Variable	Clase Dap	Coeficientes			r ²
		b1	b2	b3	
Altura (m)	C1	26.228905	0.173947	3.565595	0.97
	C2	31.970241	0.134262	2.700999	0.97
	C3	34.866344	0.127288	2.894509	0.97
	C4	33.492122	0.123129	2.947078	0.96
	C5	37.067444	0.094947	2.070489	0.98
	C6	36.652157	0.132659	2.834889	0.99
Dap (cm)	C1	16.201026	0.252908	3.611474	0.96
	C2	19.568171	0.256392	4.013665	0.98
	C3	26.501770	0.182783	3.315302	0.95
	C4	32.969124	0.140236	2.665535	0.94
	C5	31.729278	0.250226	4.152802	0.93
	C6	38.723912	0.235590	4.930291	0.99

Selección de la mejor función para proyectar crecimiento.

En la Tabla 9 se presentan las clases de rodal seleccionadas para proyectar el crecimiento en altura y Dap de cada clase de tamaño en los tratamientos en el ensayo (valores de *MS*, Tablas 7 y 8), junto con los estimadores de razón calculados. La mayor parte de las clases de tamaño de los tratamientos (62%) crecen en altura en forma similar a las clases diamétricas intermedias de los rodales muestreados (C4). En cambio, el crecimiento en Dap de las clases de tamaño de los tratamientos es similar a las clases diamétricas de árboles de mayor tamaño en el rodal (C5 y C6)

TABLA 7. VALORES DE *MS* PARA EL CRECIMIENTO EN ALTURA (m) DEL ENSAYO SILVOPASTORAL ESTIMADO A PARTIR DE LAS FUNCIONES AJUSTADAS POR CLASE DE TAMAÑO EN LOS RODALES MUESTREADOS. EN NEGRITA SE RESALTA EL MENOR VALOR DE *MS* PARA CADA CLASE DE Dap DE CADA TRATAMIENTO.

Tratamiento	Clase Dap	Clase rodal					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
T1	C1	6.077	11.123	7.391	5.358	10.082	19.038
	C2	0.082	1.278	0.272	0.031	0.975	4.650
	C3	0.365	0.073	0.124	0.564	0.023	1.587
T2	C1	0.554	2.546	0.992	0.363	2.107	6.720
	C2	0.116	1.367	0.333	0.053	1.043	4.689
	C3	1.027	0.029	0.576	1.346	0.101	0.715
T3	C1	0.239	1.754	0.536	0.130	1.397	5.372
	C2	0.035	0.571	0.041	0.098	0.370	3.062
	C3	2.110	0.359	1.436	2.557	0.560	0.166
T4	C1	5.730	10.545	7.004	5.054	9.623	18.014
	C2	4.436	8.754	5.564	3.849	7.911	15.654
	C3	2.220	5.485	3.033	1.807	4.830	11.143
T5	C1	6.580	11.688	7.940	5.853	10.714	19.500
	C2	5.088	9.666	6.290	4.447	8.788	16.852
	C3	1.609	4.492	2.308	1.262	3.899	9.707
T6	C1	1.116	3.633	1.708	0.833	3.102	8.424
	C2	0.531	0.056	0.235	0.761	0.037	1.355
	C3	1.539	0.151	0.973	1.925	0.290	0.384
T7	C1	0.383	2.183	0.750	0.226	1.745	6.264
	C2	1.049	0.031	0.592	1.371	0.108	0.693
	C3	0.940	0.017	0.511	1.245	0.077	0.791

TABLA 8. VALORES DE MS PARA EL CRECIMIENTO EN Dap (cm) DEL ENSAYO SILVOPASTORAL ESTIMADO A PARTIR DE LAS FUNCIONES AJUSTADAS POR CLASE DE TAMAÑO EN LOS RODALES MUESTREADOS. EN NEGRITA SE RESALTA EL MENOR VALOR DE MS PARA CADA CLASE DE Dap DE CADA TRATAMIENTO.

Tratamiento	Clase Dap	Clase Rodal					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
T1	C1	1.815	0.445	0.239	1.587	40.301	47.280
	C2	22.326	10.938	14.013	6.677	5.244	6.589
	C3	81.189	58.367	65.262	48.341	5.041	4.097
T2	C1	15.917	6.341	8.818	3.140	10.313	12.767
	C2	50.184	32.643	37.827	25.245	0.168	0.084
	C3	100.009	74.462	82.196	63.029	10.462	8.934
T3	C1	20.991	9.311	12.361	5.182	8.074	10.735
	C2	63.545	43.565	49.534	34.948	1.473	0.971
	C3	126.990	97.973	106.850	84.841	20.268	18.207
T4	C1	1.172	0.417	0.083	1.953	43.487	50.721
	C2	14.069	4.935	7.205	2.090	13.466	16.845
	C3	40.316	23.774	28.416	17.065	0.790	1.504
T5	C1	0.309	3.981	2.300	7.554	61.632	68.623
	C2	2.012	0.197	0.183	0.984	36.822	42.212
	C3	15.836	6.299	8.747	3.096	10.433	12.864
T6	C1	12.055	4.277	6.211	1.802	12.687	14.765
	C2	56.766	37.987	43.564	29.961	0.625	0.326
	C3	111.836	84.727	92.989	72.540	14.506	12.806
T7	C1	9.666	2.566	4.166	0.690	18.534	22.548
	C2	25.217	12.965	16.368	8.317	3.850	5.114
	C3	55.449	36.911	42.417	29.017	0.499	0.253

TABLA 9. CLASES DE TAMAÑO DE RODAL SELECCIONADAS PARA PROYECTAR EL CRECIMIENTO DE LAS CLASES DE Dap DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO Y SUS RESPECTIVOS ESTIMADORES DE RAZON.

Tratamiento		Variable					
		Altura (m)			Dap (cm)		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3
T1	CRS*	4	4	5	3	5	6
	R**	0.7876	1.08928	0.9927	1.0214	0.7991	1.1618
T2	CRS	4	4	2	4	6	6
	R	0.9883	1.0469	1.0174	1.1475	1.0355	1.2292
T3	CRS	4	1	6	4	6	6
	R	1.0301	1.0434	0.9984	1.1883	1.0619	1.2726
T4	CRS	4	4	4	3	4	5
	R	0.7656	0.8048	0.8877	0.9248	1.1131	0.9405
T5	CRS	4	4	4	1	3	4
	R	0.7425	0.7841	0.9179	0.9825	0.9633	1.1446
T6	CRS	4	5	2	4	6	6
	R	0.9469	0.9988	1.0429	1.07458	1.0642	1.2646
T7	CRS	4	2	2	4	5	6
	R	1.0398	1.0207	1.0142	1.0529	0.816	1.0312

* Clase de rodal seleccionada para proyectar crecimiento en la clase C_i del tratamiento.

** Estimador de razón.

Proyección del crecimiento en altura, Dap y volumen

En las Tablas 10 a 16 se presentan los resultados de la proyección del crecimiento en altura, Dap y volumen para los tratamientos T1 a T7, respectivamente. Las funciones de volumen obtenidas en los sectores La Cancha y La Turca se presentan a continuación.

$$V_c = 0.046968 + 0.00002907799 * D^2 * H \quad (r^2=0.97; \text{EEE}=0.02734; n=12)$$

$$V_t = 0.023421 + 0.00002776384 * D^2 * H \quad (r^2=0.96; \text{EEE}=0.01437; n=12)$$

donde:

V_c : Volumen total (m^3 ssc) por árbol en el sector La Cancha

V_t : Volumen total (m^3 ssc) por árbol en el sector La Turca

D : Dap del árbol sin corteza (cm)

H : Altura total del árbol (m)

TABLA 10. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T1.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL m^3 /ha
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	
13	19.6	13.6	27.3	5.4	21.5	18.8	92.4	27.7	35.5	16.9	51.7	34.4	67.6
14	20.7	14.8	27.3	6.3	22.3	20.5	92.4	31.7	37.4	18.2	51.7	40.6	78.7
15	21.7	15.9	27.3	7.2	23.0	22.0	92.4	35.5	38.9	19.4	51.7	46.6	89.4
16	22.5	16.9	27.3	8.1	23.5	23.4	92.4	39.1	40.1	20.6	51.7	52.2	99.4
17	23.3	17.9	27.3	9.0	23.9	24.8	92.4	42.3	41.1	21.7	51.7	57.5	108.8
18	23.9	18.8	27.3	9.8	24.2	26.0	92.4	45.2	41.9	22.7	51.7	62.4	117.4
19	24.4	19.6	27.3	10.5	24.5	27.1	92.4	47.8	42.5	23.7	51.7	66.8	125.1

(*E : edad total (años); D: Dap promedio (cm); H: altura total (m);
N : número de árb/ha; V : volumen total/ha (m^3 ssc).

TABLA 11. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T2.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	m ³ /ha
13	23.7	17.0	81.0	26.3	31.7	18.1	78.2	44.8	37.6	19.4	25.2	21.2	92.3
14	25.3	18.6	81.0	31.7	33.3	19.7	78.2	53.2	39.5	20.8	25.2	25.0	110.0
15	26.7	20.0	81.0	37.4	34.7	21.1	78.2	61.4	41.1	22.1	25.2	28.6	127.4
16	28.1	21.3	81.0	43.2	35.7	22.5	78.2	69.1	42.4	23.3	25.2	31.9	144.2
17	29.2	22.5	81.0	49.0	36.6	23.8	78.2	76.2	43.5	24.3	25.2	34.9	160.1
18	30.3	23.6	81.0	54.7	37.3	25.0	78.2	82.8	44.3	25.3	25.2	37.6	175.0
19	31.2	24.6	81.0	60.1	37.9	26.0	78.2	88.6	45.0	26.1	25.2	39.9	188.7

(*) ver definición en pie de Tabla 10; pág. 26

TABLA 12. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T3.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	m ³ /ha
13	24.5	17.75	55.3	19.7	32.5	18.49	110.6	68.0	38.9	20.97	26.2	25.4	113.1
14	26.2	19.33	55.3	23.9	34.2	19.74	110.6	79.4	40.9	22.62	26.2	30.1	133.4
15	27.7	20.80	55.3	28.3	35.5	20.84	110.6	89.7	42.6	24.12	26.2	34.6	152.6
16	29.1	22.16	55.3	32.8	36.7	21.80	110.6	99.6	43.9	25.49	26.2	38.7	171.1
17	30.3	23.41	55.3	37.2	37.6	22.62	110.6	108.0	45.0	26.73	26.2	42.5	187.7
18	31.4	24.55	55.3	41.5	38.3	23.34	110.6	115.3	45.9	27.85	26.2	45.9	202.7
19	32.3	25.59	55.3	45.5	38.9	23.96	110.6	121.8	46.6	28.85	26.2	49.0	216.3

(*) ver definición en pie de Tabla 10; pág. 26

TABLA 13. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T4.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	m ³ /ha
13	17.7	13.2	134.2	18.6	22.9	13.9	153.4	34.6	25.3	14.86	28.8	8.3	61.5
14	18.8	14.4	134.2	22.1	24.5	15.1	153.4	42.2	26.3	16.04	28.8	9.6	73.8
15	19.7	15.5	134.2	25.6	25.9	16.3	153.4	50.2	27.0	17.13	28.8	10.7	86.4
16	20.4	16.5	134.2	28.7	27.2	17.3	153.4	58.1	27.6	18.22	28.8	11.8	98.6
17	21.1	17.4	134.2	32.0	28.4	18.3	153.4	66.5	28.1	19.31	28.8	12.9	111.3
18	21.6	18.2	134.2	34.8	29.4	19.2	153.4	74.3	28.5	20.86	28.8	14.2	123.3
19	22.1	19.0	134.2	37.7	30.3	20.0	153.4	81.8	28.8	21.87	28.8	15.2	134.7

(*) ver definición en pie de Tabla 10; pág. 26

TABLA 14. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T5.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	m ³ /ha
13	13.9	12.8	56.2	5.2	18.5	13.5	230.1	34.9	23.6	15.8	51.1	13.7	53.7
14	14.3	13.9	56.2	5.8	19.6	14.7	230.1	41.3	25.2	17.2	51.1	16.7	63.8
15	14.7	15.0	56.2	6.3	20.5	15.8	230.1	47.8	26.7	18.5	51.1	19.9	74.0
16	14.9	16.0	56.2	6.9	21.3	16.9	230.1	54.1	28.0	19.8	51.1	23.1	84.1
17	15.2	16.9	56.2	7.4	21.9	17.8	230.1	60.2	29.2	20.9	51.1	26.4	93.9
18	15.3	17.7	56.2	7.8	22.5	18.7	230.1	65.9	30.2	21.9	51.1	29.5	103.2
19	15.5	18.5	56.2	8.2	23.0	19.4	230.1	71.2	31.1	22.9	51.1	32.6	111.9

(*) ver definición en pie de Tabla 10; pág. 26

TABLA 15. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T6.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	m ³ /ha
13	21.2	16.3	84.7	23.7	32.5	18.2	108.9	66.0	38.7	19.9	6.0	5.5	95.2
14	23.7	17.8	84.7	28.5	34.2	19.6	108.9	77.8	40.7	21.3	6.0	6.4	112.7
15	25.0	19.1	84.7	33.5	35.6	20.9	108.9	89.2	42.3	22.6	6.0	7.4	130.0
16	26.3	20.4	84.7	38.6	36.7	22.2	108.9	100.0	43.7	23.9	6.0	8.2	146.8
17	27.4	21.5	84.7	43.7	37.6	23.4	108.9	110.0	44.7	24.9	6.0	9.0	162.7
18	28.4	22.6	84.7	48.7	37.4	24.5	108.9	119.2	45.6	25.9	6.0	9.7	177.6
19	29.2	23.5	84.7	53.5	39.0	25.1	108.9	127.7	46.3	26.8	6.0	10.3	191.4

(*) ver definición en pie de Tabla 10; pág. 26

TABLA 16. VALORES* PROYECTADOS DE ALTURA TOTAL, Dap PROMEDIO Y VOLUMEN TOTAL, POR CLASE DIAMETRICA Y TOTAL, DEL TRATAMIENTO T7.

E	Clase 1				Clase 2				Clase 3				TOTAL
	D	H	N	V	D	H	N	V	D	H	N	V	m ³ /ha
13	21.7	17.9	138.6	40.5	24.9	19.4	302.9	120.2	31.5	19.3	69.3	41.8	202.5
14	23.2	19.5	138.6	48.8	25.5	20.9	302.9	133.9	33.2	20.7	69.3	49.2	232.0
15	24.5	21.0	138.6	57.3	26.0	22.2	302.9	146.4	34.5	22.0	69.3	56.0	259.7
16	25.7	22.4	138.6	66.1	26.3	23.3	302.9	156.2	35.6	23.2	69.3	62.5	284.8
17	26.8	23.6	138.6	74.8	26.6	24.4	302.9	166.3	36.5	24.2	69.3	68.2	309.3
18	27.8	24.8	138.6	83.8	26.7	25.4	302.9	173.7	37.2	25.2	69.3	73.5	331.0
19	28.6	25.8	138.6	91.6	26.9	26.2	302.9	181.2	37.7	26.0	69.3	77.7	350.5

(*) ver definición en pie de Tabla 10; pág. 26

Los tratamientos que presentan mayor volumen total por hectárea, actual y proyectado, son T3 en el sector La Cancha y T4 en el sector La Turca (Tablas 12 y 13, respectivamente). Para estos tratamientos y el testigo (T7; Tabla 16) se representa gráficamente la proyección del Dap y la altura, valores que se entregaron en las Tablas respectivas.

Proyección de la altura y Dap en el tratamiento T3.

En la Tabla 9 se advierte que las mejores funciones de los rodales para proyectar el crecimiento en altura de las clases C1, C2 y C3 de T3 son las clases C4, C1 y C6 de los rodales, respectivamente (Figura 4).

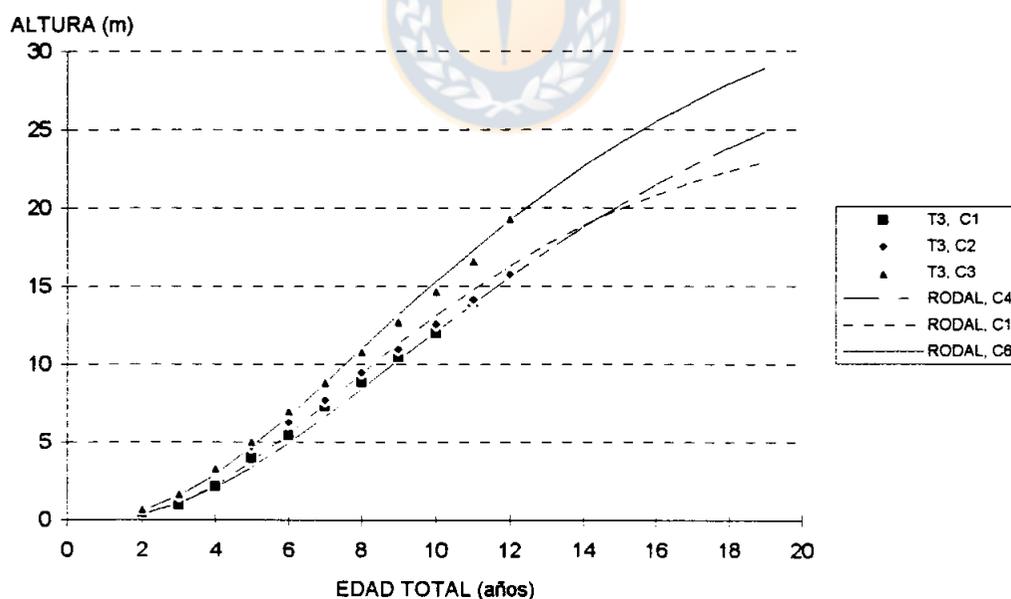


FIGURA 4. Alturas observadas en las clases de T3 y alturas estimadas en las clases seleccionadas de los rodales $(\hat{h}r_j = b1 * (1 - e^{(-b2 * E)}) * b3)$.

En la Figura 5 se muestran las alturas proyectadas de T3.

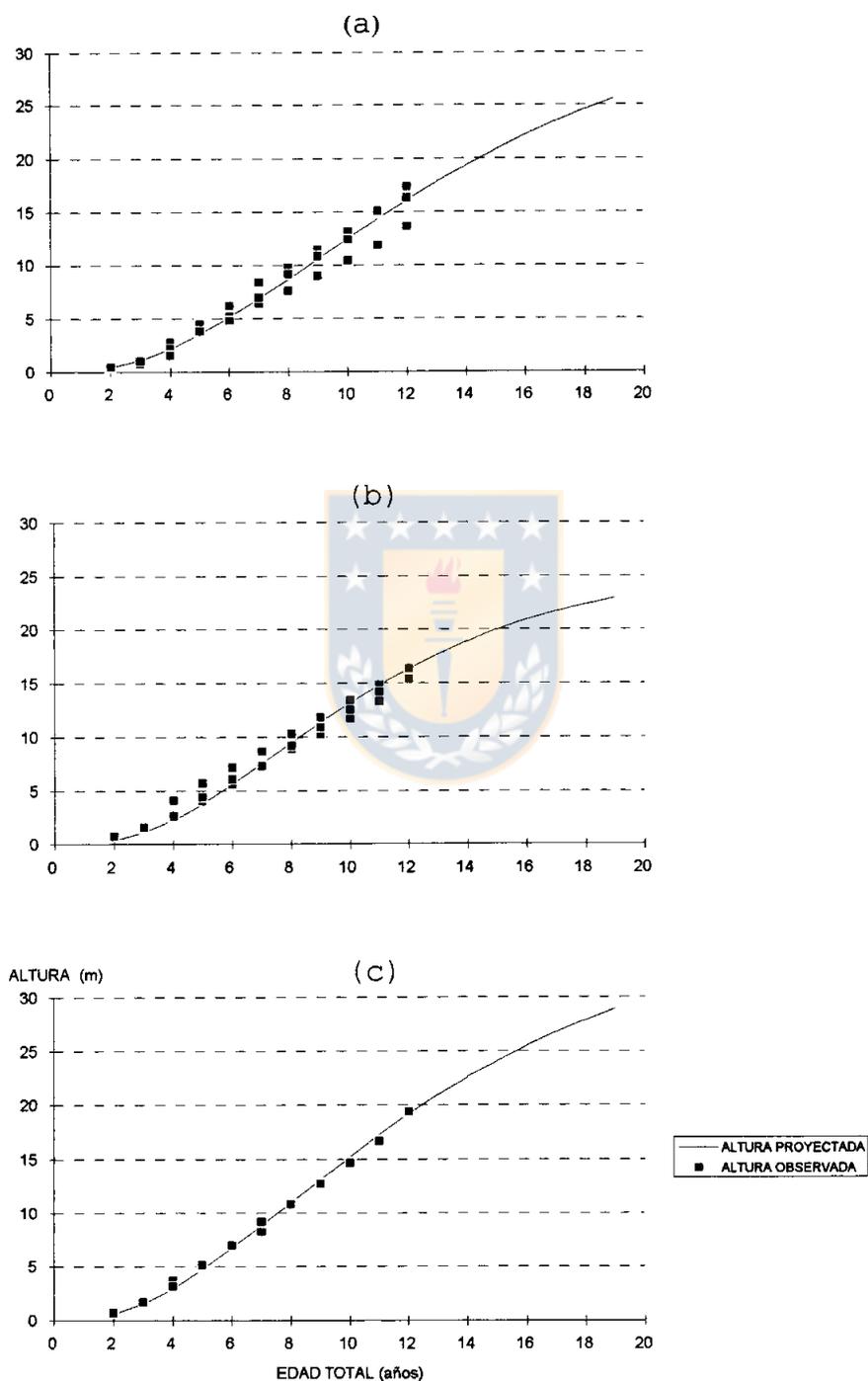


FIGURA 5. Crecimiento en altura proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T3 ($\hat{h}_{s_{ij}} = \hat{R}_i * \hat{h}_{r_j}$)

En la Figura 6 se presenta el crecimiento en Dap de las tres clases diamétricas de T3 y el crecimiento en Dap de las clases de rodal seleccionadas para proyectar el crecimiento en Dap.

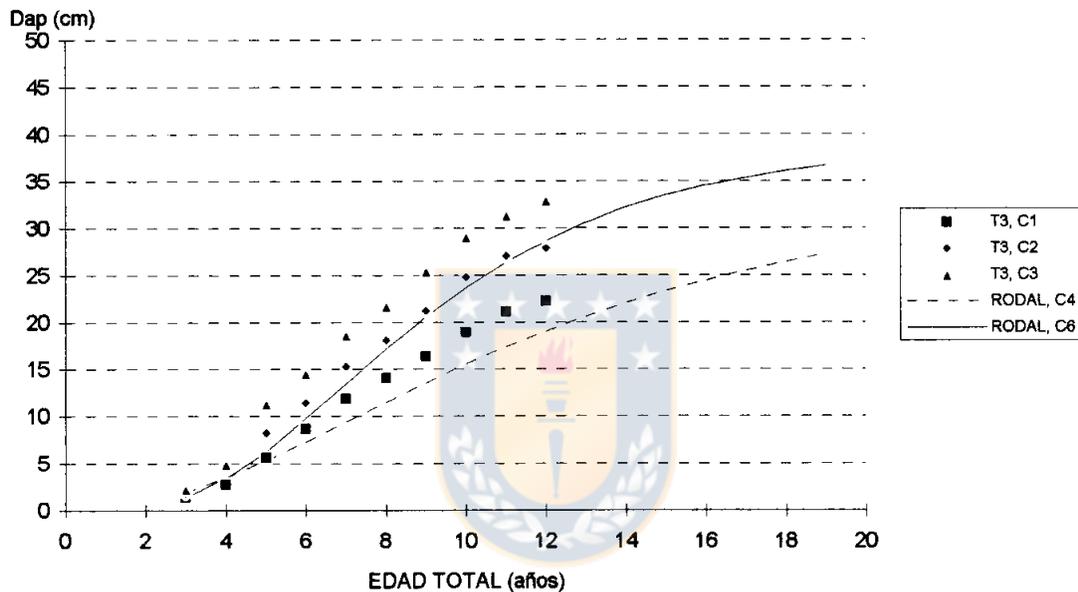


FIGURA 6. Dap observados en las clases de T3 y Dap estimados en las clases seleccionadas de los rodales ($\hat{D}_{r_j} = b1 * (1 - e^{(-b2 * E)}) * b3$).

Las funciones que se usaron para proyectar el crecimiento en Dap de las clases de tamaño C1, C2 y C3 de T3 fueron las de las clases C4, C6 y C6 de rodal, respectivamente (Tabla 9). La Figura 7 muestra el crecimiento en Dap proyectado hasta la edad 19 de las clases de tamaño de T3.

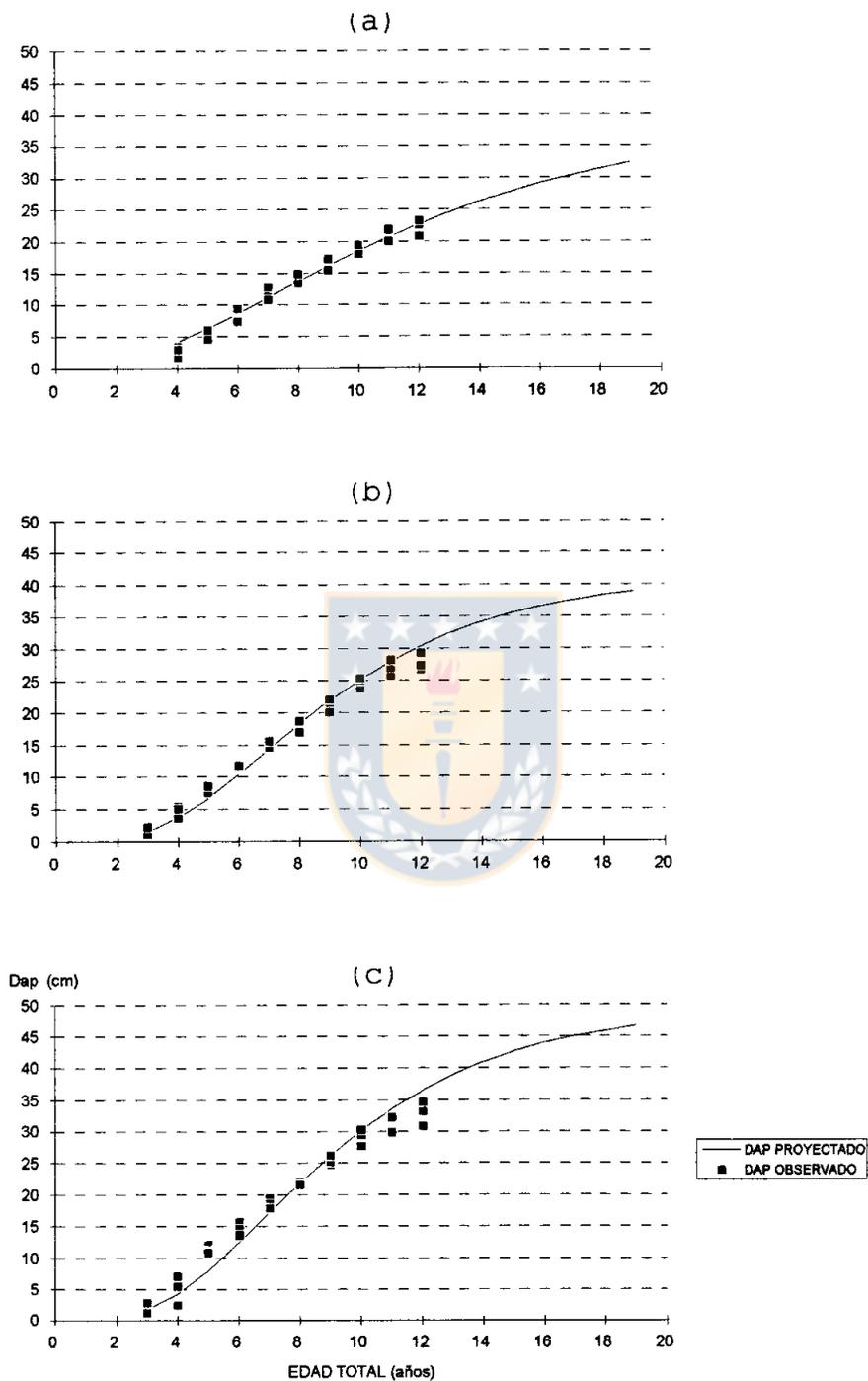


FIGURA 7. Crecimiento en Dap proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T3 ($\hat{D}s_{ij} = \hat{R}_i * \hat{D}r_j$).

Proyección de la altura y Dap en el tratamiento T4.

En la Figura 8 se muestra el crecimiento en altura de las clases de T4 y el crecimiento estimado en altura de la clase seleccionada de los rodales.

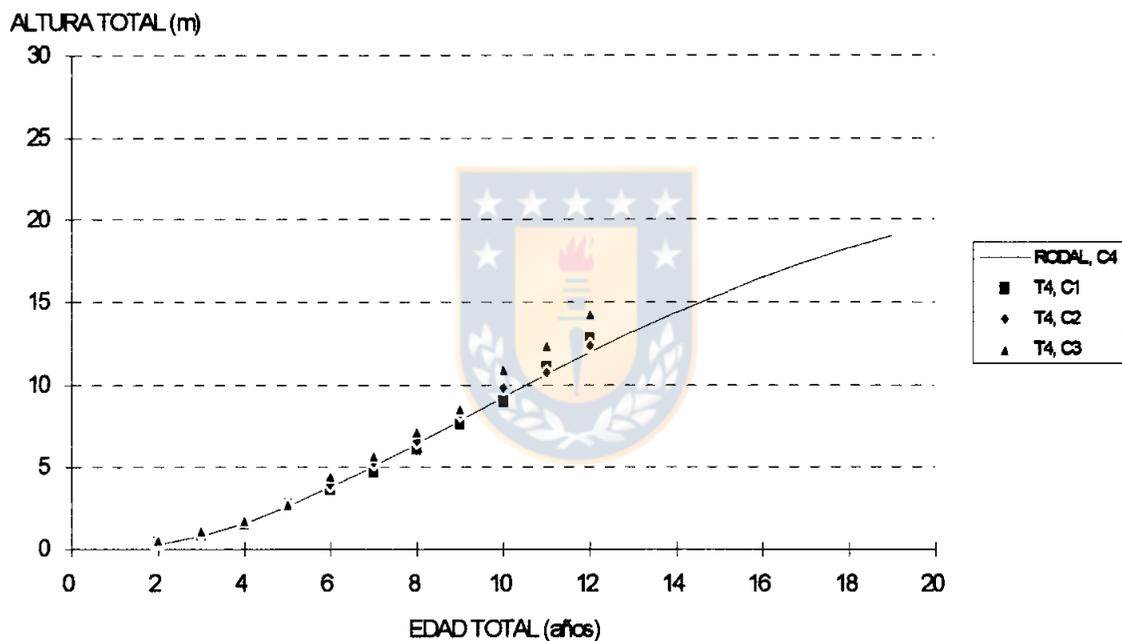


FIGURA 8. Alturas observadas en las clases de T4 y alturas estimadas en la clase seleccionada de los rodales ($\hat{h}_{r_j} = b_1 * (1 - e^{(-b_2 * E)})^{b_3}$).

La función que se usó para proyectar el crecimiento en altura de las clases de tamaño C1, C2 y C3 de T4 fue la clase C4 de rodal (Tabla 9). La Figura 9 presenta el crecimiento en altura proyectado hasta la edad 19 de las tres clases de tamaño de T4.

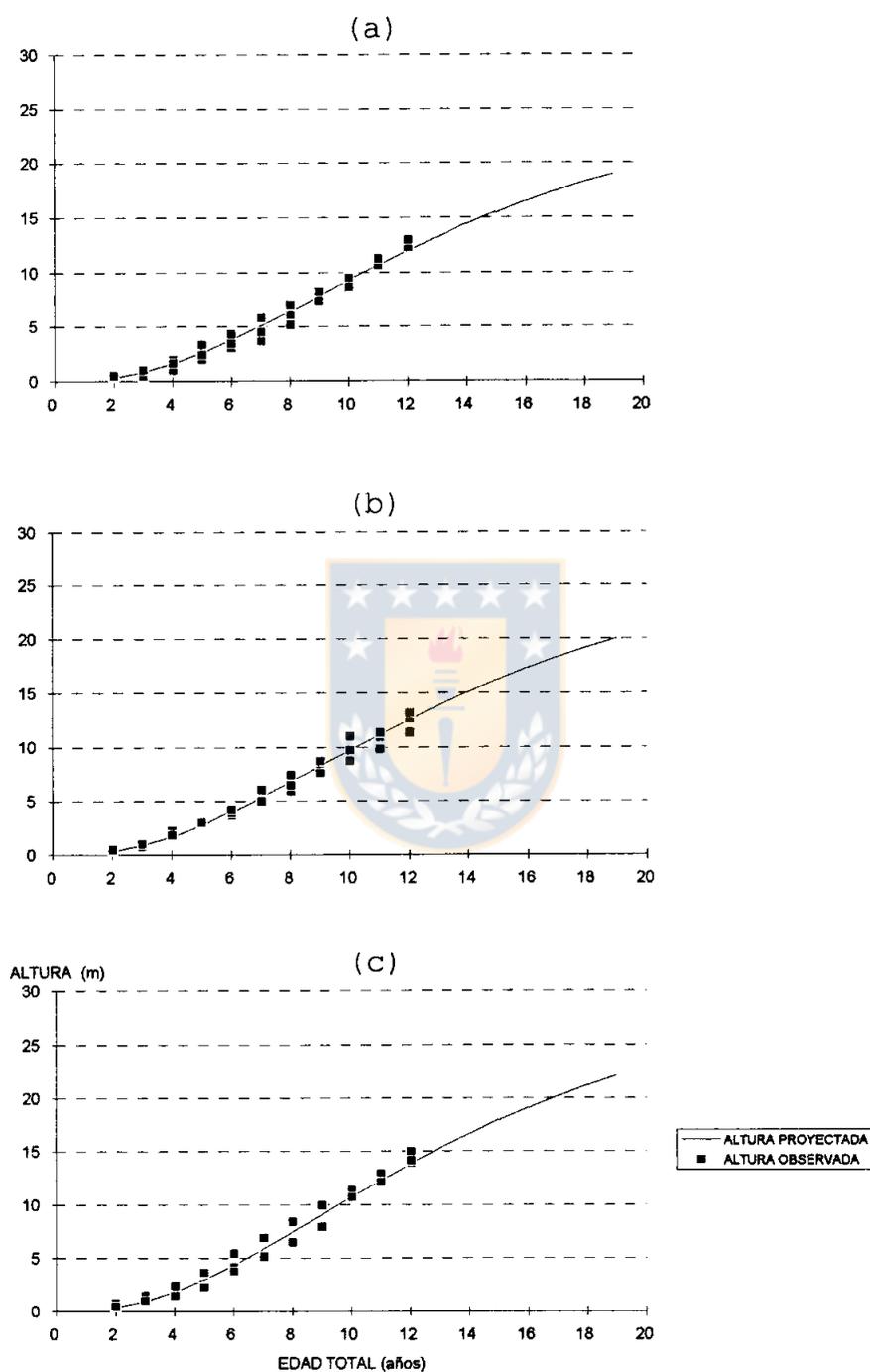


FIGURA 9. Crecimiento en altura proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T4 ($\hat{h}s_{ij} = \hat{R}_i * \hat{h}r_j$).

En la Figura 10 se presenta el crecimiento observado en Dap de las clases de T4 y el crecimiento estimado en Dap de las clases seleccionadas de los rodales.

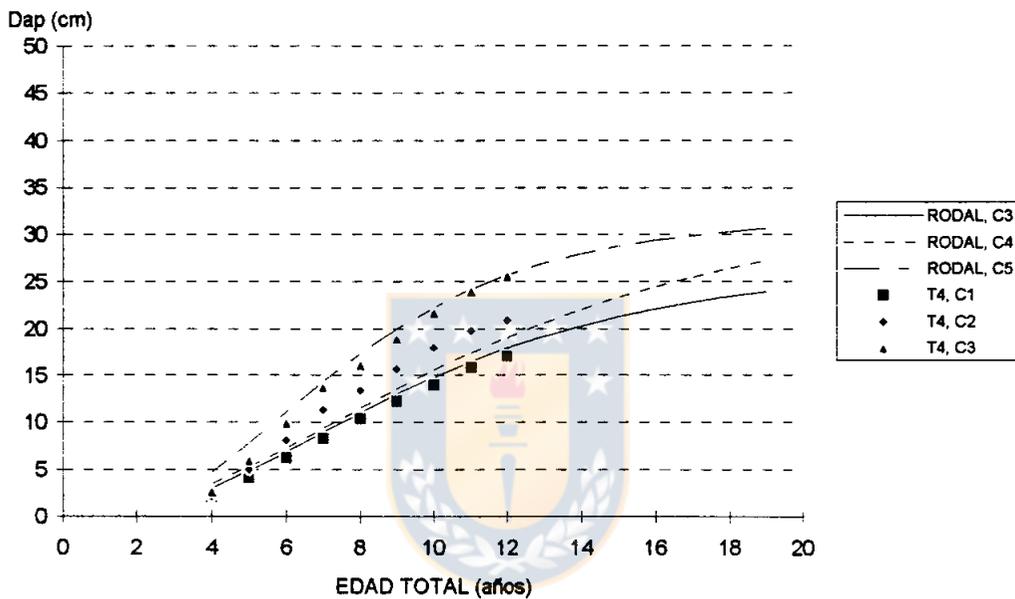


FIGURA 10. Dap observados en las clases de T4 y Dap estimados en las clases seleccionadas de los rodales ($\hat{D}r_j = b1 * (1 - e^{(-b2 * E)})^{b3}$).

Las funciones que se usaron para proyectar el crecimiento en Dap de las clases de tamaño C1, C2 y C3 de T4 fueron las de las clases C3, C4 y C5 del rodal, respectivamente (Tabla 9). La Figura 11 muestra el crecimiento en Dap proyectado hasta la edad 19 de las clases de tamaño de T3.

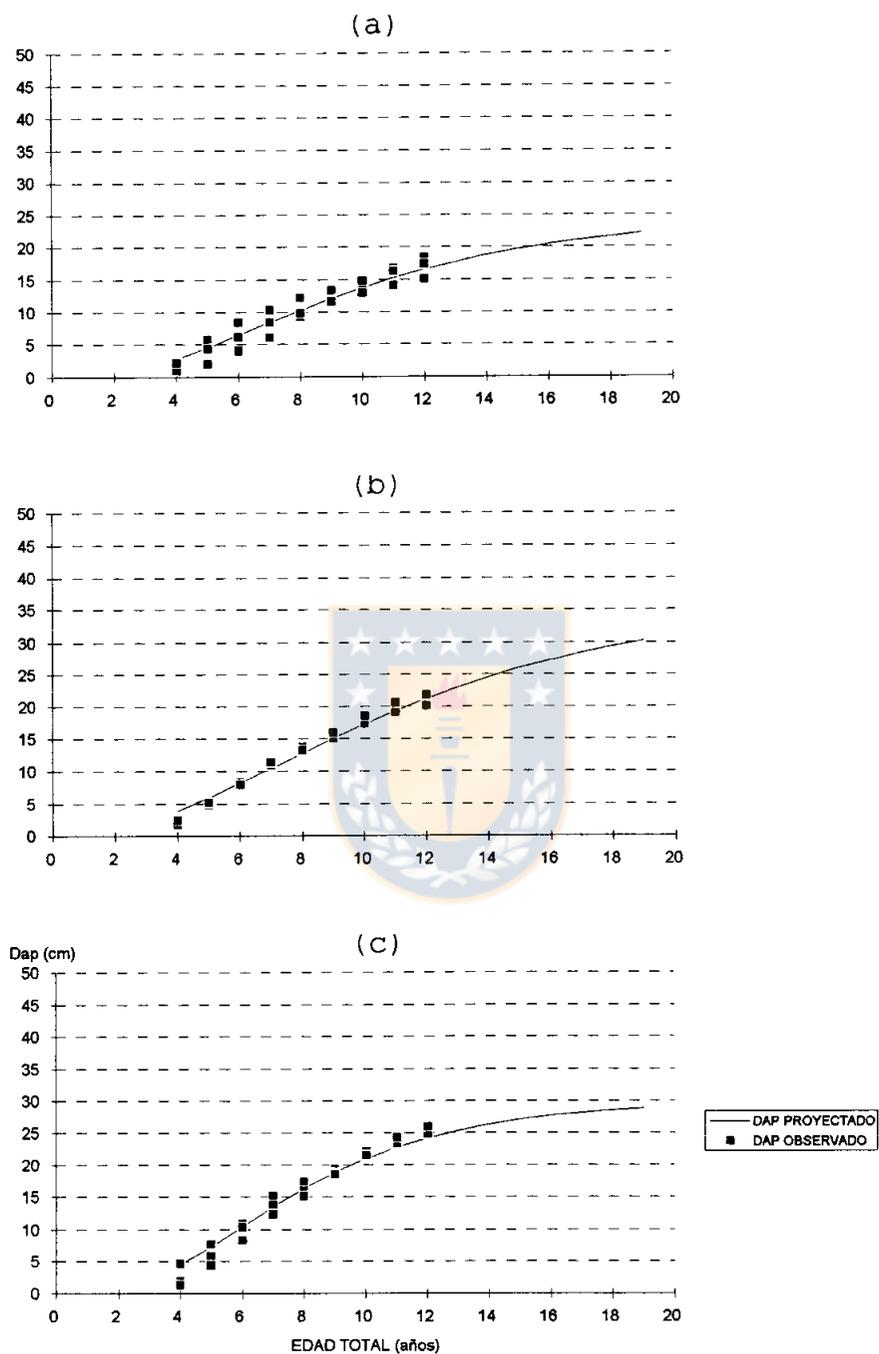


FIGURA 11. Crecimiento en Dap proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T4 ($\hat{D}s_{ij} = \hat{R}_i * \hat{D}r_j$).

Proyección de la altura y Dap en el tratamiento T7.

En la Figura 12 se muestra la altura observada de las clases de T7 y la altura estimada de las clases seleccionadas de los rodales.

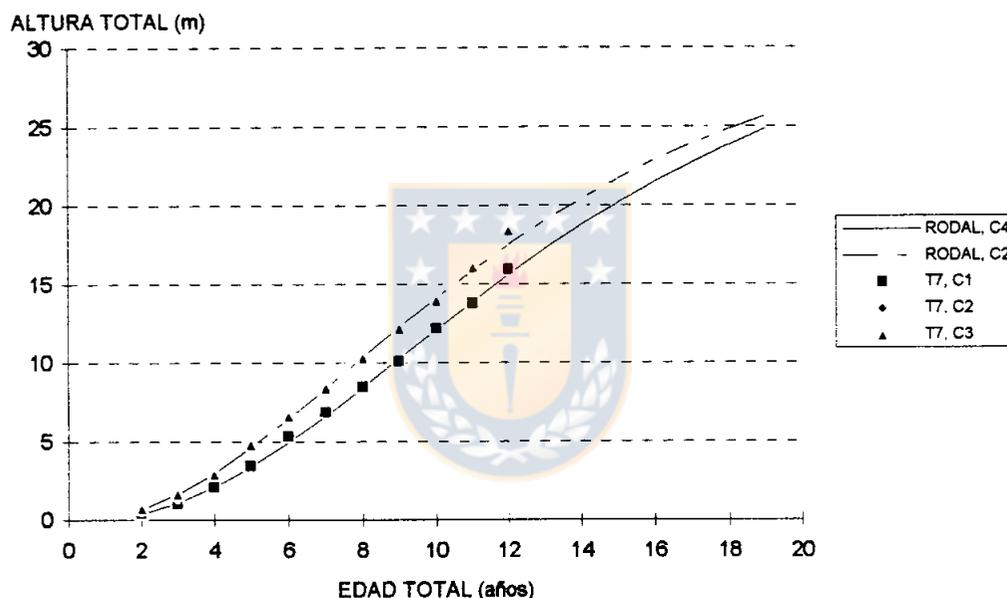


FIGURA 12. Alturas observadas en las clases de T7 y alturas estimadas en la clase seleccionada de los rodales ($\hat{h}_{rj} = b1 * (1 - e^{(-b2 * E)^{b3}}$).

Las clases del rodal que mejor representan el crecimiento en altura de las clases C1, C2 y C3 de T7 son las clases C4, C2 y C2 del rodal, respectivamente (Tabla 9). En la Figura 13 se presenta el crecimiento en altura proyectado de las clases de este tratamiento testigo (T7).

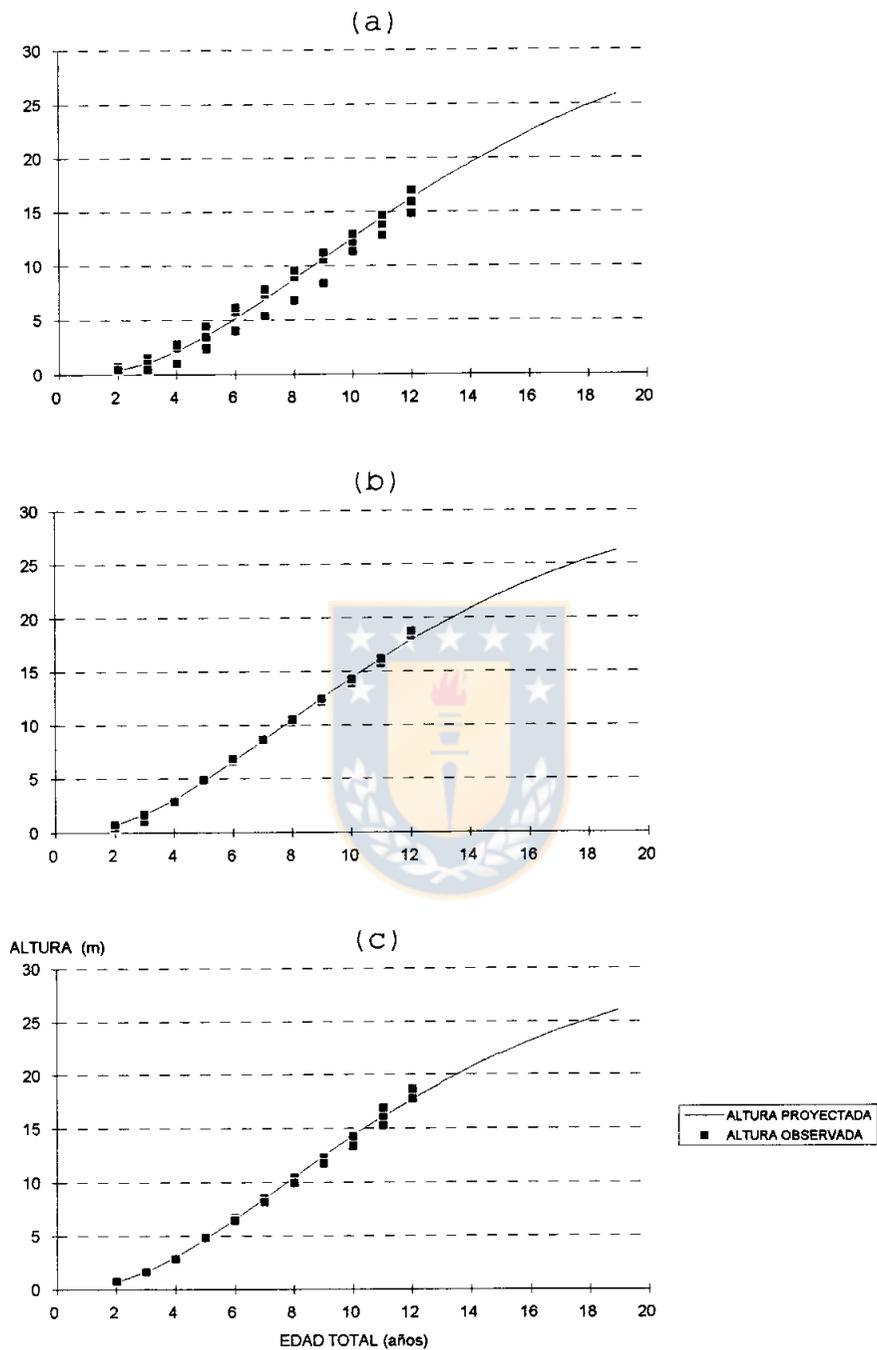


FIGURA 13. Crecimiento en altura proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T7 ($\hat{h}s_{ij} = \hat{R}_i * \hat{h}r_j$)

En la Figura 14 se presenta el Dap observado de las clases de T7 y el Dap estimado en de las clases seleccionadas de los rodales.

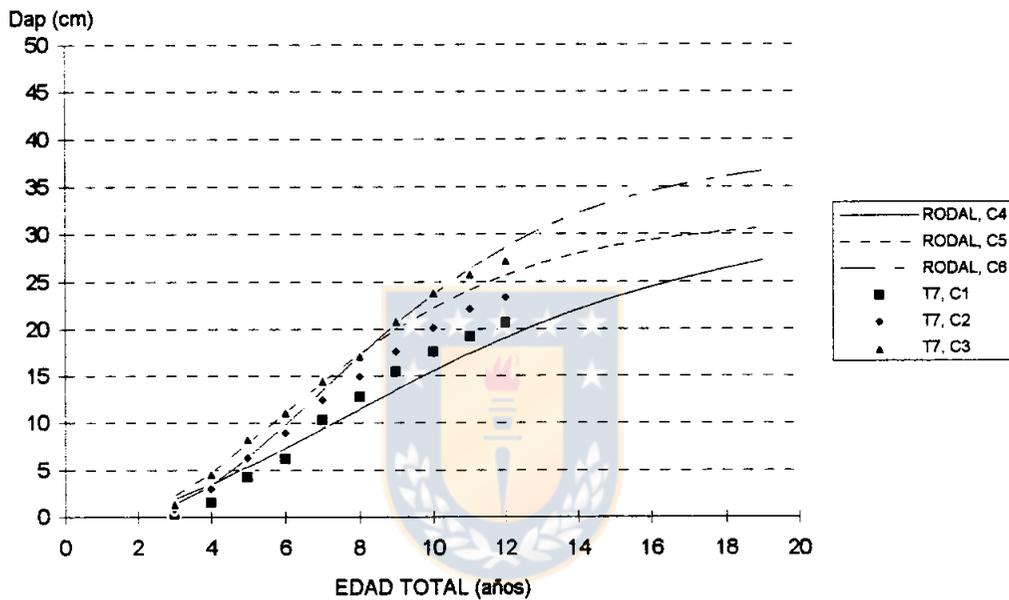


FIGURA 14. Dap observados en las clases de T7 y Dap estimados en las clases seleccionadas de los rodales ($\hat{D}r_j = b1 * (1 - e^{(-b2 * E)})^{b3}$).

Las clases del rodal que mejor representan el crecimiento en Dap de las clases C1, C2 y C3 de T7 son las clases C4, C5 y C6 del rodal, respectivamente (Tabla 8). En la Figura 15 se presenta en crecimiento en Dap proyectado de T7.

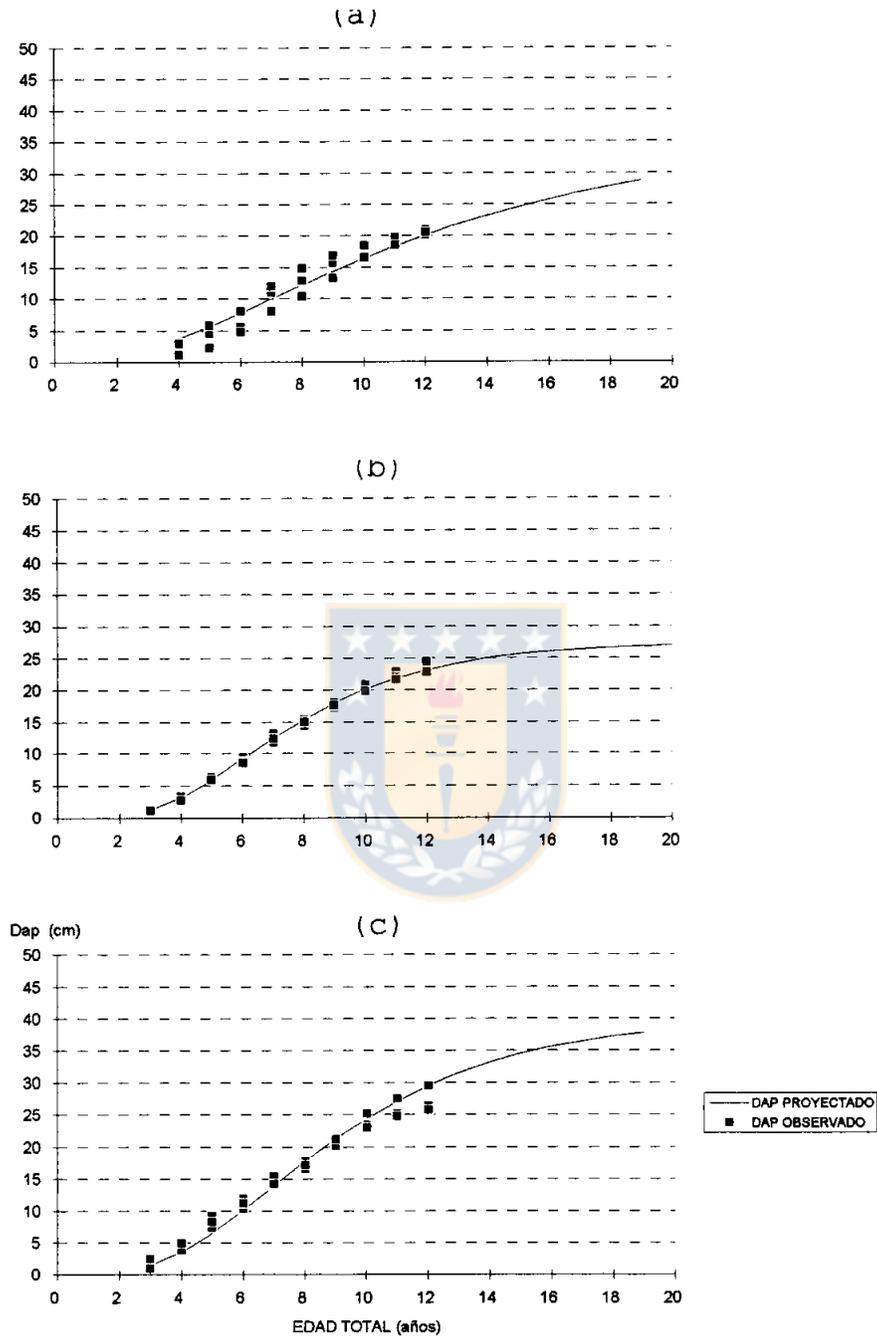


FIGURA 15. Crecimiento en Dap proyectado de C1 (a), C2 (b) y C3 (c) del tratamiento T7 ($\hat{D}s_{ij} = \hat{R}_i * \hat{D}r_j$).

En la Tabla 17 se presentan los valores proyectados de volumen de los tratamientos silvopastorales y sus porcentajes con respecto al testigo.

TABLA 17. VOLUMENES (m^3/ha) PROYECTADOS DE LOS SIETE TRATAMIENTOS SILVOPASTORALES Y SUS PORCENTAJES CON RESPECTO AL TESTIGO.

EDAD	T7	%	T1	%	T2	%	T3	%	T4	%	T5	%	T6	%
13	202.5	100.0	67.6	33.4	92.3	45.6	113.1	55.9	61.5	30.4	53.7	26.5	95.2	47.0
14	232.0	100.0	78.7	33.9	110.0	47.4	133.4	57.5	73.8	31.8	63.8	27.5	112.7	48.6
15	259.7	100.0	89.4	34.4	127.4	49.1	152.6	58.8	86.4	33.3	74.0	28.5	130.0	50.1
16	284.8	100.0	99.4	34.9	144.2	50.6	171.1	60.1	98.6	34.6	84.1	29.5	146.8	51.5
17	309.3	100.0	108.8	35.2	160.1	51.8	187.7	60.7	111.3	36.0	93.9	30.4	162.7	52.6
18	331.0	100.0	117.4	35.5	175.0	52.9	202.7	61.2	123.3	37.3	103.2	31.2	177.6	53.7
19	350.5	100.0	125.1	35.7	188.7	53.8	216.3	61.7	134.7	38.4	111.9	31.9	191.4	54.6
Media		100.0		34.7		50.2		59.4		34.5		29.4		51.2

El tratamiento T3, fertilizado anualmente, es el que presenta mayor porcentaje de volumen respecto del testigo. El tratamiento que presentó el menor porcentaje respecto del testigo, en el sector La Cancha, fue el tratamiento T1, tratamiento con el menor nivel de fertilización y densidad inicial.

Efecto del régimen silvopastoral sobre el crecimiento

Efecto de la densidad inicial en el crecimiento en altura.

El modelo elegido para explicar el crecimiento en altura y Dap de los tratamientos silvopastorales y la posterior docimancia de la significancia del efecto tratamiento fue el modelo no lineal exponencial de Chapman-Richards. Los

valores de los coeficientes de este modelo para cada tratamiento y los grupos de comparación se presentan en la Tabla 18.

TABLA 18. VALORES DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS PARA EL CRECIMIENTO EN ALTURA Y Dap DE LOS TRATAMIENTOS Y LOS GRUPOS DE COMPARACION. ENTRE PARENTESIS SE PRESENTA EL VALOR DE PROBABILIDAD DE t DE CADA COEFICIENTE.

Tratamiento/ Comparación	Variable					
	Altura (m)			Dap (cm)		
	b1	b2	b3	b1	b2	b3
T1	62.671302 (0.34120)	0.060968 (0.30046)	2.132972 (0.00028)	37.990578 (0.00150)	0.183599 (0.02948)	3.668834 (0.02086)
T2	46.455499 (0.01100)	0.080189 (0.01532)	2.181260 (0.00001)	34.696408 (0.00001)	0.246989 (0.00004)	4.640164 (0.00104)
T3	36.722677 (0.00059)	0.105600 (0.00341)	2.375963 (0.00001)	35.075369 (0.00001)	0.247117 (0.00026)	4.338609 (0.00339)
T4	67.493709 (0.17540)	0.053885 (0.10714)	2.204452 (0.00001)	26.094587 (0.00001)	0.273332 (0.00022)	5.552745 (0.01008)
T5	85.421549 (0.19680)	0.048904 (0.09070)	2.279273 (0.00001)	30.259229 (0.00005)	0.192875 (0.00327)	4.292541 (0.00398)
T6	54.038747 (0.09219)	0.071827 (0.09573)	2.112099 (0.00001)	43.516872 (0.00005)	0.174392 (0.00530)	3.296473 (0.00136)
T7	44.696868 (0.00164)	0.091996 (0.00349)	2.345963 (0.00001)	30.399542 (0.00001)	0.253345 (0.00001)	4.890125 (0.00029)
T1 - T7	50.735569 (0.02718)	0.077292 (0.02786)	2.241123 (0.00001)	33.541581 (0.00001)	0.217527 (0.00001)	4.209813 (0.00008)
T3 - T6	43.420899 (0.00047)	0.088733 (0.00140)	2.239421 (0.00001)	38.399002 (0.00001)	0.210252 (0.00001)	3.764871 (0.00001)
T1 - T2 - T3	45.507670 (0.00088)	0.082331 (0.00153)	2.223948 (0.00001)	35.455544 (0.00001)	0.225417 (0.00001)	4.163266 (0.00001)
T4 - T5	74.081574 (0.10940)	0.052194 (0.05120)	2.248044 (0.00001)	27.308377 (0.00001)	0.235057 (0.00001)	4.905106 (0.00037)

En la Figura 16 se presenta el crecimiento en altura observado y estimado de los tratamientos T1 y T7. El tratamiento T7 crece por sobre el tratamiento T1 a partir del año 3, establecida una diferencia que aumenta con el tiempo. El tratamiento T7 creció a una tasa promedio de 1.47 m/año, llegando a tener 17.62 m de altura promedio a la edad 12, mientras que el tratamiento T1 creció a una tasa promedio de 1.30 m/año (15.61 m a la edad 12), un 11.4% menor. En este caso, y como lo muestra la Tabla 19, el

efecto de la densidad inicial en el crecimiento en altura resultó ser significativo ($P \leq 0.05$).

TABLA 19. VALORES DE F PARA LA DOXIMA DEL EFECTO DE LA DENSIDAD INICIAL EN EL CRECIMIENTO EN ALTURA (COMPARACION T1-T7 Y T3-T6).

Comparación	Suma cuadrados error		g.l.	F crítico ($\alpha=.05$)	F muestral
	Total				
T1-T7	Total	409.05	192	2.65	15.92*
	T1	233.54	94		
	T7	93.05	95		
T3-T6	Total	292.3	195	2.65	0.30
	T3	123.0	96		
	T6	167.9	96		

(*) Efecto significativo

En la Figura 17 se muestra el crecimiento en altura observado y estimado de los tratamientos T3 y T6. Aunque existe diferencia en valores absolutos, ésta no es significativa ($P \leq 0.05$) (Tabla 19).

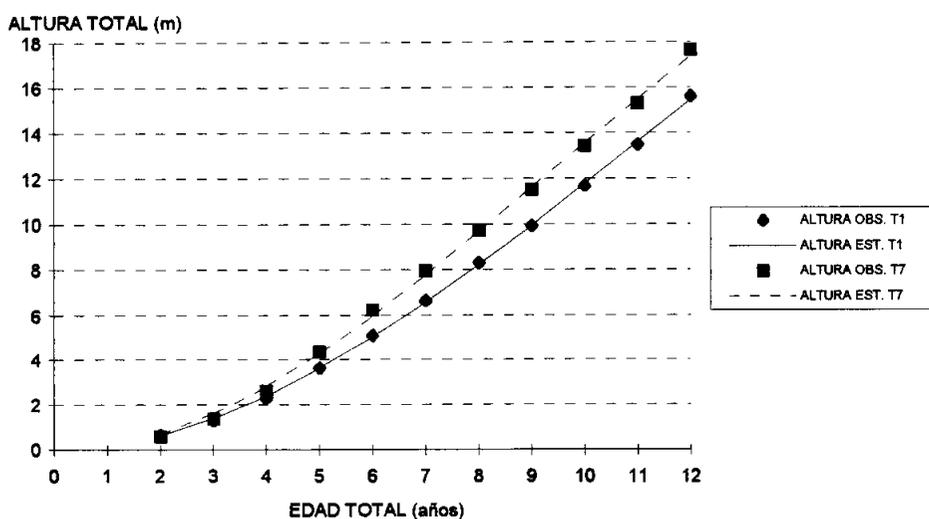


FIGURA 16. Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T1 y T7. (OBS: observada; EST: estimada).

Una leve diferencia se aprecia en el crecimiento en altura observado y estimado entre T3 y T6 desde la edad 5 en adelante y es sostenida hasta la edad 12, llegando, el tratamiento T6 a tener 17.16 m de altura total promedio (1.43 m/año), mientras que el tratamiento T3 alcanza 16.96 m de altura total promedio a los 12 años de edad (1.41 m/año), un 1.2% menor.

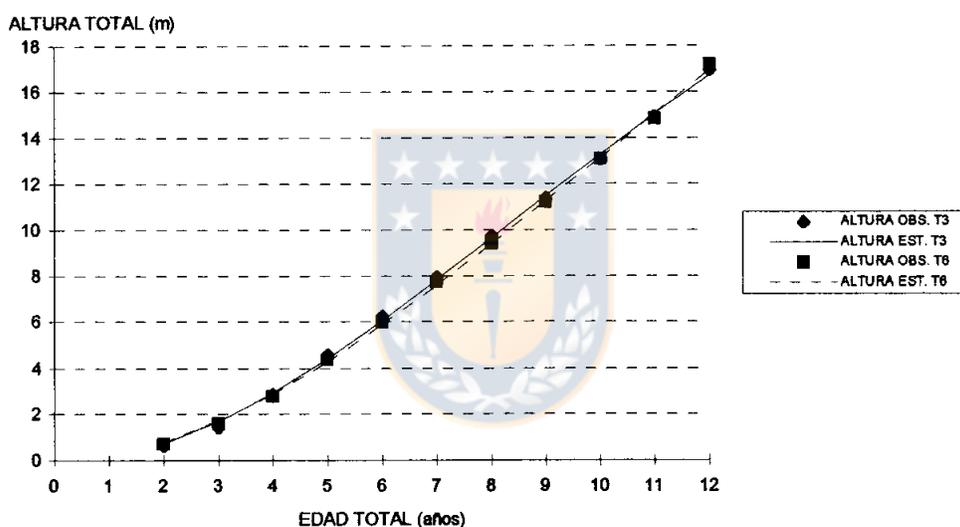


FIGURA 17. Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T3 y T6. (OBS: observada; EST: estimada).

Efecto de la densidad inicial en el crecimiento en Dap.

Al comparar los crecimientos en Dap promedio de los tratamientos T1 y T7 (Figura 18) la diferencia entre éstos no fue significativa ($P \leq 0.05$) (Tabla 20).

TABLA 20. VALORES DE F PARA LA DOCIMA DEL EFECTO DE LA DENSIDAD INICIAL EN EL CRECIMIENTO EN Dap (COMPARACION T1-T7 Y T3-T6).

Comparación	Suma cuadrados error		g.l	F crítico ($\alpha=.05$)	F muestral
	Total				
T1-T7	Total	1611.3	168	2.66	0.35
	T1	1158.5	82		
	T7	442.5	83		
T3-T6	Total	1906.6	171	2.66	0.97
	T3	950.7	82		
	T6	923.6	86		

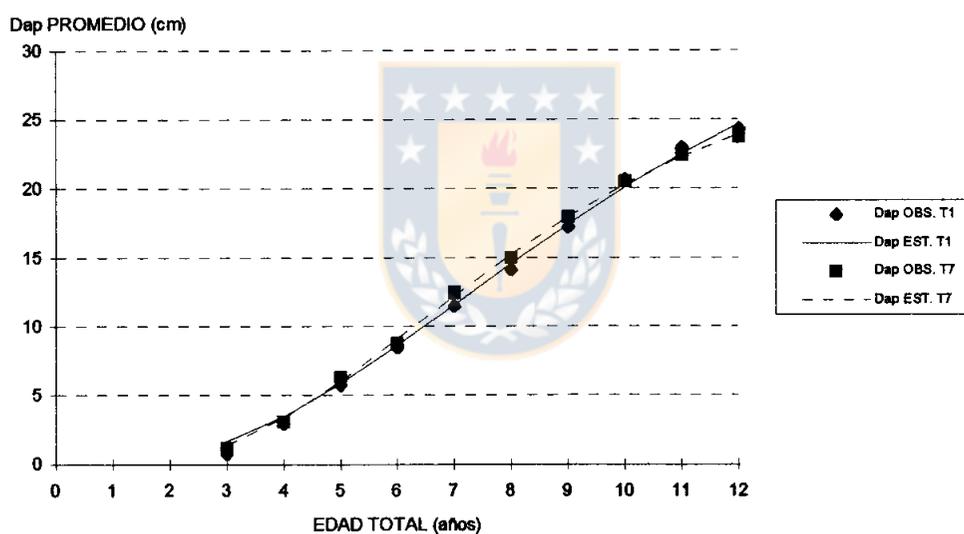


FIGURA 18. Dap observados y estimados de los tratamientos T1 y T7. (OBS: observado; EST: estimado).

A la edad 12 el tratamiento T1 alcanza 24.3 cm de Dap promedio (2.0 cm/año), contra 23.7 cm de Dap promedio de T7 (1.9 cm/año), un 2.5% menor.

Comparando el crecimiento en Dap de los tratamientos T3 y T6 (Figura 19), el tratamiento T6 presenta 28.0 cm de Dap promedio a la edad 12, (2.3 cm/año), mientras que el tratamiento T3 alcanza 27.6 cm de Dap promedio a esa edad (2.3 cm/año), incremento medio igual al de T6. En este caso, como lo muestra la Tabla 19, el efecto de la densidad inicial en el crecimiento en Dap no fue significativo ($P \leq 0.05$).

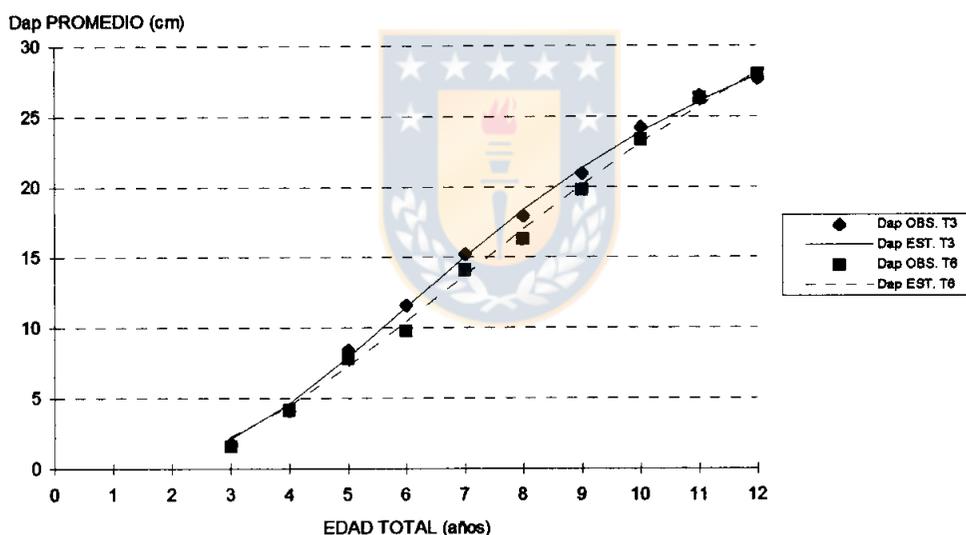


FIGURA 19. Dap observados y estimados de los tratamientos T3 y T6. (OBS: observado; EST: estimado).

Efecto de la fertilización en el crecimiento en altura.

El crecimiento en altura de los tratamientos T1, T2 y T3 se muestra en la Figura 20.

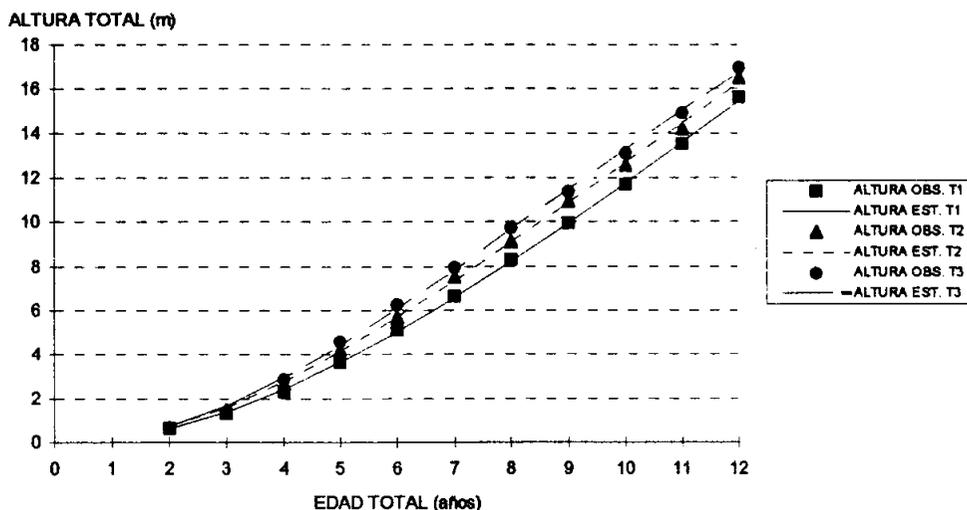


FIGURA 20. Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T1, T2 y T3 (OBS: observada; EST: estimada).

El tratamiento T3, fertilizado anualmente, crece, a partir del año 3, por sobre el tratamiento T2, fertilizado una vez cada cuatro años, y éste a su vez crece por sobre el tratamiento T1, sin fertilización. El tratamiento T3 alcanza 16.96 m de altura promedio a la edad 12 (1.41 m/año) contra 16.48 m de T2 (1.37 m/año), un 2.8% menor que T3; y el tratamiento T1 presenta 15.61 m de altura total promedio a la edad 12, (1.30 m/año), un 7.8% menor que T3 y un 5.3% menor que T2. El efecto de la fertilización en el crecimiento en altura resultó ser significativo ($P \leq 0.05$) (Tabla 21).

Al comparar el crecimiento en altura de los tratamientos T4 y T5 (sector La Turca) con niveles inferior e intermedio de fertilización, respectivamente, sólo a partir del año 7 el tratamiento T5 crece por sobre el tratamiento T4, para luego en el año 11 cruzarse las curvas y crecer por bajo éste (Figura 21).

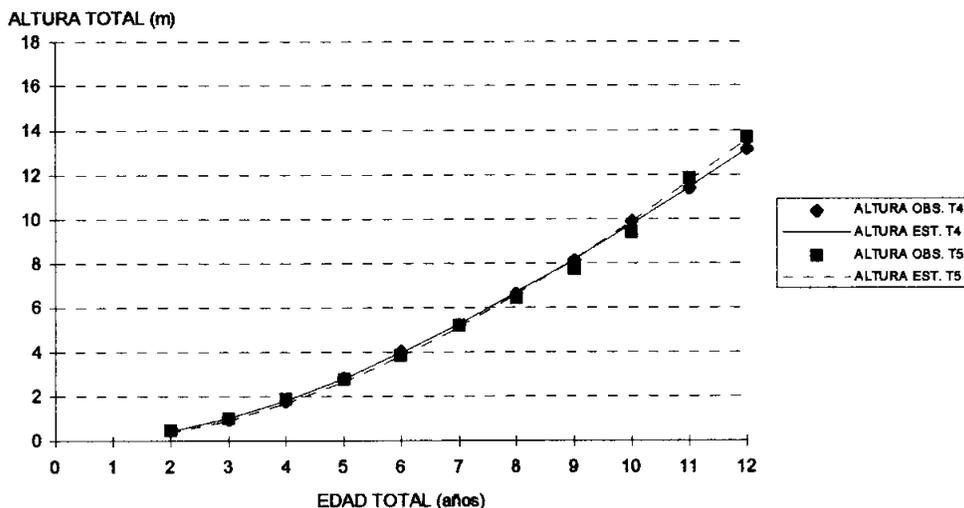


FIGURA 21. Alturas observadas y estimadas de los tratamientos T4 y T5 (OBS: observada; EST: estimada).

El tratamiento T5 alcanza 13.67 m de altura total promedio a la edad 12 (1.14 m/año), mientras que el tratamiento T4 presenta 13.15 m de altura total promedio a la edad 12 (1.10 m/año), un 3.8% menor que T5. El efecto de la fertilización no fue significativo ($P \leq 0.05$) (Tabla 21).

TABLA 21. VALORES DE F PARA LA DOCIMA DEL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO EN ALTURA (COMPARACION T1-T2-T3 Y T4-T5).

Comparación	Suma cuadrados error		g.l	F crítico ($\alpha=.05$)	F muestral
	Total				
T1-T2-T3	Total	513.5	292	2.13	6.95*
	T1	233.5	94		
	T2	91.7	96		
	T3	123.0	96		
T4-T5	Total	113.6	195	2.62	1.31
	T4	58.1	96		
	T5	53.2	96		

(*) Efecto significativo

Efecto de la fertilización en el crecimiento en Dap.

En la Figura 22 se muestra el crecimiento en Dap observado y estimado de los tratamientos T1, T2 y T3. La forma sigmoídea de las curvas justifica el uso del modelo de Chapman-Richards, ya que se ajusta bien a este tipo de curvas.

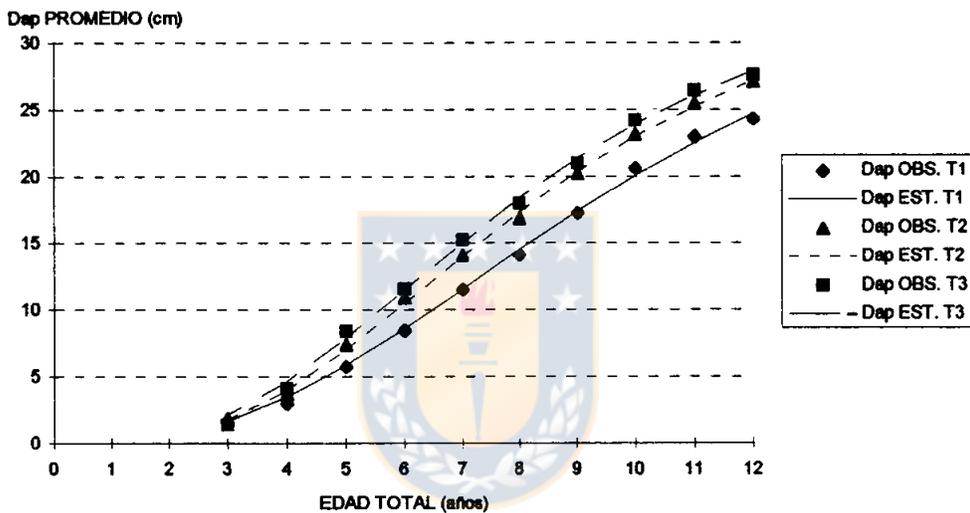


FIGURA 22. Dap observados y estimados de los tratamientos T1 y T2 y T3 (OBS: observado; EST: estimado).

Los tratamientos fertilizados (T2 y T3) crecen en promedio por sobre el tratamiento no fertilizado (T1). El tratamiento con mayor nivel de fertilización fue el con mayor crecimiento, el tratamiento con nivel de fertilización intermedio creció por sobre el tratamiento no fertilizado. El tratamiento T3 alcanza 27.6 cm de Dap promedio la edad 12, (2.3 cm/año); el tratamiento T2 alcanza 27.1 cm de Dap promedio (2.3 cm/año), un 1.8% menor que T3; y el tratamiento T1 alcanza 24.3 cm de Dap promedio (2.0 cm/año), un 12.0% menor que T3 y un 10.3% menor que T2. El efecto de

la fertilización en el crecimiento en Dap fue significativo ($P \leq 0.05$) (Tabla 22).

TABLA 22. VALORES DE F PARA LA DOCIMA DEL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO EN Dap (COMPARACION T1-T2-T3 Y T4-T5).

Comparación	Suma cuadrados error		g.l	F crítico ($\alpha=.05$)	F muestral
T1-T2-T3	Total	3338.7	255	2.14	6.45*
	T1	1158.5	82		
	T2	780.3	85		
	T3	950.7	82		
T4-T5	Total	1123.4	160	2.66	10.01*
	T4	569.6	78		
	T5	373.4	79		

(*) Efecto significativo

Al comparar el crecimiento en Dap de los tratamientos T4 y T5 (Figura 23), el primero alcanza 21.2 cm de Dap promedio a la edad 12 (1.8 cm/año); contra sólo 19.5 cm de Dap promedio de T5 (1.6 cm/año), un 7.7% menor.

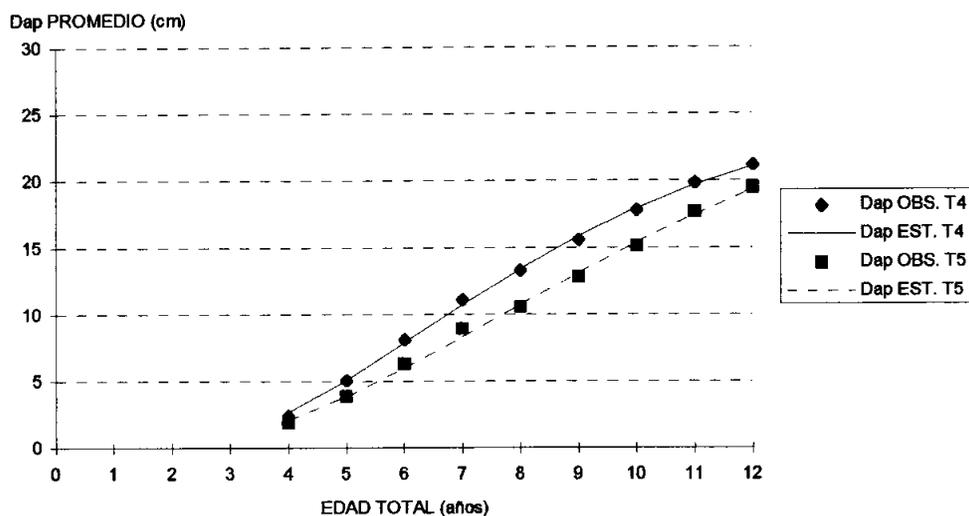


FIGURA 23. Dap observados y estimados de los tratamientos T4 y T5 (OBS: observado; EST: estimado).

El efecto de la fertilización en el crecimiento en Dap fue significativo ($P \leq 0.05$), aunque éste fue negativo (Tabla 22). Una situación que explicaría este fenómeno sería el hecho de que posiblemente en los raleos efectuados en T5 se extrajo una mayor cantidad de árboles de dimensiones superiores, ya que éstos presentaban mala forma debido al gran diámetro de las ramas producto de la fertilización, por lo que se privilegió la forma en el raleo, y los árboles remanentes sobre los cuales se realizó el muestreo no representan la variable Dap promedio del rodal en años pasados, por lo que el efecto ya no dependería de la fertilización.



V. CONCLUSIONES.

5.1. Proyección del crecimiento.

1.- Los árboles del ensayo silvopastoral crecieron en altura en forma similar a árboles de clases de tamaño intermedias de rodales forestales cercanos a éste, mientras que en Dap crecieron en forma similar y superior a las clases de mayor tamaño de estos rodales.

2.- El tratamiento silvopastoral que entregó un mayor rendimiento de volumen total en el sector La Cancha a los 19 años fue, sin considerar al testigo o forestación tradicional, el tratamiento T3, el cual corresponde a pradera artificial y densidad inicial de 625 árb/ha y cuyo volumen proyectado (216.3 m³ssc/ha) representa el 61.7% del volumen del testigo a esa edad (350.5 m³ssc/ha) y cuya densidad (192.1 árb/ha) representa el 37.6% del testigo (510.8 árb/ha).

3.- El tratamiento silvopastoral que entregó el menor rendimiento en el sector La Cancha a los 19 años fue el tratamiento T1, el cual corresponde a pradera natural y densidad inicial de 625 árb/ha y cuyo volumen (125.1 m³ssc/ha) corresponde al 35.7% del volumen del testigo a esa edad ; y cuya densidad (171.4 árb/ha) constituye el 33.6% del testigo a esa edad.

4.- El tratamiento que entregó el mayor rendimiento en el sector La Turca a los 19 años fue el tratamiento T4, que corresponde a pradera natural y densidad inicial de 1000

árb/ha y cuyo volumen (134.7 m³ssc/ha) corresponde al 38.4% del volumen del testigo a esa edad ; y cuya densidad (316.3 árb/ha) representa el 61.9% del testigo a esa edad.

5.2. Efecto del régimen silvopastoral en el crecimiento.

Efecto de la densidad inicial

5.- Al comparar las densidades iniciales de 625 árb/ha y 1600 árb/ha en pradera natural (T1-T7), se detectó efecto significativo de este factor en el crecimiento en altura y no se detectó efecto significativo en el crecimiento en Dap.

6.- Al comparar las densidades iniciales de 625 árb/ha y 1000 árb/ha en pradera artificial (T3-T6), no se detectó efecto significativo de este factor en el crecimiento en altura ni en el crecimiento en Dap.

Efecto de la fertilización

7.- Al comparar las praderas natural, natural mejorada y artificial, para la densidad inicial de 625 árb/ha (T1-T2-T3), se detectó efecto significativo de este factor en el crecimiento en altura y Dap

8.- Al comparar las praderas natural y natural mejorada para las densidad inicial de 1000 árb/ha (T4-T5), no se detectó efecto significativo de este factor en el crecimiento en altura y sí se detectó efecto significativo de este factor en el crecimiento en Dap.

VI. RESUMEN

En la zona costera de la sexta región, Chile, se ubica un ensayo silvopastoral con plantación de *Pinus radiata* D. Don de 12 años. Posee siete tratamientos, combinando tres tipos de pradera (natural, natural mejorada y artificial) y dos densidades iniciales de plantación (625 árb/ha y 1000 árb/ha), más un testigo plantado a 1600 árb/ha y sin manejo silvopastoral. Dos tratamientos (1000 árb/ha con praderas natural y natural mejorada se encuentran en un sitio de menor calidad. Durante el verano de 1995, con el objetivo de proyectar el crecimiento y analizar el efecto del régimen silvopastoral en el crecimiento, se seleccionaron árboles para análisis fustal en los tratamientos silvopastorales y en tres rodales de 19 años cercanos a éstos, los cuales sirvieron como patrón para proyección del crecimiento en el ensayo hasta esa edad (19 años).

El tratamiento que entregó el mayor volumen total proyectado (216.3 m³/ha) fue el tratamiento con pradera artificial y densidad inicial de 625 árb/ha; el que entregó el menor rendimiento (111.9 m³/ha) fue con 1000 árb/ha y pradera natural mejorada. El testigo rindió 350.5 m³/ha. Se detectó efecto significativo de la densidad inicial en el crecimiento en altura al comparar las densidades de 625 y 1600 árb/ha en pradera natural, al igual que del tipo de pradera en el crecimiento en altura y Dap al comparar los tres tipos de pradera en la densidad inicial de 625 árb/ha, y del tipo de pradera en el crecimiento en Dap al comparar pradera natural y natural mejorada, con densidad inicial de 1000 árb/ha.

VII. SUMMARY

In the coastal zone of the sixth region, Chile, it's located a silvopastoral trial with 12-year-old *Pinus radiata* plantation. It possesses seven treatments, combining three types of pasture (natural, natural improved and artificial) and two initial plantation densities (625 and 1000 trees/ha), more a control planted to 1600 trees/ha without silvopastoral managing. Two treatments (1000 trees/ha with natural and improved natural pasture) are located in a site of less quality. During the summer of 1995, with the objective of projecting the growth and to analyze the effect of the silvopastoral regime in the growth, were selected trees for stem analysis in the treatments and in three 19-year-old stands contiguous to trial, those which served as standard for growth projection in the trial to that age (19 years).

The treatment that yielded the greather projectd volume (216.3 m³/ha) was the treatment with artificial pasture and 625 trees/ha initials ; the one wich yielded the smaller volume (111.9 m³/ha) it was the with 1000 trees/ha and natural improved pasture. The control yielded 350.5 m³/ha. It was detected meaningful effect of the initial density in the height-growth upon comparing the densities of 625 and 1600 trees/ha in natural pasture, the same as the type of pasture in the heighth-growth and Dap-growth upon comparing the three types of pasture in the initial density of 625 trees/ha, and of the type of pasture in the Dap-growth upon comparing natural and improved natural pasture, with initial density of 1000 trees/ha.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Arabatzis, A. and H. Burkhart. 1992. An Evaluation of Sampling Methods and Model Forms for Estimating Height-Diameter Relationships in Loblolly Pine Plantations. *Forest Science* 38 :198-192.
- 2.- Daniel T., J. Helms y F. Backer. 1986. *Principios de Silvicultura*. McGraw-Hill. México. 492 p.
- 3.- Dyer, M. and R. Bailey. 1987. A Test of Six Methods for Estimating True Heights from Stem Analysis Data. *Forest Science* 33 :3-13.
- 4.- Husch, B., C. Miller y T. Beers. 1982. *Forest Mensuration*. Third edition. Krieger Publishing. New York. 402 p.
- 5.- Sotomayor, G. 1989. *Sistemas Silvopastorales y su Manejo*. Chile Forestal. Documento Técnico N° 42. CONAF. Santiago. Chile.
- 6.- Vargas, A. 1996. *Evaluación silvícola de un sistema silvopastoral con plantación de *Pinus radiata* D. Don en el Centro Experimental Forestal Tanumé VI región. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción. Chile.*

- 7.- Vega, A. 1991. Respuesta de dos rodales de *Pinus radiata* D. Don creciendo en la precordillera andina de la provincia de Ñuble, después de un año de haberse aplicado un tratamiento silvopastoral. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción. Chile.

