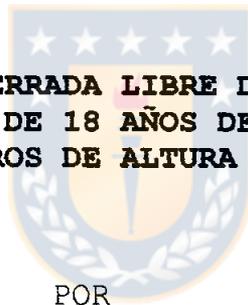


U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente

PRODUCCION DE MADERA ASERRADA LIBRE DE NUDOS EN UN RODAL
DE *Pinus radiata* D.Don. DE 18 AÑOS DE EDAD CON PODA A 12
METROS DE ALTURA



POR

CARLOS RODRIGO BELTRAN HERMOSILLA

MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO
FORESTAL.

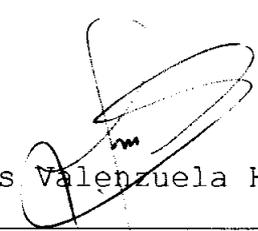
CONCEPCION - CHILE
1998

PRODUCCION DE MADERA ASERRADA LIBRE DE NUDOS EN UN RODAL DE

***Pinus radiata* D.Don. DE 18 AÑOS DE EDAD CON PODA A 12**

METROS DE ALTURA.

Profesor Asesor


Luis Valenzuela Hurtado

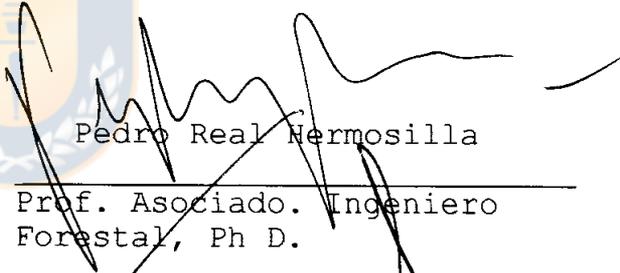
Prof. Asociado. Ing. Ejec. en
Madera, Ph D.

Profesor Asesor


Miguel Espinosa Bancalari

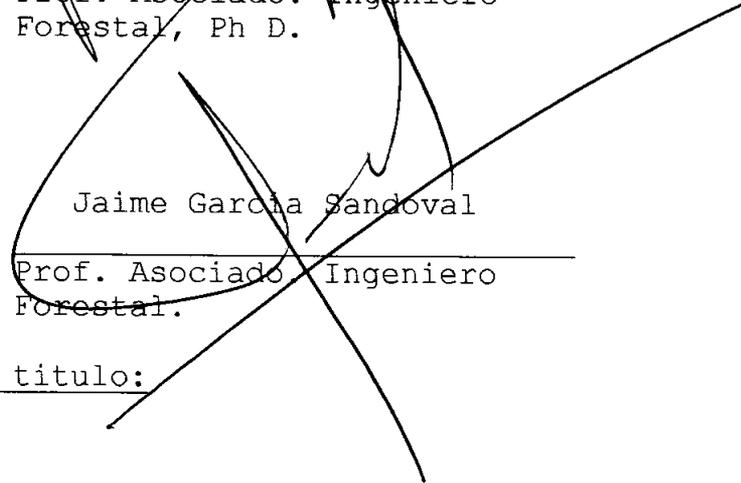
Prof. Titular. Ingeniero
Forestal, Ph D.

Director Departamento
Manejo de Bosques y Medio
Ambiente.


Pedro Real Hermosilla

Prof. Asociado. Ingeniero
Forestal, Ph D.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales


Jaime Garcia Sandoval

Prof. Asociado Ingeniero
Forestal.

Calificación de la memoria de titulo:

Luis Valenzuela Hurtado : Noventa y cinco Puntos

Miguel Espinosa Bancalari : Ochenta y cuatro Puntos

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODOS.....	3
2.1. Area de estudio.....	3
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	17
3.1 Arboles AR.....	17
3.2 Arboles AT.....	19
IV CONCLUSIONES.....	36
V RESUMEN.....	38
SUMMARY.....	39
VI BIBLIOGRAFIA.....	40
VII APENDICE.....	44
VII ANEXO.....	46

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Podas y raleos efectuados al rodal.....	4
2	Comportamiento del DV y DSO a lo largo del fuste podado.....	18
3	Valores promedio por troza de las variables medidas.....	19
4	Rendimiento promedio del volumen por trozas.....	25
5	Modelos de predicción ajustados.....	32
6	Costos para evaluar la utilidad de la poda.....	34
<u>En el apéndice</u>		
1 A	Tabla de rodal del área en estudio.....	44



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Vista parcial del rodal donde se aprecia la poda a 12 m de altura..... 5
2	Esquema de medición de las variables en las rodelas..... 7
3	Vista del rodal en la que se aprecia el proceso de obtención de las rodelas para el estudio..... 8
4	Vista del rodal en la que se aprecian las trozas obtenidas de la porción de fuste podado..... 9
5	Esquema de reconstrucción teórica de las trozas después del aserrado.. 10
6	Aprovechamiento promedio del volumen bruto de las trozas en el aserrío..... 26
7	Aprovechamiento promedio en el volumen bruto de las trozas..... 28
8	Aprovechamiento promedio de madera aserrada libre de nudos en el volumen libre de nudos de las trozas..... 29
9	Aporte de madera aserrada libre de nudos por troza..... 30
10	Comparación de rendimientos de madera libre de nudos y madera aserrada libre de nudos, a 18 y 25 años..... 32
<u>En el apéndice</u>	
1 A	Distribución diamétrica del rodal utilizada para la selección de los árboles muestra..... 45

En el anexo

1 B Mapa de ubicación del rodal en estudio.....	46
---	----



I INTRODUCCION.

El manejo del sitio forestal ha tenido un progresivo aumento en el último tiempo, principalmente con especies introducidas como *Pinus radiata* D.Don. Este aumento ha traído consigo la puesta en práctica de actividades silviculturales intermedias como el raleo que concentra el mayor crecimiento en los mejores individuos (Daniel et al. 1982).



Lo anterior sería suficiente si el objetivo del rodal fuese producir pulpa o madera estructural, en las cuales no es relevante su aspecto externo, pero si el objetivo es obtener un producto en que es importante la calidad de terminación entonces se debe recurrir a la poda, cuyo objetivo es la producción de madera libre de nudos (Smith, 1986).

En la actualidad no es posible conocer en forma confiable la potencialidad real de producir madera aserrada libre de nudos a partir de plantaciones podadas de pino radiata. Ello dificulta la adopción de decisiones en cuanto a

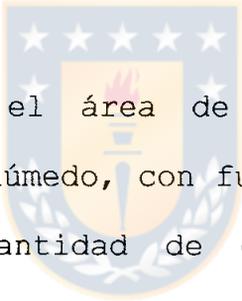
alturas de podas adecuadas para maximizar los retornos en la cosecha, dado que esta intervención silvícola representa una alta inversión que requiere un largo período de retorno, lo que puede ser perjudicial al final de la rotación y producir menor cantidad de retornos que los esperados (Orellana ,1979).

Surge entonces la necesidad de estudiar los rendimientos de rodales con distintas alturas de podas, sobre todo de podas superiores a 10 m de altura, que involucran una alta inversión. Teniendo en consideración lo anterior, este estudio tiene como objetivo determinar rendimientos de madera libre de nudos y de madera aserrada libre de nudos de la porción del fuste podado a 12 m y funciones básicas que permitan estimar dichos volúmenes en un rodal de pino radiata de 18 años de edad.

II MATERIALES Y METODOS.

2.1 Area de estudio.

Se evaluó un rodal de pino radiata perteneciente al fundo Los Alpes, ubicado en la comuna de Santa Barbara (37°10' latitud Sur y 72°32' longitud Oeste) a 700 m.s.n.m. aproximadamente, 48 km al este de la ciudad de Los Angeles, VIII Región (Figura 1B).



El clima presente en el área de estudio es del tipo templado húmedo a frío húmedo, con fuertes heladas en otoño y primavera y gran cantidad de días con neblina. La temperatura media anual es de 14,1 °C, disminuyendo fuertemente en el invierno, con gran cantidad de horas al día bajo 0 °C; la pluviometría oscila entre 1 300 a 1 500 mm/año. El suelo pertenece a la serie Santa Barbara, originado por depositación de grandes volúmenes de cenizas volcánicas. La erosión presente es del tipo laminar (Carrasco y Millán, 1990).

Descripción del rodal en estudio.

El rodal en estudio corresponde a una plantación de aproximadamente 10 ha de superficie, establecida en 1978 a una densidad nominal de 2 200 arb/ha, teniendo una densidad actual de 236 arb/ha.

La plantación fue establecida con el objetivo de obtener madera aserrada libre de nudos y madera aserrada con nudos. Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron intervenciones de poda y raleo (Tabla 1).

Tabla 1. Podas y raleos efectuadas al rodal.

Año	Actividad	Densidad (arb/ha)
1978	Plantación	2 200
1983 (5) (*)	Poda a 3 m	
1985 (7)	Poda a 7 m	
1987 (9)	Raleo	1 600
1989 (11)	Poda a 12 m	
1990 (12)	Raleo	900
1996 (18)	Raleo	236

(*): Edad del rodal al momento de la intervención.

Las podas se realizaron en época de verano por la mayor disponibilidad de mano de obra en la zona.

En la Figura 1 se presenta una vista parcial del rodal en la que se aprecian los fustes podados.



Figura 1. Vista parcial del rodal donde se muestra la poda realizada a 12 m de altura.

Muestreo.

Mediante un premuestreo del rodal, se construyó una tabla de rodal (Tabla 1A), y a partir de ésta un gráfico de distribución diamétrica (Figura 1A). La distribución diamétrica se dividió en tres rangos de diámetro (D_{ap}): 28-

38,38-44 y 44-54 cm, con 78, 79 y 79 árboles por rango. Las clases de Dap se asimilaron a las clases de copas existentes en el rodal: dominantes, codominantes e intermedios (Smith, 1986). Se seleccionaron doce árboles muestra, cuatro por cada clase de copa, todos próximos al árbol de área basal media.

De estos doce árboles, se utilizaron tres (uno por cada clase de copa) para la extracción de rodelas, a los que se les denominó árboles AR. Una vez seleccionados los tres árboles y previo al volteo se marcó el Norte(N) y se midió el diámetro a 1,3 m. Después del volteo se extrajeron rodelas de 2 a 4 cm de espesor, en cada verticilo de la porción de fuste podado (Figura 3) y se registró la altura a la cual se obtenían en el fuste.

Las rodelas obtenidas de AR fueron trasladadas al laboratorio para su medición; en primer lugar se determinó el diámetro del verticilo (DV) para lo cual se midieron dos diámetros perpendiculares entre sí, de Norte (N) a Sur (S) y de Este (E) a Oeste (O), obteniéndose un diámetro promedio por rodela. Se midió la profundidad de cicatrización (PC) en cuatro radios desde el centro de la

rodela N,S,E y O, y se trabajó con el promedio de éstas (Figura 2).

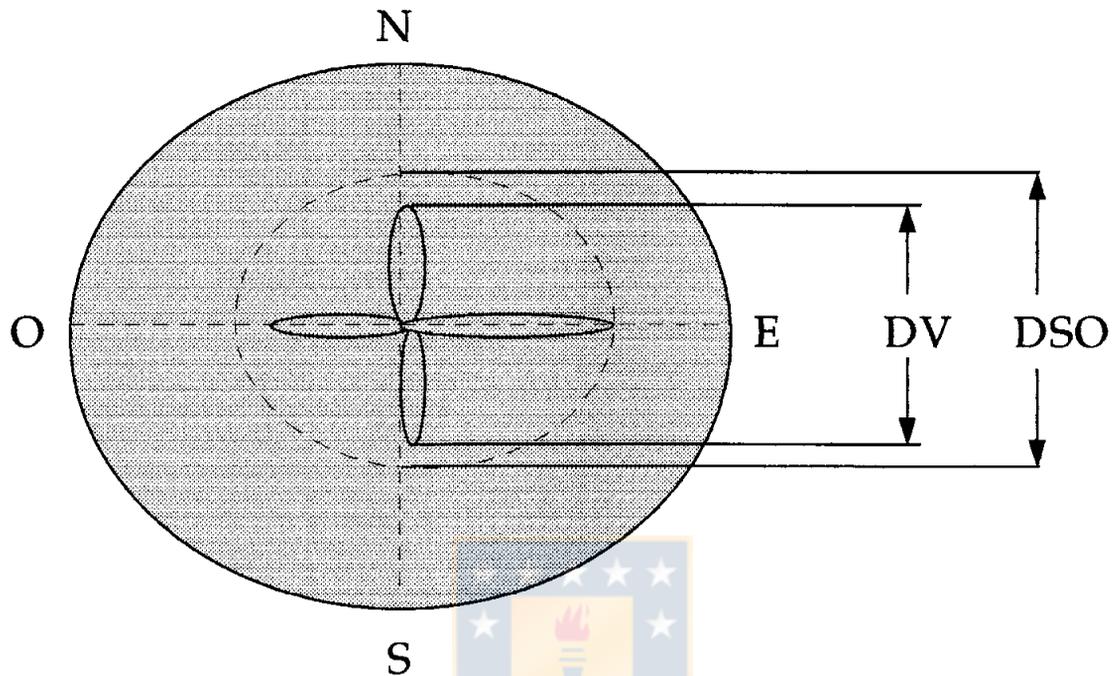


Figura 2. Esquema de medición de las variables en las rodela.

El diámetro sobre oclusión (DSO) fue considerado como el DV promedio más la PC promedio de cada rodela en el que se incluyeron los nudos que habían culminado su proceso de cicatrización como los que aún no lo hacían. Para determinar el diámetro del cilindro defectuoso (DCD) por árbol se consideró el DSO máximo obtenido de las rodela, más un desplazamiento del eje del árbol y restos de ramas que hicieron aumentar la sección defectuosa por sobre el DSO máximo.



Figura 3. Vista del rodal en el que se aprecia el proceso de obtención de rodelas para el estudio.

Los nueve árboles restantes se utilizaron para la extracción de trozas de 3,2 m de largo (Figura 4), a los que se les denominó árboles AT.

A las trozas extraídas de los árboles AT (27 trozas) se les midió el diámetro, en su extremo mayor y menor, en dos direcciones de N a S y de E a O. Una vez marcadas las trozas fueron trasladadas al aserradero del predio, un Dayeman Inglés de 140 Hp con dos sierras circulares, una para el aserrado de trozas de 50 pulgadas de diámetro máximo, con un ancho de corte de 8 mm y para el reaserrado se utilizó una sierra de 28 pulgadas de diámetro máximo con un ancho de corte de 5,5 mm. Las piezas de madera extraídas

variaban su espesor de 23 a 29 mm y las trozas fueron aserradas hasta formar una basa central con defectos de dimensiones variables; las piezas resultantes del aserrado eran marcadas inmediatamente según troza, árbol y posición en la troza.



Figura 4. Vista del rodal en el que se aprecian las trozas obtenidas de la porción del fuste podado.

Una vez culminado el proceso de aserrado y reaserrado se procedió a reconstruir teóricamente las trozas (Figura 5).

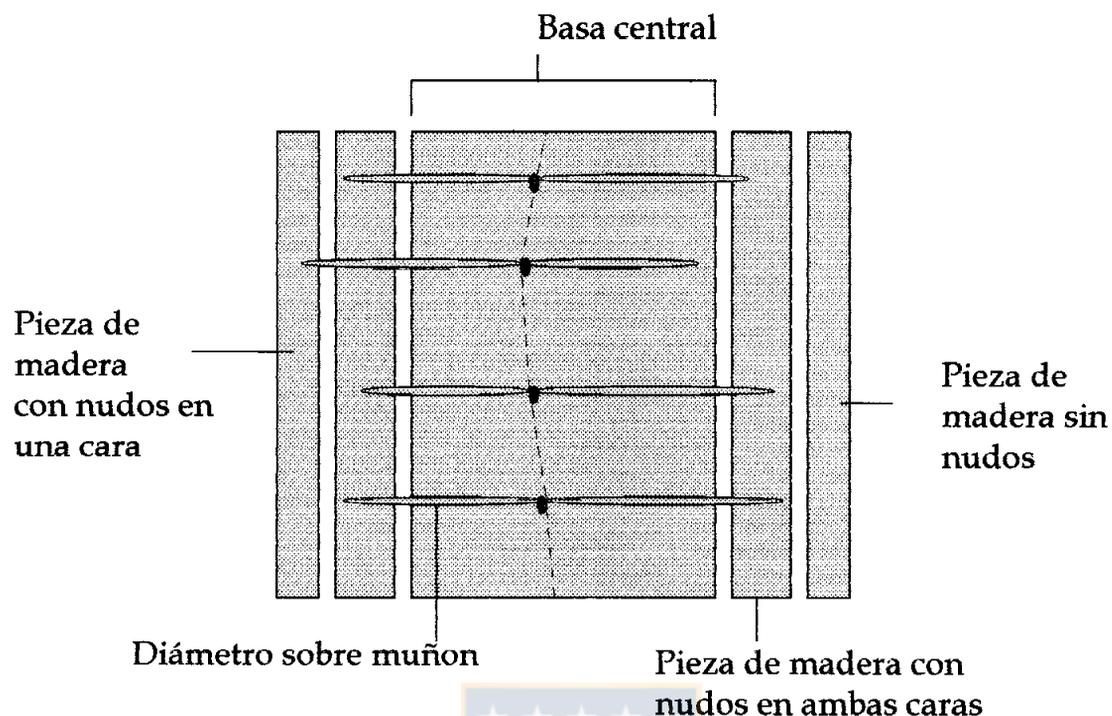


Figura 5. Esquema de reconstrucción teórica de las trozas después del aserrado.

Se midieron las piezas de madera obtenidas en su espesor, ancho y largo. Para madera aserrada libre de nudos se consideraron sólo las piezas que no presentaron nudos en ninguna de sus dos caras; cuando el defecto era apreciable en una sola cara, se estimó que este se extendía un cuarto del espesor de la pieza (Park, 1982).

Para determinar el diámetro sobre muñón (DSM), se consideraron las basas con nudo más las piezas de madera con nudo en ambas caras más una estimación ocular de las

piezas que presentaban nudos en una sola de las caras medidas (Figura 5). El DSO se determinó en forma ocular en las piezas al reconstruir las trozas (Figura 5). La PC fue la resultante de la diferencia entre el DSO menos el DSM, en el cual se incluían los nudos con término de cicatrización y los que aún no lo hacían; el máximo DSO determinó el DCD por troza.

Para el volumen bruto de las trozas se utilizó el método de cubicación de Smalian (Vidaurre et al., 1987), en que:

$$VT = \frac{\pi}{4} * \frac{(D^2 + d^2)}{2} * \frac{LT}{1\ 000} \quad (1)$$



Donde:

VT = Volumen del trozo en metros cúbicos.

d^2 = Diámetro menor de la troza al cuadrado en centímetros.

D^2 = Diámetro mayor de la troza al cuadrado en centímetros.

LT = Largo de la troza en metros.

Para el volumen neto de las piezas de madera se utilizó el método descrito por Díaz e Hidalgo (1991), en que:

$$VP = \frac{(E * A) * LP}{1\ 000\ 000} \quad (2)$$

Donde:

VP = Volumen de la pieza de madera en metros cúbicos.

E = Espesor de la pieza de madera en milímetros.

A = Ancho de la pieza de madera en milímetros.

LP = Largo de la pieza de madera en metros.

El volumen del cilindro defectuoso (VCD) de las trozas, se determinó en función del DCD el que se dividió en dos para así tener una medida radial, en que:

$$VCD = \pi * r^2 * h \quad (3)$$

Donde:

VCD : Volumen del cilindro defectuoso en metros cúbicos.

r : Radio del DCD en metros.

h : Altura del cilindro defectuoso en metros.

Análisis de los datos.

Con los datos obtenidos de la medición de las trozas y de las piezas de madera se construyeron funciones de predicción de rendimiento: La función I, de Volumen libre de nudos (VLN), la función II de volumen aserrado libre de nudos (VALN) y la función III y IV de madera aserrada. Para la construcción de estas funciones se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Plus 2.0.

Las funciones I y II son de regresión múltiple, utilizándose para estas regresiones como variables independientes el Diámetro menor de las trozas (DMT), el DCD y el LT de las trozas; las funciones que se ajustaron fueron de la siguiente forma:

Función I

$$\text{VLN} = a + b \cdot \text{DMT} + c \cdot \text{DCD} + d \cdot L$$

Función II.

$$\text{VALN} = a + b \cdot \text{DMT} + c \cdot \text{DCD} + d \cdot L$$

Para Madera aserrada (MA) las funciones utilizadas fueron de regresión simple siendo la variable independiente el Dap sin corteza (DAPS) y el Dap con corteza (DAPC) (Brown, 1963 citado por Park, 1982), de la forma:

Función III.

$$MA = a + b \cdot DAPC.$$

Función IV.

$$MA = a + b \cdot DAPS$$



Con las funciones antes ajustadas y funciones de crecimiento en Dap y altura ajustadas por Iturria (1997) para este rodal, y la función de ahusamiento descrita por Pera (1982) citado por Peters et al. (1985), se obtuvieron aproximaciones de los rendimientos en madera libre de nudos a los 25 años de edad de la plantación y a partir de estas se realizó una evaluación económica de la conveniencia de realizar o no la poda.

Evaluación económica.

Con el fin de realizar un cálculo económico, que permita determinar la utilidad adicional a los 25 años, que proporciona para el rodal las podas realizadas, se consideraron los siguientes costos asociados a esta faena:

Costos reales de poda y transformación utilizados por el propietario.

- * Poda a los 5 años : 15 000 \$/ha
- * Poda a los 7 años : 20 000 \$/ha
- * Poda a los 11 años : 35 000 \$/ha
- * Costo de transformación Básico de 1 m³ bruto a 1 m³ aserrado (CT) : 6 300 \$/m³ (25 años) y 5800 \$/m³ (18 años)

Además se consideraron costos de madera aserrada con nudos y libre de nudos (Caviares 1997), y un precio del dólar de \$ 450, (al 20/12/97).

- * Madera aserrada con nudos : 150 U\$/m³
- * Madera Clear : 250 U\$/m³

Para determinar el costo futuro y la utilidad adicional de la poda se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$CF = Cr1*(1+i)^{R-r1} + Cr2*(1+i)^{R-r2} + Cr3*(1+i)^{R-r3} \quad (4)$$

Donde:

CF : Costo futuro.

Cr : Costo del periodo.

i : Tasa de interés (10%).

R : Edad de rotación.

r : Edad de la intervención.

$$U = P - CF - CT \quad (5)$$

Donde:

U : Utilidad adicional de realizar la poda (\$/ha).

P : Productividad del rodal (\$/ha).

CT : Costo transformación (\$/ha).

CF : Costo futuro.

III. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1 Arboles AR

En la Tabla 2 se presentan los valores de DV, DSO y PC a las diferentes alturas que se encontraban los verticilos en la porción del fuste podado, proveniente de los árboles AR.

Se aprecia un aumento del DV después de realizada la primera y segunda poda (Tabla 2), lo que puede deberse a que al podar ramas verdes se produce una reacción en el árbol a engrosar principalmente el último verticilo no podado, lo que aumentó el DV, similar a lo descrito por Olivares y Meneses(1985).

El DV máximo se obtuvo en la segunda poda, debido a la nula existencia de un control o planificación para realizar las podas, lo que produce una pérdida de madera aserrada libre de nudos en la rotación final (Grijpma, 1982).

Tabla 2. Comportamiento del DV, DSO y PC a lo largo del fuste podado.

Verticilo n°	Altura (m)	DSM (cm)	DSO (cm)	PC (cm)
Primera poda				
1	0,52	18,25	20,86	3,13
2	1,35	15,93	18,39	2,3
3	1,64	13,25	17,46	4,21
4	2,4	12,26	15,81	3,55
Segunda poda				
5	4,42	17,39	21,66	4,27
6	7,39	14,45	17,56	3,11
Tercera poda				
7	8,45	15,81	18,37	2,56
8	10,9	12,27	16,56	4,29

El DSO tiende a disminuir a medida que aumenta la altura del fuste en la primera poda, excepto en el tercer verticilo donde se produce un aumento del DSO, debido a la presencia de nudos sin culminar el proceso de cicatrización. En la segunda y tercera poda la tendencia del DSO es a disminuir con la altura.

No se aprecia un aumento en la PC con un aumento del DV, lo que puede ser explicado por la presencia de nudos que no culminaban su proceso de cicatrización que influían en la PC promedio de la rodela.

3.2 Árboles AT

Los valores de DSM, PC, DSO y DCD promedios por troza se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores promedio por troza de las variables medidas.

Variable	Valores (cm)		
	Máximo	Mínimo	Media
DSM	17,48	10,88	14,37
PC	6,45	1,12	3,65
DSO	26,5	12,56	19,76
DCD	28,2	14,5	21,84

Diámetro sobre muñón (DSM).

El DSM promedio por troza que se obtuvo fue de 14,37 cm con

un rango de variación de 10,88 a 17,48 cm (Tabla 3).

Estos valores concuerdan con lo expuesto por Park (1982, 1983) y Olivares et al. (1985) que establecen rangos de variaciones para DSM no mayores de 13 a 18 cm en pino radiata.

El reducido DSM obtenido puede ser atribuible a la temprana edad (cinco años) a la cual el rodal fue sometido a poda, en la que los diámetros aún eran pequeños, debido a la alta densidad de plantación inicial (2 200 arb/ha), y a la no realización de un raleo una vez efectuada la primera poda, lo que trajo consigo una disminución del incremento en Dap (Iturria, 1997). Si bien después de la segunda poda se realizó un raleo, este no produjo un incremento en el crecimiento en Dap debido a la alta densidad residual (Tabla 1), por lo que el DSM se mantuvo por debajo del obtenido en la segunda poda (Tabla 2).

El valor de DSM promedio por troza obtenido en este estudio es inferior a los 16,6 cm registrado por Velasco (1992), con una primera poda a los seis años de edad y un raleo de alta intensidad, por lo que al momento de la segunda poda

los árboles presentaban un mayor Dap que produjo la diferencia en los DSM obtenidos.

Profundidad de cicatrización.

La profundidad de cicatrización promedio por troza obtenida fue de 3,65 cm con un rango de variación de 1,12 a 6,45 cm (Tabla 3).

Este valor promedio es menor al registrado por Ilabaca (1984), de 4,2 cm en un rodal de pino radiata de 25 años de edad, el que lo atribuyó a podas tardías, en las que las ramas a podar eran gruesas por lo que el proceso de cicatrización fue mayor. Sin embargo, es superior al obtenido por Velasco (1992) quien registró una PC de 2,12 cm en un rodal de pino radiata de 25 años podado a temprana edad, cuando las ramas aún eran delgadas.

Un factor que explica en cierta forma la magnitud de la PC encontrada es que la primera poda no fue acompañada por un raleo para incrementar el crecimiento de los árboles residuales, con el fin de superar la probable pérdida de crecimiento ocasionado por esta intervención (Smith 1986),

especialmente al podar ramas verdes. En este rodal, con el fin de realizar un raleo comercial, esta faena se postergó hasta los nueve años, provocando una pérdida del incremento en crecimiento del rodal después de las dos primeras podas (Iturria, 1997), lo que se tradujo en una disminución en la velocidad de cicatrización.

Otro de los factores que afecta el proceso de cicatrización, es la época de realización de la poda, la que se recomienda efectuar a fines del período de menor crecimiento (fines de invierno), para así aprovechar la época de mayor crecimiento para el cierre de las heridas de poda y reducir el tiempo de exposición de éstas (Olivares et al. 1985).

En este estudio las podas se realizaron en verano entre los meses de enero y febrero, lo que afectó la profundidad de cicatrización, debido al incremento en la resinación que se produce en verano en pino radiata. Según Bunster (1963) resinaciones de 49,4 g/corte en diciembre (a comienzos del verano), aumentan a 83,2 g/corte en febrero (pleno verano), lo que influye en una mayor acumulación de resina en las heridas producidas por la poda.

Además se observó y midió astillas de ramas en rodela y trozas que produjo un aumento de la PC.

Diámetro sobre oclusión.

El diámetro sobre oclusión promedio por troza obtenido fue de 19,76 cm con un rango de variación de 12,56 a 26,50 cm (Tabla 3).

Esta variable depende directamente del DSM y la PC, por lo que un aumento considerable en cualquiera de las dos afectará directamente el DSO. En este estudio, a pesar de presentar un DSM reducido, el DSO aumenta por una elevada profundidad de cicatrización.

Diámetro del cilindro defectuoso.

El diámetro del cilindro defectuoso promedio por troza obtenido fue de 21,84 cm variando de 14,50 a 28,20 cm (Tabla 3).

Si se compara el valor del DCD promedio obtenido por troza, con los obtenidos por Olivares et al. (1985), de 20,5 cm en un rodal en el que la poda se realizó a los quince años

con una alta densidad al momento de la poda, y de 29,9 cm obtenido en un rodal de pino radiata con poda temprana y una baja densidad al momento de realizarla, se evidencia una mayor semejanza con el valor obtenido en el primer caso donde se presenta una característica similar, como es la alta densidad de los rodales al momento de la poda.

En este estudio, el valor del DCD que se obtuvo se atribuyó a la alta densidad del rodal que al momento de realizar las dos primeras podas no permitieron un incremento en Dap (Iturria 1997), lo que produjo un DSM reducido que a pesar de una PC alta, producto de una poda realizada en una época poco favorable por el aumento de la resinación y la presencia de restos de ramas debido a una poda deficiente, mantuvo el DCD dentro de valores de 18 a 22 cm que son considerados adecuados para obtener buenos rendimientos de madera libre de nudos (Sutton, 1983 citado por Velasco, 1992).

Volúmenes y rendimientos.

No se detectaron diferencias de porcentaje de VLN y VALN entre las clases de copas dominantes, codominantes e intermedias, que se utilizaron para el estudio.

Los rendimientos de volumen promedio por troza se entregan en la Tabla 4.

Tabla 4. Rendimiento promedio de volumen por troza.

Variable	Rendimiento promedio por troza (m³ ssc)
Volumen bruto de las trozas	0,3042
Volumen del DCD	0,1510
Volumen libre de nudos	0,1531
Volumen aserrado	0,1494
Vol aserrado libre de nudos	0,0295

Los volúmenes brutos de las trozas obtenidos en este estudio (Tabla 4), son menores a los obtenidos por Velasco (1992) en 0,15 m³ ssc promedio por troza. Esto se atribuye

a la diferencia en edad de las muestras (18 y 25 años) que proporcionó diámetros menores y a la diferencia en largo de las trozas de 3,2 y 4,7 m, respectivamente.

Por lo general la efectividad del sistema de aserrío se expresa como el rendimiento obtenido de las trozas, es decir, la cantidad de volumen aserrado neto de las trozas. Para un mejor aprovechamiento de las trozas, en este estudio se obtuvieron basas de la parte central, alcanzándose un aprovechamiento de 49,09% (Figura 6). Ilabaca (1984), obtuvo niveles de 44% a 52% de aprovechamiento y Vidaurre (1986), considera niveles de aprovechamiento mínimo de 47,07% al utilizar sierra circular. El aprovechamiento de las trozas se vería favorecido al utilizar un sistema de aserrío más moderno, pudiendo llegar a obtener rendimientos de 62,30% con sierra alternativa y 60,94% con sierra huincha, para diámetros de 40 cm promedio (Peters et al. 1985).

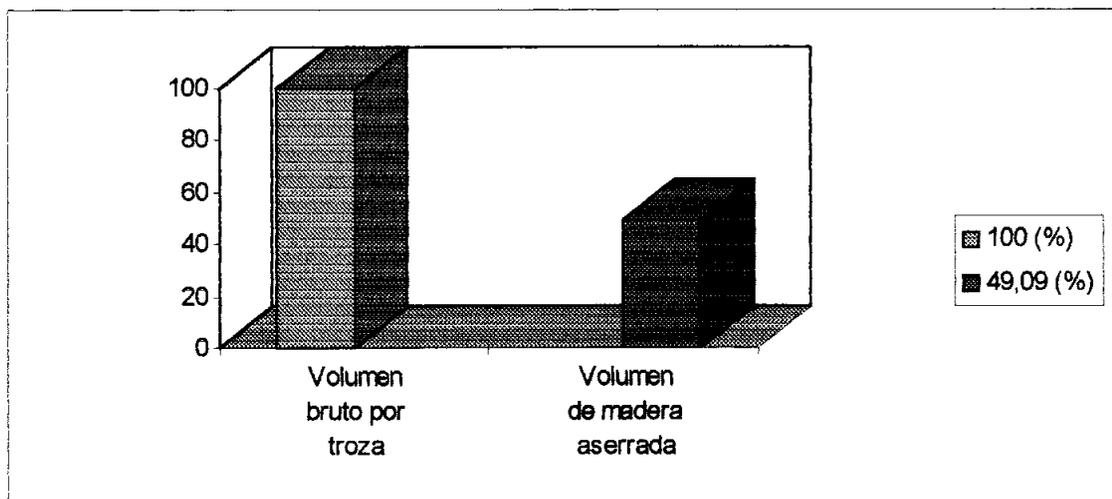


Figura 6. Aprovechamiento promedio del volumen bruto de las trozas en el aserrío.

Del volumen de madera aserrada se obtuvo que un 84,6% presenta nudos y sólo un 15,4% es madera aserrada libre de nudos (Tabla 4).

En la Figura 7 se presentan porcentajes de madera libre de nudos promedio por troza y porcentajes de aprovechamiento de madera aserrada libre de nudos, derivado del sistema de aserrío utilizado.

El 50,34% corresponde a madera libre de nudos, porcentaje mayor al 44,50% obtenido por Velasco (1992); esto puede atribuirse a que a pesar de presentar diámetros promedios de 30,7 cm, menor a los 43,2 cm de Velasco, se obtuvo un

DCD promedio por troza mucho menor al obtenido por este, lo que se tradujo en un mayor volumen de madera libre de nudos por troza.

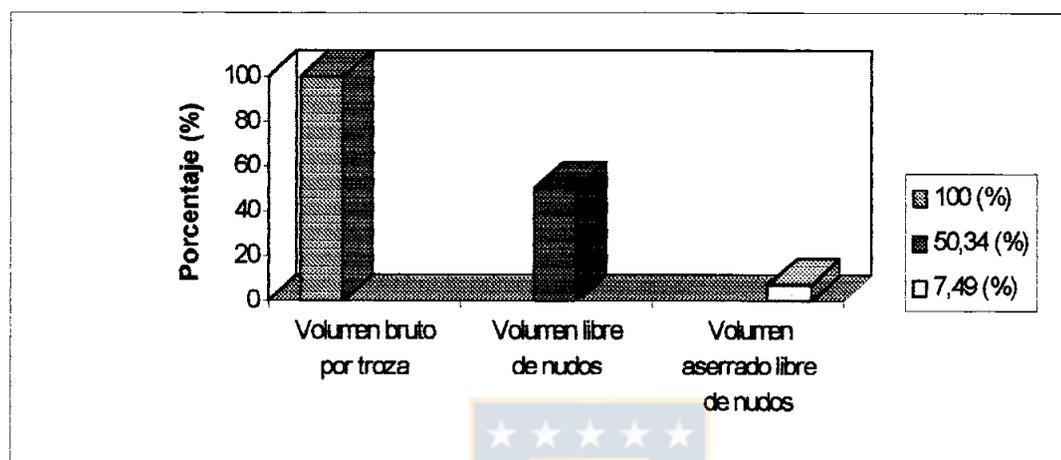


Figura 7. Aprovechamiento promedio del volumen bruto de las trozas.

El aprovechamiento promedio de madera aserrada libre de nudos por troza en relación con el volumen bruto de la troza es de sólo 7,49% (Figura 7), muy por debajo de lo encontrado por Ilabaca (1984) con 28,76% y Velasco (1992) con 21,15%. Estas diferencias pueden ser atribuidas: En primer lugar a las distintas edades de las muestras, por lo tanto diferencias en los diámetros menores de las trozas que producen mayores pérdidas que aserrar trozas de mayor diámetro (Díaz e Hidalgo, 1991); segundo, a diferencias en los largos de las trozas que en el caso de Velasco eran de

4,7 m y de Ilabaca de 4,1 m, y tercero, a los elementos de corte empleados, sierra circular por Velasco y sierra huincha por Ilabaca, los que presentan un mayor aprovechamiento de las trozas en el aserrado.

En promedio se registró un 85,55% de pérdida de madera libre de nudos al ser aserrada (Figura 8). La pérdida es alta debido principalmente a lo rudimentario del aserrío, que provoca canales de corte inadecuados para la transformación de trozas podadas.

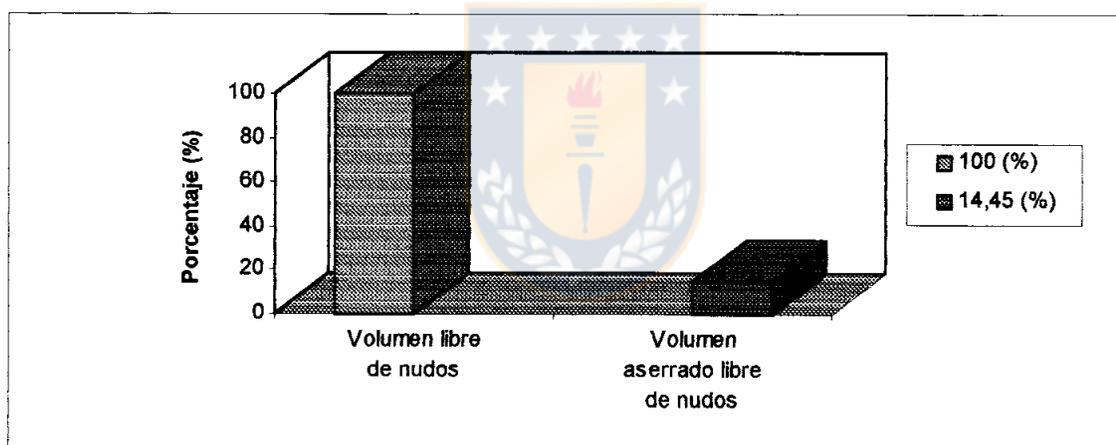


Figura 8. Aprovechamiento promedio de madera aserrada libre de nudos en el volumen libre de nudos de las trozas.

De la madera aserrada libre de nudos promedio obtenida, el 45,92% es de la troza basal, 33,78% de la segunda troza y el 20,20% de la tercera troza (Figura 9).

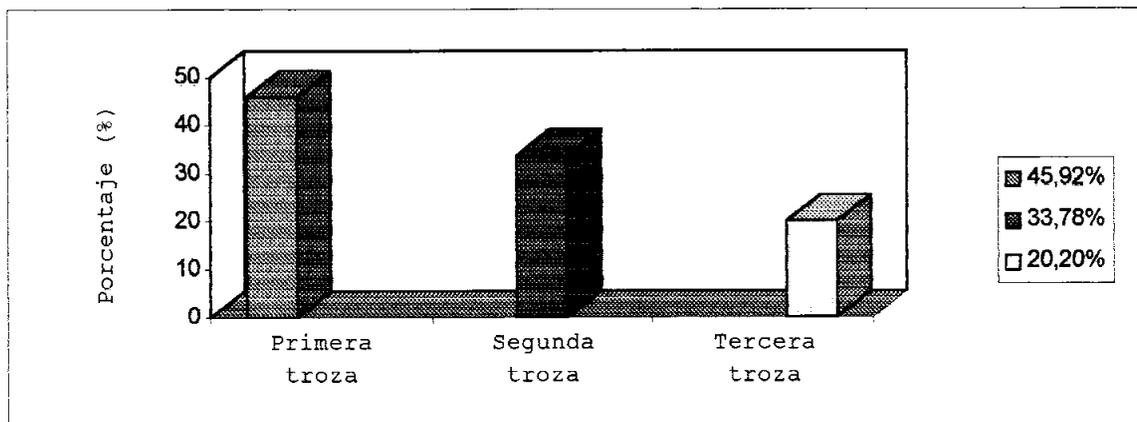


Figura 9. Aporte de madera aserrada libre de nudos por troza.

De los valores obtenidos en este estudio para las variables DSM, DSO, DCD, VALN y VLN se desprende que no basta sólo con realizar un manejo oportuno del rodal para obtener madera de mejor calidad, si no también se requiere en el proceso de aserrío utilizar la maquinaria adecuada, que permita en forma sistemática y ágil procesar eficientemente la madera libre de nudos y sobre todo mejorar el aprovechamiento de las trozas aserradas.

Funciones ajustadas.

En la Tabla 5 se presentan las funciones ajustadas para predecir el volumen libre de nudos y volumen aserrado libre de nudos a los 25 años de edad.

En general la aplicación de funciones de regresión múltiple (función I), para predecir el VLN entrega una mejor estimación comparada con funciones de regresión simple utilizados por Velasco (1992) e Ilabaca (1987).

La variable que mejor explica el VLN y el VALN es el DCD con un 76,9% y 91,64%, respectivamente.

La proyección del volumen aserrado a los 25 años, aumenta de 49,09% a 55,82% debido principalmente a las menores pérdidas que se producen al aserrar trozas de mayor diámetro. El VLN aumenta de 50,34% a 69,42% (Figura 10) debido a que el DCD es fijado con las podas y la madera que se forma por sobre éste, corresponde en su totalidad a madera libre de nudos. El porcentaje de VALN con respecto al volumen bruto de las trozas aumenta (22,13 a 42,68 m³/ha) de 7,49% a 14,41% (Figura 10) debido también al aumento del diámetro de las trozas que disminuye las pérdidas del aserrío. Sin embargo, este valor aún está por debajo de los encontrados por Ilabaca (1987) y Velasco (1992), a igual edad, debido a la maquinaria utilizada en la transformación de las trozas.

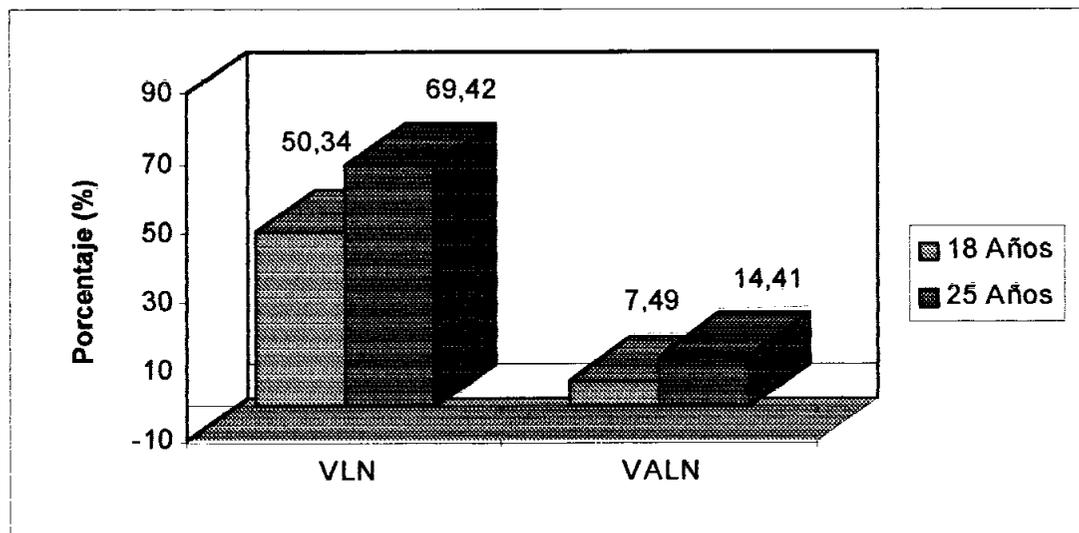


Figura 10. Comparación de rendimientos de madera libre de nudos y de madera aserrada libre de nudos a los 18 y 25 años.

Tabla 5. Funciones de predicción ajustadas.

Función	a	b	c	d	R ²	SE	N
I	0,05634	0,02479	-0,01921	-0,23839	0,96	0,02483	37
II	-1,506	0,00549	-0,00318	0,446631	0,88	0,01124	27
III	-0,0917	0,03329			0,95	0,06979	9
IV	-1,0078	0,03816			0,97	0,05494	9

R² = Coeficiente de correlación.

SE = Error estándar de estimación.

N = Número de muestras

Evaluación económica.

A todo esquema de poda, se asocia una serie de costos y beneficios inmediatos y futuros que al ser capitalizados en el tiempo se constituyen en un elemento de gran importancia para caracterizar el esquema de manejo empleado.

Los resultados finales entregados en esta evaluación corresponden a la relación $\$/\text{m}^3$ de madera podada y aserrada originada de una capitalización de flujos con un 10% de interés.



Los costos por hectárea de realizar las podas, con la tasa de interés antes mencionada, fueron proyectados a 25 años y 18 años, alcanzando a 345 022 y 177 051 $\$/\text{Ha}$ (tabla 6); la producción estimada de madera aserrada libre de nudos fue de 42,68 y 22,13 m^3 (tabla 6), obteniéndose un diferencial de 1 920 600 y 995 625 $\$/\text{ha}$ (tabla 6). Además se calculó el costo de transformación por hectárea en el que se consideró desde el volteo hasta el aserrado, que alcanzó a 268 884 y 128 354 $\$/\text{ha}$ (tabla 6).

Para obtener la utilidad adicional de realizar la poda se restó al diferencial el costo de transformación y el costo de la poda proyectado a los 25 y 18 años obteniéndose una utilidad final de 1 306 694 y 694 220 \$/ha (tabla 6).

Tabla 6. Costos para evaluar la utilidad de la poda.

Items considerados	Edad de rotación	
	18 años	25 años
Diferencial de precios de 1 m ³ entre madera aserrada libre de nudos y madera aserrada con nudos.	45 000 \$/m ³	45 000 \$/m ³
Volúmen de madera aserrada libre de nudos a distintas edades de rotación.	22,13 m ³ /ha	42,68 m ³ /ha
Diferencial de precios por hectárea.	995 625 \$/ha	1 920 000 \$/ha
Costo de transformación.	128 354 \$/ha	268 884 \$/ha
Costo de las podas proyectadas a las distintas edades de rotación.	177 051 \$/ha	345 022 \$/ha
Utilidad de realizar la poda a las distintas edades de rotación.	694 220 \$/ha	1 306 694 \$/ha

Las podas realizadas al rodal proporcionan una utilidad adicional en la rotación final, que permite fijar marcos de referencia sobre los límites económicos para efectuar un esquema de manejo determinado.

Puede considerarse en este caso la poda como una inversión beneficiosa, que a pesar de una falta de planificación al realizarla, otorga una utilidad adicional al rodal.



IV CONCLUSIONES.

Del análisis de datos de rodelas (árboles AR) y trozas (árboles AT) se concluye lo siguiente:

Arboles AR.

- El DV obtenido en la primera poda no se mantuvo en las siguientes, debido al atraso en realizar esta actividad, especialmente en la segunda intervención.

- No se encontró una relación entre el tamaño del DV y la profundidad de cicatrización.

- El DSO disminuye a medida que aumenta la altura en el fuste.

Arboles AT.

- El Porcentaje de madera libre de nudos que se obtuvo fue de 50,34%, pese a la dimensión relativamente pequeña de los

diámetros de las trozas utilizadas, debido principalmente a lo reducido del DCD.

- El nivel de aprovechamiento de madera libre de nudos alcanzó sólo un 14,45%, producto fundamentalmente del sistema de aserrío utilizado.

- El aprovechamiento de madera aserrada libre de nudos promedio por troza alcanzó a un 7,49% debido a lo anticuado y rudimentario del equipo de aserrío y al reducido diámetro de las trozas.

- La variable que mejor explica la producción de VLN y VALN es el DCD, con un 76,9% y 91,64% ,respectivamente.

- La poda produjo altas utilidades adicionales al rodal, a pesar de la nula planificación de esta operación .

- No es suficiente realizar un manejo silvícola oportuno en un rodal para obtener una buena producción de madera aserrada libre de nudos, si no que se debe considerar también la interacción de un buen manejo silvícola con un sistema de aserrío eficiente.

V RESUMEN

Se evaluó la producción de madera aserrada libre de nudos en un rodal de pino radiata de 18 años de edad, con raleo y poda a 12 m, ubicado a 48 km al este de la ciudad de Los Angeles, Provincia del Bío-Bío, VIII región.

Para el estudio se utilizaron rodelas y trozas de la porción del fuste podado. A partir de las rodelas se obtuvo que el diámetro del verticilo de la base de la copa no podada aumenta una vez realizada la poda. De las trozas se obtuvo un diámetro del cilindro defectuoso promedio de 21,84 cm, produciendo un 50,34% de madera libre de nudos (VLN). Sin embargo, la producción de madera aserrada libre de nudos (VALN) sólo alcanzó a un 7,49% debido al reducido diámetro de las trozas y al rudimentario e inapropiado sistema de aserrío empleado.

Los rendimientos proyectados a los 25 años de edad elevan la producción de VALN a un 14,41% y de VLN a un 69,42%.

SUMMARY

The clearwood timber production in an 18-year-old *radiata pine* stand with thinning and pruning at 12 m high, located 48 km east of the city of Los Angeles, province of Bío-Bío, eighth region, was evaluated.

For the purpose of this study disk and logs of the pruned stem portion were used. From the disks it was found that the diameter of the whorl's unpruned crown base increases once the pruning has been completed. An average diameter of 21.84% cm of defective cylinder was obtained from the logs, therefore producing 50.34% of clearwood. However, the timber clear-sawn production reached only 7.49%. This was due to the logs' reduced diameter and the rudimentary and unsuitable system used.

The yields projected at 25 year of age raise the timber clear-sawn production to 14.41% and the clearwood production to 69.42%.

VI BIBLIOGRAFIA .

1. Bunster, F.D. 1963. Resinación en plantaciones de pino insigne. Memoria de prueba para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
2. Carrasco, P. y Millán, J. 1990. Proyecto de suelos forestales de la VIII Región. Ministerio de Agricultura. Fondo de Investigación Agropecuaria. Chillán, Chile.
3. Caviaras, A. 1997. Un Tsunami en Camino. CHILE FORESTAL. N° 256: 46-48.
4. Daniel, P. W. , Helms, U. E. y Baker, F. S. 1982. Principios de silvicultura. (2ª edición). McGraw-Hill, México.

5. Díaz, J. M. e Hidalgo, P. 1991. Estudio de aprovechamiento de distintas combinaciones de máquinas de aserrío en aserraderos regionales. Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.
6. Grijpma, P. 1982. Producción Forestal. Trillas. México.
7. Ilabaca, C. 1984. Determinación de rendimiento en madera aserrada libre de defectos, obtenida a partir de trozos de pino insigne, podados y raleados. Universidad del Bio-Bio. Concepción, Chile.
8. Iturria, L. 1997. Crecimiento y biomasa de un rodal de *Pinus radiata* D. Don en trumaos de la provincia de Bío-Bío. Memoria de título. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
9. Olivares, P. B. y Meneses, V. M. 1985. Diseño de un simulador de poda. En. *Pinus radiata*. Investigación en Chile . Tomo II. Olivares, B. y Morales, E. Eds. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

10. Olivares, P. B.; Díaz-Vaz, J. E.; Juacida, R.; Meneses, M. y Poblete, H. 1985. Modelo de predicción del diámetro del cilindro con defectos de *Pinus radiata* D. Don. En: *Pinus radiata* . Investigación en Chile. Tomo II. Olivares, B. y Morales, E. Eds. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
11. Orellana, C. 1979. Análisis de algunos tratamientos de poda en bosques de pino insigne en la empresa Forestal Arauco Ltda. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
12. Park, J. C. 1982. Oclusión and defect core in pruned *radiata* pine. *Fri Bulletin* N°2. New Zealand Forest Service. Rotorua, New Zealand.
13. Park, J. C. 1983. A sawing study method for evaluating timber from pruned logs. *Fri Bulletin* N° 47. New Zealand Forest Service. Rotorua, New Zealand.

14. Peters, R. Jobet, M. y Aguirre, S. 1985. Compendio de tablas auxiliares para el manejo de plantaciones de Pino insigne. INFOR, Manual N° 14. Santiago, Chile.
15. Smith, D. M. 1986. Silvicultura práctica. Omega, S. A. Barcelona, España.
16. Velasco, J. D. 1992. Rendimiento de madera aserrada libre de nudos en trozas podadas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
17. Vidaurre, S. Pavón, M. y Melo, R. 1987. Tablas de conversión mecánica y elaboración. INFOR, Manual N°15. Santiago, Chile.

VII. APENDICE.

Tabla 1 A. Tabla de rodal de la plantación en estudio.

Clase Dap (cm)	Arb/ha (n°)	Area Basal (m2/ha)
28	12	0,7
30	8	0,6
32	6	0,5
34	16	1,5
36	18	1,8
38	30	3,4
40	34	4,3
42	28	3,9
44	28	4,3
46	24	4,0
48	16	2,9
50	10	2,0
52	4	0,8
54	2	0,5
Total	236	31,04

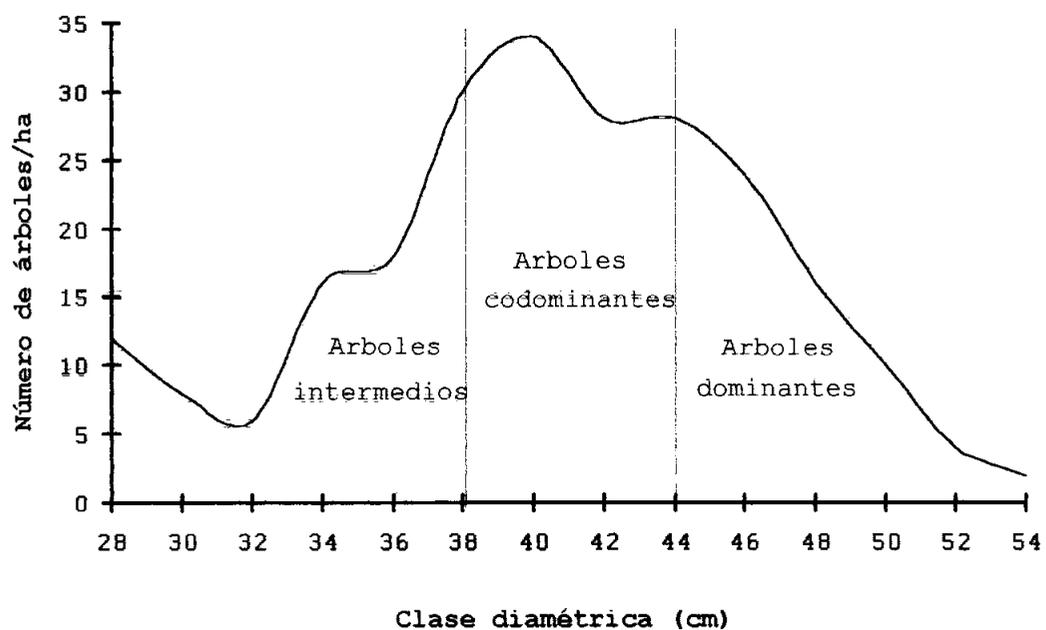


Figura 1 A. Distribución diamétrica del rodal, utilizada para la selección de los árboles muestra.



VIII ANEXO.

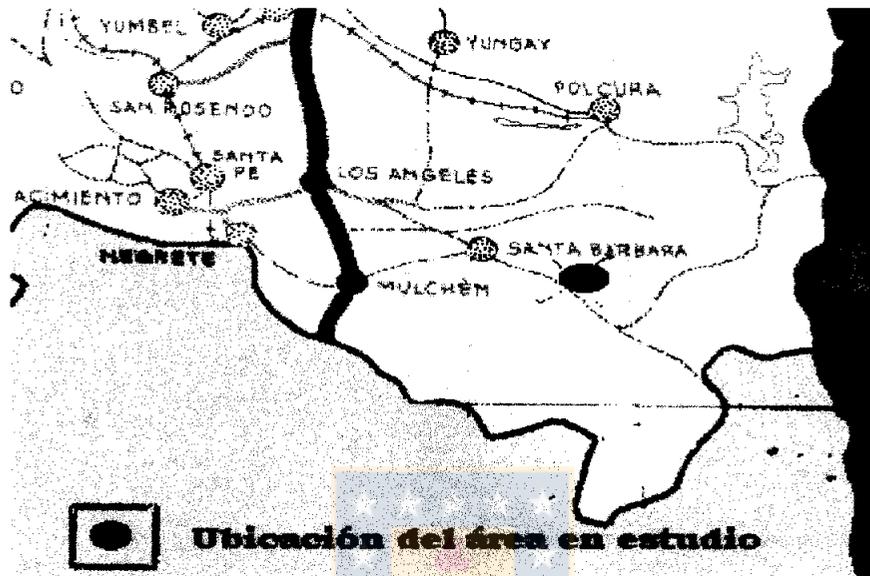


Figura 1 B. Mapa de ubicación del rodal en estudio.