

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES**

**PROPOSICIÓN DE UN ESQUEMA DE MANEJO PARA PLANTACIONES
DE PINO OREGÓN (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) EN EL
FUNDO VOIPIR, VILLARRICA, CHILE**

Tesis presentada como parte
de los requisitos para optar
al título de:

INGENIERO FORESTAL

Profesor Guía: HORACIO BOWN INTVEEN

PATRICIO ROLANDO NICKEL SEIFFERT

TEMUCO - CHILE

2000

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES

PROPOSICIÓN DE UN ESQUEMA DE MANEJO PARA PLANTACIONES
DE PINO OREGÓN (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) EN EL
FUNDO VOIPIR, VILLARRICA, CHILE

Tesis presentada como parte
de los requisitos para optar
al título de:

INGENIERO FORESTAL

Profesor Guía: HORACIO BOWN INTVEEN

PATRICIO ROLANDO NICKEL SEIFFERT

TEMUCO - CHILE

2000

CALIFICACIÓN COMISION INFORMANTE



Nota

Profesor Patrocinante : Horacio Bown I.

7,0

Profesor Informante : Celso Navarro C.

7,0

Profesor Informante : Marcelo Hernández N.

6,7

VºBº Profesor Patrocinante.
Sr. Horacio Bown I.
Ingeniero Forestal

VºBº Profesor Informante
Sr. Celso Navarro C.
Ingeniero Forestal

VºBº Profesor Informante
Sr. Marcelo Hernández N.
Ingeniero Forestal

VºBº Director de Carrera
Sr. Rodrigo Valencia C.
Ingeniero Forestal.

***A todos aquellos que, de una u otra
forma, han aportado su granito de arena
para el desarrollo de mi
proyecto de vida.***

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Armin y Susana, quienes me apoyaron hasta donde sus fuerzas y recursos se lo hicieron posible.

A mis profesores, muy en especial a Horacio, él cual me entregó su apoyo incondicional para el desarrollo de esta memoria. También le doy mis más sinceros agradecimientos por la entrega de sus innumerables consejos y enseñanzas, lo cual tendré siempre en consideración para enfrentar con éxito el ejercicio de la profesión.

A Lorenz Weber, por permitirme desarrollar ésta memoria en Forestal Voipir Ltda, y muy especialmente a Patrick Sharman, quien tuvo el tiempo y paciencia para ayudarme a recopilar gran parte de la información requerida para elaborar la presente investigación.

A Roxana, por su inagotable apoyo y comprensión durante los momentos difíciles de la tesis, cuando el computador pareciera ser lo único importante en el mundo, y te despreocupas por completo de lo que realmente lo es.

Por último, agradezco a todos mis amigos y compañeros (Pato Vásquez, Pepe Jiménez, Pancho Montoya, Marco Schiattino, Gustavo Fonseca, Rony Pantoja, entre otros), con quienes compartí gratos momentos durante mi paso por las aulas de la Universidad Católica de Temuco.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Antecedentes generales de la especie	3
2.1.1 Descripción de la especie	3
2.1.2 Distribución	3
2.1.3 Requerimientos ecológicos	4
2.2 Antecedentes silviculturales	6
2.2.1 Densidad de plantación	8
2.2.2 Poda	12
2.2.3 Raleo	14
2.3 Mercado de la especie	23
3. MATERIAL Y METODO	27
3.1 Material	28
3.1.1 Características climáticas	28
3.1.2 Características de suelo	28
3.1.3 Reseña histórica de las plantaciones realizadas en el Fundo Voipir	29
3.2 Metodología	30
3.2.1 Selección de rodales	30
3.2.2 Obtención y procesamiento de datos	31
3.2.2.1 Inventario forestal	32
3.2.2.2 Estimación de alturas totales	32
3.2.2.3 Análisis de tarugos de incremento	33
3.2.2.4 Determinación de rendimiento por tipo de producto	33
3.2.2.5 Evaluación financiera	36

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1	Modelo de ahusamiento	38
4.2	Modelo de altura total	40
4.3	Silvicultura	42
4.3.1	Silvicultura actual	42
4.3.2	Silvicultura futura	44
4.4	Rendimientos por tipo de producto	45
4.5	Influencia de la longitud de rotación sobre la rentabilidad del cultivo	49
4.5.1	Costos de la silvicultura actual	49
4.5.2	Análisis de la longitud de rotación	52
4.6	Influencia de la densidad final sobre la rentabilidad del cultivo	55
4.6.1	Propuesta teórica de un régimen silvicultural considerando algunos antecedentes de parcelas permanentes y temporales	55
4.6.2	Ajuste de modelos para las proyecciones de crecimiento y rendimiento del régimen teórico propuesto	59
4.6.3	Proyecciones de rendimiento por tipo de producto según densidad final	62
4.6.4	Evaluación financiera para diferentes densidades finales	67
4.7	Análisis del régimen silvicultural propuesto para plantaciones de Pino Oregón del Fundo Voipir	68
4.7.1	Análisis de sensibilidad	70
4.7.1.1	Tasa de descuento	70
4.7.1.2	Precios de productos	71
4.7.1.3	Costos asociados al régimen propuesto	73
5.	CONCLUSIONES	75
6.	RESUMEN	78
	SUMMARY	79
7.	BIBLIOGRAFIA	80
8.	ANEXOS	88

INDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
<u>En el texto</u>	
1 Requerimientos edáficos de <i>Pseudotsuga menziesii</i> .	5
2 Requerimientos climáticos de <i>Pseudotsuga menziesii</i>	6
3 Principales criterios para la selección del tipo de manejo en sitios de alta productividad (aplicado en <i>Pinus radiata</i>)	7
4 Ventajas del espaciamiento inicial sobre plantaciones de Pino Oregón	9
5 Rendimientos de raleos experimentales en Golden Forest, N. Z	17
6 Raleos experimentales para un rendimiento óptimo en Kaingaroa, N. Z	18
7 Densidad remanente después del raleo en Pino Oregón	19
8 Efectos de un raleo excesivamente intenso sobre la tasa de crecimiento	20
9 Resumen de las intervenciones realizadas en el Fundo Voipir	21
10 Incremento medio anual en diámetro por tratamiento	22
11 Precios internos para madera aserrada de Pino Oregón (U\$S/ m ³)	25
12 Precios de exportación para tablones de Pino Oregón (U\$S/ m ³)	25
13 Precios de exportación para madera aserrada de P. Oregón y P. Radiata	26
14 Descripción básica de los rodales de Pino Oregón estudiados en Forestal Voipir Ltda.	31
15 Manejo histórico de los rodales de Pino Oregón estudiados	43
16 Esquema de manejo teórico formulado por Forestal Voipir	44

17	Especificación de productos y precios medios de trozas (orilla de camino)	45
18	Proyección de volúmenes por rodal según edad	46
19	Rangos de proporción de productos considerando los tres rodales en estudio	48
20	Resumen de costos incurridos en los distintos regímenes silviculturales analizados (cifras en miles de pesos)	50
21	Productos y costos asociados a raleos aplicados en los rodales de estudio	50
22	Costos de poda de los regímenes silviculturales en estudio.	51
23	Esquema de manejo propuesto considerando distintas densidades finales	55
24	Incremento anual en DAP (cm) para un raleo a los 10 años, con una densidad residual de 1.000 arb/ha	57
25	Respuestas a raleos provenientes de tarugos de incremento extraídos a 0,3m de altura, para los cinco rodales en estudio	59
26	Proyecciones del DMC y rendimiento (m^3/ha) para un esquema de manejo teórico considerando diferentes densidades finales	63
27	M\$/arb según densidad, de acuerdo al escenario de precios actual	66
28	Regímen silvicultural propuesto para plantaciones de Pino Oregón de Fundo Voipir	68
29	Volumen proyectado (m^3/ha) para raleos comerciales(año 15 y 20)	69

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
	<u>En el texto</u>	
1	Distribución diamétrica de dos rodales jóvenes de Pino Oregón en el Fundo Voipir, de edad similar con distintas densidades iniciales de plantación	10
2	Volumen de cosecha versus edad de la plantación, para distintas densidades iniciales	11
3	Ubicación de la zona de estudio	27
4	Ubicación de los rodales seleccionados en el estudio	31
5	Distribución de los residuos para la estimación del diámetro sin corteza medido a la altura H_i	39
6	Diámetros sin corteza medidos a la altura H_i , en cm	39
7	Comportamiento del diámetro y la altura para distintos rangos de edad	40
8	Distribución de los residuos para la estimación de la altura total	41
9	Volúmenes por tipo de producto para el Rodal 1	46
10	Volúmenes por tipo de producto para el Rodal 2	47
11	Volúmenes por tipo de producto para el Rodal 3	48
12	Evolución del VPS (8%) a través del tiempo para el rodal 1	52
13	Evolución del VPS (8%) a través del tiempo para el rodal 2	53
14	Evolución del VPS (8%) a través del tiempo para el rodal 3	54
15	Comparación entre el desarrollo del IMA y el ICA para los rodales 4 y 5, hasta la edad actual	57
16	Comparación entre el desarrollo del IMA y el ICA para el rodal 3, hasta la edad actual	58
17	Rendimiento en volumen para distintas densidades finales, a los 35 años de edad	65

18	VPS (al 8%) y TIR para distintas densidades finales, a la edad de 35 años	67
19	Volumen proyectado (m ³ /ha) para la cosecha final (35 años).	69
20	Comportamiento del VPS para diferentes tasas de descuento	70
21	Efecto del cambio en los precios (1, 5 y 10%) sobre el VPS (8%)	71
22	Efecto del cambio en el precio (1, 5 y 10%) sobre el VPS, bajo diferentes tasas de descuento	72
23	Efecto sobre el VPS(8%) al aumentar y/o disminuir los costos base de las actividades silviculturales en un 1%	73

En el anexo

1A	Comportamiento de los valores observados versus estimados para el DMC antes de un primer raleo	105
2A	Distribución de los residuos para la estimación del DMC antes de un primer raleo	105
3A	Comportamiento de los valores observados versus estimados para el incremento en DAP posterior a una intervención de raleo	106
4A	Distribución de los residuos para la estimación del incremento en DAP posterior a una intervención de raleo	106
5A	Comportamiento de los valores estimados versus observados para la variable área basal	107
6A	Distribución de los residuos para la estimación del área basal	107

1. INTRODUCCION

En nuestro país, el mayor porcentaje de plantaciones comerciales corresponden a las especies *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, cuyo éxito se sustenta en las altas tasas de crecimiento y su gran adaptación a diversas condiciones de sitio, como también a la calidad de sus productos, los cuales tiene gran aceptación en los mercados nacionales e internacionales.

Sin embargo, la concentración del patrimonio en pocas especies, introduce un factor de riesgo al desarrollo exitoso del sector forestal chileno, al existir una falta de flexibilidad frente a cambios en los patrones de demanda y precios de los mercados, como también en la aparición de problemas fitosanitarios.

Esta situación originó un Programa de Diversificación, impulsado por CONAF, que persigue ampliar la base de sustentación económica de la silvicultura nacional y orientar una producción de mayor valor agregado hacia nuevos mercados (INFOR-CONAF, 1996).

El Pino Oregón es una de las especies que mayor interés ha despertado en el citado programa. Esto se debe principalmente a las cualidades de su madera, su buena forma y su rápido crecimiento. En Chile se han encontrado dos zonas con crecimientos extraordinarios: en la Provincia de Arauco (Curanilahue) y en la Provincia de Osorno. En éstas, el crecimiento de las plantas de Pino Oregón es mayor que *Pinus radiata* (INFOR - CONAF, 1998).

Sin embargo, y considerando que las rotaciones de la especie son relativamente largas en nuestro país (30 - 70 años), se hace indispensable proponer esquemas de manejo que permitan obtener productos de alto valor y ampliamente aceptados por los mercados nacionales e internacionales. Para

alcanzar estos objetivos, será necesario analizar la relación entre la calidad de productos y la cantidad de capital y trabajo por unidad de superficie que se desee manejar, lo cual se conoce como intensidad de la silvicultura. Así, se justifica una mayor intensidad (Vita, 1978; Bown, 1998):

- i) mientras mayor sea la productividad de una especie y el valor de su madera.
- ii) a medida que sea mejor la calidad de los sitios. Sitios de baja productividad generalmente no justifican silvicultura intensiva.
- iii) mientras mayor sea el valor que los consumidores estén dispuestos a pagar por los productos a obtener.

De esta forma, la proposición de un régimen silvicultural para un sector determinado, implica *i)* proponer estrategias silviculturales que sean compatibles con los intereses de los propietarios y flexibles a los continuos cambios en las exigencias de los mercados, *ii)* incorporar actividades que se justifiquen financieramente, y *iii)* detectar y desechar actividades que no se justifiquen desde un punto de vista financiero.

En este contexto, el presente estudio propone un esquema de manejo, orientado a maximizar el retorno financiero en plantaciones de Pino Oregón para Forestal Voipir, en la Comuna de Villarrica.

Esto se realizó considerando atributos de árboles individuales de cinco rodales manejados, los cuales presentan condiciones similares de sitio pero distintos rangos de edad, en conjunto con un inventario, proyecciones de crecimiento y análisis de antecedentes de mercado de productos. Además, se evaluó la influencia de la longitud de la rotación y espaciamiento sobre la rentabilidad del cultivo.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales de la especie

2.1.1 Descripción de la especie.

Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), es una especie que a los 100 años de edad puede alcanzar 70 m de altura y 70 cm de diámetro, siendo considerado uno de los árboles más altos del mundo. Posee una corteza gruesa y corchosa, con grietas relativamente profundas. La copa de los árboles es irregular, con ramillas colgantes. Posee acículas suaves y flexibles, de color verde oscuro y tamaño variable (15 - 30 mm de longitud), las que desprenden un fuerte olor a limón o mandarina al frotarlas (Bascuñan, 1997; Floraprint, 1998).

Las inflorescencias masculinas son verde - amarillentas, mientras que las femeninas son verdosas o rojizas. Los conos son ovoides - cónicos, de 5 - 10 cm de longitud, de color marrón claro, con brácteas trífidas que sobresalen entre las escamas del cono (Sánchez, 1999).

2.1.2 Distribución

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, es una especie que se extiende en forma natural a lo largo de la costa del Pacífico, desde Columbia Británica, en Canadá, hasta California Central (*var. menziesii*), y a lo largo de ambos costados de las Montañas Rocallosas, desde la Columbia Británica y Alberta, hasta México (*var. glauca*), alcanzando en los Estados Unidos una superficie de

más de 15 millones de hectáreas cubiertas con bosques comerciales (USDA., 1981; citado por INFOR, 1986).

Entre las variedades costeras y montañosas, aparecen diferencias muy marcadas en cuanto a desarrollo y hábitat, lo cual influye en la calidad de la madera, características del follaje e incluso en los conos. Este dimorfismo, ha llevado a algunos investigadores a considerar dichas variedades como especies distintas (Bucarey, 1968).

En Chile, las áreas potenciales para la plantación de Pino Oregón se encuentran localizadas entre la VIII y la X Región, preferentemente en la zona precordillerana y cordillerana andina desde Los Angeles al sur hasta la X Región, extendiéndose sobre el Valle Central, desde el río Toltén, hasta el Canal de Chacao por la costa y la Provincia de Chiloé por el este, y en la vertiente occidental de la Cordillera de Nahuelbuta (Sanhueza, 1998).

2.1.3 Requerimientos ecológicos

El suelo es un factor fundamental para el desarrollo de Pino Oregón. Según investigaciones realizadas por Campbell y Franklin (1981), en sitios de alta calidad, alrededor de un 56% del crecimiento de la especie se explica por la combinación de las características edáficas.

En el cuadro 1 se señalan las características que debiera presentar el suelo, para plantaciones de Pino Oregón.

CUADRO 1. Requerimientos edáficos de *Pseudotsuga menziesii*

REQUERIMIENTOS	CARACTERISTICA
Profundidad de arraigamiento	> 60 cm
Textura	Arcillas arenosas y limosas, con sustrato areno – ripioso
Estructura	Granular a pequeña angular
Intercambio gaseoso	Bueno
Densidad aparente	< 1,3 g/cm ³
pH	4,5 – 6,5
Drenaje	Bueno
Fertilidad	Moderada a buena
Temperatura superficial del suelo en plantaciones jóvenes	< 60°C

Fuente: Sanhueza (1998).

Sin embargo, es importante señalar que si alguna de las características del suelo se constituye en un factor limitante para el crecimiento, a veces éstas pueden modificarse a costos razonables. Esto involucrará realizar una preparación de suelo, donde el silvicultor deberá establecer aquellas labores que económicamente optimicen la relación, entre la inversión realizada y el retorno que se obtendrá por producto vendido (Sanhueza, 1998).

Los requerimientos climáticos de Pino Oregón son bastante específicos (Cuadro 2), por lo que deben ser conocidos antes de plantar con la especie, ya que su corrección no es posible o resulta extremadamente difícil de realizar (Sanhueza, 1998). Además, emprender plantaciones en condiciones desfavorables puede provocar que los individuos mueran, o en el mejor de los casos, que se mantengan vivos durante años pero sin crecimiento aparente, o muy pequeños (Rehfeldt, 1983).

CUADRO 2. Requerimientos climáticos de *Pseudotsuga menziesii*.

REQUERIMIENTOS	CARACTERISTICA
Precipitación media anual	> 900 mm
Precipitación periodo vegetativo	> 300 mm
Humedad relativa mensual	> 50 %
Temperatura media anual	> 10,3°C
Temperatura mínima durante los primeros años de vida y periodo vegetativo	-4°C
Temperatura mínima absoluta	-25°C
Temperatura máxima absoluta	60°C
Días óptimos de crecimiento	> 45 días
Días libres de heladas	> 80 días
Exposición más favorable	Sur y Oeste

Fuente: Sanhueza (1998).

2.2 Antecedentes silviculturales

Un régimen silvicultural corresponde a una secuencia de actividades que se realizan a lo largo de la vida de un rodal, con la intención de lograr un objetivo predefinido. Este puede incluir actividades tales como la preparación del sitio, plantación, control de malezas, fertilización, podas, raleos y algunos aspectos de cosecha, entre otros, siendo lo más habitual caracterizar cada una de las intervenciones en términos de oportunidad, intensidad y atributos técnicos (Bown, 1998).

Al momento de tomar la decisión correspondiente al esquema de manejo que puede ser aplicado a un rodal determinado, surgen diversas opciones a ser evaluadas, las cuales pueden provocar distintas respuestas en el desarrollo del rodal (Jaque, 1995).

Para acotar el número de soluciones, es necesario descartar algunas de ellas, siendo posible hacerlo usando algunos criterios de selección. Estos se

relacionan con aspectos tales como el índice de sitio, la accesibilidad, la topografía, el manejo previo o estado inicial de la plantación, la necesidad de abastecer industrias y la distancia a éstas, entre otras, aunque no todas las variables tendrán la misma relevancia sobre la decisión final de manejo (Gerding, 1991).

Un listado con los principales criterios de decisión que deben considerarse para decidir el tipo de régimen silvicultural que se le asignará a un rodal, se presenta en el cuadro N° 3.

CUADRO 3. Principales criterios para la selección del tipo de manejo en sitios de alta productividad (aplicado en *Pinus radiata*).

CRITERIOS	TIPOS DE MANEJO	
	Pulpable	Madera libre de nudos
Abastecimiento de fábricas.	Desfavorable distribución de edades de los rodales.	Adecuada distribución de edades de los rodales.
Distancia de fábricas	< 30 km; bajo costo de transporte.	>30 km; alto costo de transporte.
Accesibilidad	Mala; altos costos.	Buena; financiable.
Topografía	Difícil; muy quebrada.	Fácil; plana a quebrada.
Estado inicial del manejo	Atrasado, inadecuado o inexistente.	Adecuado, oportuno.
Otros criterios	- Dificultades financieras; - Mala calidad del rodal; - Plagas, enfermedades; - Abundante sotobosque (dificultad de realizar intervenciones).	- Sin dificultades financieras; - Calidad normal del rodal; - Sin pérdidas financieras; - Sotobosque ralo

Fuente: Gerding (1991).

En la primera columna se indican los criterios de selección considerados por el autor, y en la segunda y tercera columna, se muestra las características del criterio para realizar un manejo con el objetivo de obtener trozas pulpables o madera libre de nudo, respectivamente. Así, por ejemplo, en el caso del estado

inicial del manejo de las plantaciones, si éste ha sido inadecuado, atrasado o inexistente, se debería inclinar por un manejo pulpable.

En cuanto a los méritos que posee cualquier régimen silvicultural, Craib (1939), citado por Bown (1997), señala que pueden ser apreciados solamente en relación a la totalidad de la rotación y a los objetivos del manejo.

De esta forma, la elaboración de propuestas silviculturales no necesariamente debe enfocarse a la producción de árboles de grandes dimensiones o la obtención del máximo volumen de los rodales, sino que será de mayor importancia orientar los esfuerzos en obtener productos que satisfagan las necesidades del mercado actual y futuro, y a su vez logren generar los mayores retornos financieros.

A continuación se presenta un análisis de algunas actividades relevantes que definen un régimen silvicultural.

2.2.1 Densidad de plantación.

El espaciamiento inicial de la plantación es un tema de extrema importancia, porque de él depende, en gran medida, el volumen y el valor de los productos que se obtendrán al final de la rotación (INFOR-CONAF, 1996). Además, genera una gran controversia entre los productores de Pino Oregón, debido a que tiene influencia sobre algunas características de los individuos que componen la plantación (forma, diámetro de ramas, crecimiento en diámetro etc.), así como también en los costos y oportunidad en la aplicación de algunas intervenciones silviculturales (Cuadro 4)

CUADRO 4. Ventajas del espaciamiento inicial sobre plantaciones de Pino Oregón.

Densidad de plantación alta	Densidad de plantación baja
1. Mayor volumen de madera a nivel de ha. 2. Mejor coeficiente de forma. 3. Ramas más finas y posibilidad de postergar las podas. 4. Mayor base para seleccionar calidad de productos. 5. El sotobosque se controla antes, al cerrarse la cubierta de copas.	1. Mayor crecimiento en diámetro 2. Menor costo de la repoblación al necesitarse menos plantas. 3. Mayor facilidad de mecanizar intervenciones posteriores. 4. Puede retrasarse la primera operación de reducción de densidad. 5. Mejor resistencia al viento de los árboles.

Fuente: Iñiguez (1997).

De lo expuesto anteriormente, el comportamiento del grosor que pueden presentar las ramas, respecto a la densidad inicial de plantación, es un aspecto de bastante interés, debido a su influencia sobre la calidad de productos a obtener. James y Revell (1978), citado por INFOR-CONAF (1998), señalan que para mantener en Pino Oregón un diámetro basal promedio de la rama de 2,5 cm, se deben plantar alrededor de 1.700 arb/ha, lo que es equivalente a un espaciamiento de 2,4 m x 2,4 m.

Contreras y Smith (1973), analizaron el comportamiento de rodales de Pino Oregón de similar edad que poseían distintas densidades iniciales de plantación. Ellos concluyeron que al comparar un rodal de 19 años y 1.170 arb/ha con otro de 18 años y 2.322 arb/ha, este último, pese a ser un año menor, tiene mayor rendimiento en volumen (257 m³/ha contra 242,38 m³/ha).

En la figura 1, se muestra la distribución del número de árboles por clase diamétrica para los dos rodales. En ella se ve que el rodal de menor densidad presenta una curva bastante desplazada hacia los diámetros mayores; así se tiene que los 400 árboles más grandes (estimación de los árboles que van a llegar al final de la rotación.) están ubicados en clases diamétricas superior a 24

cm. En cambio, en el rodal de mayor densidad, los 400 individuos se ubican en las clases 20 cm y superiores.

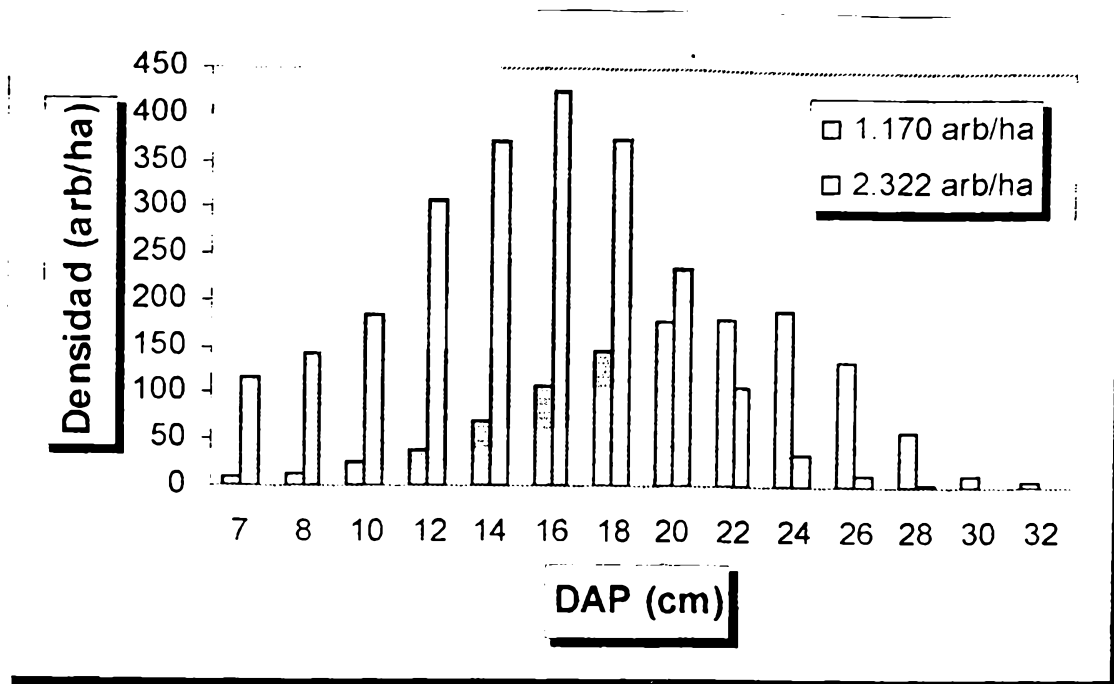


FIGURA 1. Distribución diamétrica de dos rodales jóvenes de Pino Oregon en el Fundo Voipir, de edad similar con distintas densidades iniciales de plantación. Fuente: Contreras y Smith (1973).

Mitchell *et al.* (1989), analizaron la influencia de la densidad inicial sobre la producción volumétrica utilizando modelos de simulación (Figura 2). Ellos plantean que en rodales jóvenes el volumen por hectárea es proporcional al número de árboles. Sin embargo, los autores señalan que la mortalidad natural afectará más severamente a los rodales más densos, lo cual permitiría que rodales con un mayor espaciamiento acorten la brecha de producción respecto a rodales densos.

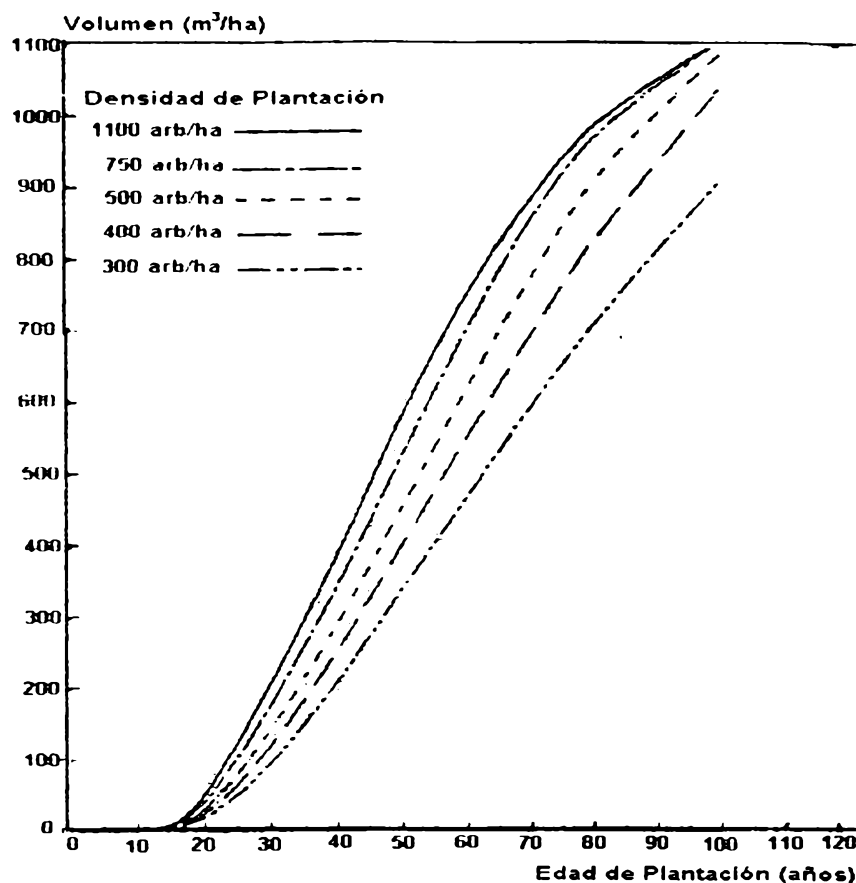


FIGURA 2. Volumen de cosecha versus edad de la plantación, para distintas densidades iniciales. Fuente: Mitchell *et al.* (1989).

Grosse y Kannegiesser (1988), señalan que el espaciamiento más adecuado para Pino Oregón es 1.600 arb/ha, ya que el rodal logra una buena estabilidad frente al viento y la nieve, y aunque el volumen total es menor que el de bosques con mayor densidad, el volumen comercial es de mayor valor.

Sin embargo, es posible reducir aún más esta densidad inicial utilizando individuos mejorados genéticamente, en conjunto con la aplicación de técnicas adecuadas de preparación de plantas y establecimiento (Mata *et al.*, 1998; Sanhueza, 1998). Así por ejemplo, para realizar el establecimiento de Pino Oregón, se debe seleccionar plantas de tamaño homogéneo, optimizar el control de malezas, aplicar una adecuada y oportuna fertilización, entre otros, permitiendo acortar la edad de rotación (Sanhueza, 1998).

En España, con el fin de facilitar la mecanización de operaciones posteriores a la plantación, especialmente los desbroces, se tiende a dejar una distancia mínima entre filas de unos 3 metros. De esta forma los marcos de plantación más frecuentes son 2 x 3 m, 2,5 x 3 m y 3 x 3 m, lo que corresponde a densidades iniciales de 1.670, 1.330 y 1.110 arb/ha respectivamente. Cada opción tiene sus ventajas y sus inconvenientes, llevando asociadas una serie de labores posteriores según la densidad inicial de plantación (Iñiguez, 1997).

Así, por ejemplo, si se opta por elevadas densidades de plantación (1.600-2.000 plantas por hectárea), se ha de realizar una primera corta a los 12 años para reducir la competencia entre los árboles, sin que tengan un aprovechamiento comercial. Ahora, si se realiza la forestación a bajas densidades (1.000 - 1.300 plantas por hectárea), se debe realizar una plantación especialmente cuidadosa para que no se produzca mortalidad de plantas, o bien desarrollar una posterior replantación de éstas para mantener la densidad y una poda temprana, porque las ramas engrosarán rápidamente (Iñiguez, 1997).

2.2.2 Poda.

El fin de la poda es mejorar las expectativas futuras de comercialización de la madera en los mercados, mediante la obtención de madera libre de nudos, lo que se ve reflejado en la maximización del Valor Actual Neto (VAN) (Price, 1989; citado por Cruz, 1997).

Además, puede tener otros efectos, como minimizar el riesgo de ataques fungosos al eliminar ramas muertas, debido a la protección que efectúan los bolsones de resina depositados en la base de las ramas (INFOR-CONAF, 1996), o permitir la reducción de combustible, porque a través de ella se

establecen cortes en la continuidad de la vegetación, entre otros aspectos (Julio, 1994).

En el caso de Pino Oregón, se presenta una mala poda natural, conservando las ramas ya muertas, de forma casi permanente, incluso con una densidad elevada de árboles (Iñiguez, 1997). Por ello, ésta debe realizarse artificialmente en el tiempo adecuado, a temprana edad para disminuir el cilindro defectuoso, y a una altura del árbol tal que la extracción de la rama no produzca grandes pérdidas de crecimiento (Castillo, 1996: citado por Cruz, 1997).

Esto último implica que los árboles deben podarse hasta una altura no superior a $2/3$ de su altura total, ya que según Mitscherlich (1978; citado por Grosse y Kannegiesser, 1988), reducir la copa viva a la mitad puede significar que el crecimiento en altura disminuya aproximadamente en un 8%, mientras que el diámetro puede reducirse cerca de un 30%.

En cuanto a la elección del momento adecuado para podar, es difícil determinarlo, y habrá que tener presente varias consideraciones para hacerlo (Iñiguez, 1997):

- a) No es conveniente que se formen ramas de excesivo grosor, por lo se recomienda podar tempranamente. Cuando los árboles están espaciados las ramas bajas tienden a aumentar su diámetro rápidamente, lo que también se produce si las estaciones donde se produce el crecimiento les son favorables.
- b) Cuando se consigue el cierre de copas, se logra un control de las malezas. Sin embargo, si se poda a continuación puede producirse un rebrote de la vegetación herbácea o el matorral.

- c) Si se poda de forma muy temprana existe el riesgo de aparición de brotes adventicios, además de requerirse muchas intervenciones de poda para alcanzar la altura total de poda pretendida.

De acuerdo a Keim (1994), existe un mercado reducido para madera de Pino Oregón de baja calidad, por lo cual la producción debe orientarse a producir madera libre de nudos, siempre y cuando los costos acumulados de la poda sean inferiores a la diferencia entre el valor de los troncos podados y los no podados en el momento de hacer la tala (Daniel *et al.*, 1982).

Para nuestro país, Bucarey (1968) recomienda realizar la poda hasta unos 12 m de altura, con el fin de obtener madera para chapas, ya que su valor comercial es considerablemente más alto que el de la madera aserrada. A su vez, Fundación Chile (1995) señala que podar a mayor altura podría elevar demasiado los costos sin la obtención de mayores beneficios.

2.2.3 Raleo.

El raleo es una intervención silvicultural que pretende redistribuir el espacio para estimular el crecimiento de los árboles remanentes (Valenzuela, 1967), ya que mediante la aplicación de cortas periódicas es posible utilizar todo el volumen producido por el rodal a lo largo de la rotación, anticipándose a la pérdida por efecto de competencia natural, pudiendo obtener retornos económicos antes de la cosecha final, en la medida que las dimensiones de los individuos extraídos lo permitan (Burshel y Huss, 1987; citado por INFOR-CONAF, 1998).

Este tipo de intervención también permite eliminar los peores individuos de la plantación, los cuales pueden presentar las siguientes características (Iñiguez, 1997):

- a) árboles excesivamente ramosos, con ramas abundantes y gruesas y copa que ocupa mucho espacio, lo cual genera una fuerte competencia con los vecinos. Se trata de árboles de gran vigor, a los que se denomina "árboles lobo".
- b) árboles bifurcados, inclinados o torcidos (el Pino Oregón tiene como carácter general una gran rectitud de fuste, aunque este carácter varía de unos árboles a otros).
- c) árboles afectados por plagas, enfermedades o daños abióticos.

En EE.UU., las investigaciones sobre raleo en Pino Oregón empiezan a desarrollarse considerablemente a partir de los años 60. Al respecto, Worthington y Staebler (1961; citado por INFOR-CONAF, 1996) comienzan a recomendar raleos de selección para los rodales cuando éstos alcancen dimensiones comerciales, siempre y cuando los individuos sean jóvenes y puedan reaccionar a la liberación.

Posteriormente, Reukema (1972), analizó raleos comerciales realizados a intervalos de 3, 6 y 9 años, en rodales de 38 años de edad. El autor estimó una reducción del 20% en volumen al comparar el valor final con el volumen previo al raleo. Sin embargo, al agregar al volumen final el que se extrae en los raleos, éste excede por un leve margen al de aquellos sin manejo.

En 1982, Curtis derivó un índice de densidad relativa para Pino Oregón, el cual permite obtener límites aceptables de densidad en prácticas de raleo. La expresión que describe el modelo es la siguiente:

$$RD = AB / Dg^{\alpha}$$

Donde:

RD: Densidad relativa

AB: Area basal (m²/ha)

Dg: Diámetro cuadrático medio (cm)

α : coeficiente

Este índice ha sido aplicado a estudios de simulación para definir regímenes de raleos, basándose en las siguientes recomendaciones (Curtis, 1982; INFOR-CONAF, 1998):

- a) Para realizar un raleo a desecho, se puede reducir el rodal a un número tal de árboles que, cuando alcancen el diámetro medio fijado para la primera intervención comercial, la densidad relativa fluctúe alrededor de 7 (este valor es específico de Oregón, ya que evita bien la mortalidad por supresión y una excesiva competencia de copas).
- b) Los raleos sucesivos deben mantener el índice entre 6,4 y 7,1. El máximo no debe superar 7,9 a 8,6, excepto inmediatamente antes de la cosecha final, mientras que el mínimo no debiera ser inferior al rango de 4,3 a 5 en los primeros raleos.

En cuanto al valor de parámetro α , Curtis (1982) señala que el Pino Oregón costero varía en un rango de 0,45 a 0,50 y sugiere utilizar el valor 0,4 en ausencia de mejor información para una especie.

En la actualidad, estudios realizados en Washington concluyen que los rodales coetáneos de la especie Pino Oregón, al ralearse por lo bajo, maximizan el

crecimiento volumétrico. En cambio, un raleo por lo alto permitirá obtener productos de mayores dimensiones en cada intervención (Oliver y Murray, 1983).

En Nueva Zelanda, la práctica del primer raleo se realiza cuando el rodal alcanza 30 años, con lo cual se persigue suprimir el crecimiento de ramas en las trozas inferiores, dando como resultado ramas de diámetro comúnmente menor a 2,5 cm. Sin embargo, gran parte de los rodales de la Isla Norte fueron susceptibles al ataque de *Phaeocryptopus*, por lo que se sugirió como medida preventiva aplicar raleos tempranos, los cuales tendrán un mayor efecto sobre el tamaño de las ramas y la calidad de la madera (Cown, 1992).

Drew y Flewelling (1979), analizando diversas experiencias sobre raleo en plantaciones de Pino Oregón (Cuadros 5 y 6), plantean que al enfrentar los rodales a raleos muy fuertes, éstos pueden tener un rendimiento en volumen considerablemente menor que aquellos no raleados (hasta un 18% menos).

CUADRO 5. Rendimientos de raleos experimentales en Golden Forest, N. Z.

Parámetros	Tratamientos		
	Control	Raleo suave	Raleo fuerte
Densidad final (árb/ha)	1.588	617	370
Volumen medio final (m ³ /árb)	0,64	1,04	1,34
Volumen final (m ³ /ha)	1.050	644	504
Primer raleo (m ³ /ha)		21	21
Segundo raleo (m ³ /ha)		98	154
Tercer raleo (m ³ /ha)		182	175
Vol. Final + Vol. Raleo (m ³ /ha)		945	854
% del rend. relat. al rend. s/raleo neto		90	82
% del rend. relat. al rend. s/raleo bruto	94	85	77

Fuente: Drew y Flewelling (1979)

CUADRO 6. Raleos experimentales para un rendimiento óptimo en Kaingaroa, N. Z.

Parámetros	Tratamientos			
	Control	Raleo suave	Raleo Fuerte	Regimen óptimo
Densidad final (árb/ha)	1.096	385	276	346
Volumen medio final (m ³ /árb)	0,84	1,49	1,72	1,68
Volumen final (m ³ /ha)	931	581	483	581
Primer raleo (m ³ /ha)		126	203	105
Segundo raleo (m ³ /ha)		210	231	119
Tercer raleo (m ³ /ha)				133
Vol. Final + Vol. Raleo (m ³ /ha)	931	924	917	938
% del rend. relat. al rend. s/raleo neto		99	99	101
% del rend. relat. al rend. s/raleo bruto	99	98	97	

Fuente: Drew y Flewelling (1979)

También se concluye que aquellos rodales raleados muy severamente rinden mucho menos que aquellos no raleados, sin embargo hay que considerar que los raleos se aplicaron procurando no alterar la distribución diamétrica del rodal, por lo tanto no se obtuvo los máximos tamaños medios de los árboles.

En Alemania, Mitscherlich (1978) citado por Grosse y Kanegiesser (1988), recomienda que los árboles a dejar en la cosecha final deben elegirse cuando los individuos alcancen una altura próxima a los 12 metros, aplicando raleos selectivos sucesivos a los árboles no deseados que ejercen competencia a nivel de las copas, cada vez que la altura de los árboles escogidos tenga un incremento de 2 metros en altura (Cuadro 7).

CUADRO 7. Densidad remanente después del raleo en Pino Oregón.

Altura superior (m)	Densidad (arb/ha)	Tipo de raleo
14	1.320	Selectivo
16	1.100	Selectivo
18	940	Selectivo
20	780	Selectivo
22	640	Selectivo
24	540	Selectivo
26	450	Selectivo
28	380	Selectivo
30	310	Selectivo
32	260	Por lo bajo
34	210	Por lo bajo
36	180	Por lo bajo
38	150	Por lo bajo
40	150	Sin raleo

FUENTE: Mitscherlich (1978; citado por Grosse y Kanegiesser, 1988)

De esta forma, durante los primeros años se debe ralear periódicamente, en tanto que en el tercio final de la rotación, las intervenciones se limitan a la extracción ocasional de los individuos enfermos o moribundos.

En nuestro país, Keim (1994) realizó estudios de raleo en parcelas permanentes instaladas en la Provincia de Frutillar, X Región. En ellas se analizó el comportamiento de la especie frente a raleos intensos (Cuadro 8):

CUADRO 8. Efectos de un raleo excesivamente intenso sobre la tasa de crecimiento

Parámetros	Parcela N°1				Parcela N°2			
Año	89	91	93	94	89	91	93	94
Cuociente de espaciamiento	19	18,4	17,1	16,9	17,8	17,2	15,8	15,2
Densidad (arb/ha)		340	340	320		420	420	420
Crecimiento anual corriente del área basal (m ² /ha/año)		0,64	1,79	2,09		0,86	2,47	2,25
%		2,9	7,7	8,3		3,4	9,3	7,1
Crecimiento anual corriente del volumen (m ³ /ha/año)		13,8	18,3	31,5		15	33,4	32,2
%		8,3	14,7	13,3		9,1	17,2	12,4
Raleo	1989				1989			
Intensidad	Aproximadamente 60%				Aproximadamente 60%			

FUENTE: Keim (1994)

Se aprecia que la liberación después del raleo no tiene una respuesta del todo favorable, ya que el crecimiento en volumen no aumenta más allá de un 14,7% en la parcela N°1 y 17,2% para la parcela N°2.

Además, el autor señala que raleos excesivamente intensos se expresan físicamente por la pérdida de follaje durante el primer invierno, y en verano, las hojas de la copa se aglomeran al quedar repentinamente expuestas al viento y a un exceso de luminosidad. En casos severos, se presentan quemaduras en la corteza por el sol.

En 1990, se instalaron 27 parcelas permanentes en plantaciones jóvenes del Fundo Voipir para estudiar el comportamiento de Pino Oregón frente a distintas intensidades de raleo. Los factores que consideró dicho estudio se desglosan a continuación:

- Densidad inicial (A)

A ₀	:	1.000 arb/ha
A ₁	:	750 arb/ha
A ₂	:	500 arb/ha

- Intensidad del raleo (B), expresada en función del número de árboles a eliminar.

B₀ : 0% (Testigo)

B₁ : 25%

B₂ : 50%

Como las plantaciones de Pino Oregón en el Fundo Voipir se establecen con un espaciamiento de 2m x 2m (2.500 arb/ha), cuando se instaló el ensayo en 1990 se realizó un raleo para disminuir la densidad inicial de plantación a 1.000, 750 y 500 respectivamente, para los tres tratamientos del factor A. Durante el año 1995 se realizó un segundo raleo para establecer los nueve tratamientos a evaluar (Cuadro 9).

CUADRO 9. Resumen de las intervenciones realizadas en el Fundo Voipir.

TRATAMIENTO		INTERVENCIONES			
		1990 (edad: 10 años)		1995 (edad: 15 años)	
		arb/ha	Espaciamiento (m)	arb/ha	Espaciamiento (m)
A ₀	B ₀	1.000	3,2	1.000	3.2
	B ₁	1.000	3,2	750	3.7
	B ₂	1.000	3,2	500	4.5
A ₁	B ₀	750	3,7	750	3.7
	B ₁	750	3,7	563	4.2
	B ₂	750	3,7	375	5.2
A ₂	B ₀	500	4,5	500	4.5
	B ₁	500	4,5	375	5.2
	B ₂	500	4,5	250	6.3

FUENTE: Grosse (1999a).

Grosse (1999a) concluyó que en la medida que baja la densidad, los árboles remanentes crecen más en diámetro y volumen. Un año después de la intervención correctiva, los árboles incrementaron en diámetro en 1,3; 1,5 y 1,5 cm respectivamente para cada nivel de densidad inicial. Posterior al segundo raleo (1995), los extremos de 1.000 y 250 arb/ha lograron incrementos diamétricos de 1 y 2,4 cm/año respectivamente (Cuadro 10), vale decir, en la situación de 250 arb/ha el diámetro incrementó un 58% más.

CUADRO 10. Incremento medio anual en diámetro por tratamiento.

TRATAMIENTO		INCREMENTO ANUAL EN DAP (cm)				
		91-90	92-91	93-92	95-93	99-95
A ₀	B ₀	1,3	1,9	1,5	1,3	1,0
	B ₁	1,4	1,7	1,6	1,4	1,5
	B ₂	1,3	1,7	1,5	1,3	1,9
A ₁	B ₀	1,4	2,0	1,5	1,6	1,2
	B ₁	1,6	1,9	1,7	1,8	1,7
	B ₂	1,3	1,8	1,8	1,8	2,0
A ₂	B ₀	1,4	2,1	2,0	2,2	1,5
	B ₁	1,7	2,0	2,0	1,9	1,8
	B ₂	1,4	2,2	2,2	2,0	2,4

FUENTE: Grosse (1999b).

INFOR (1996), evaluando respuestas de raleo en plantaciones de Pino Oregón en la XI Región de Aysén, observó diferencias en cuanto al porcentaje de incremento en sus diámetros y áreas basales promedios. Esto se puede atribuir a las diferencias de edad de los rodales al momento de ser intervenidos, lo que hace suponer que intervenciones más tempranas, a los 13 años, producen una mayor respuesta en crecimiento que intervenciones a los 23 años.

2.3 Mercado de la especie

Sin duda, Pino Oregón posee un gran reconocimiento en el mercado internacional, debido a la calidad y gran variedad de usos que posee su madera. Ésta tiene excelentes cualidades tecnológicas, incluso cuando el árbol ha crecido rápidamente, dentro de las cuales destaca la excelente durabilidad que presenta para resistir ataques de hongos e insectos. (Pérez, 1982).

El secado al aire se realiza con facilidad, sin que se produzcan deformaciones. En Europa, donde el nivel de corta es importante, la transformación de la madera de Pino Oregón se realiza por procesos de aserrado y debobinado, principalmente. La madera aserrada se destina a las industrias de carpintería y de ebanistería, para las que tiene excelentes aptitudes (Aguirre, 1998).

En Francia, el debobinado de Pino Oregón se realiza sin dificultad, habiéndose desarrollado técnicas de encolado adecuadas para producir tableros de contrachapado. La chapa obtenida tiene un aspecto estético aceptable para los consumidores, si bien este mejora cuando se usa madera procedente de Norteamérica y con anillos de crecimiento bastante próximos (Iñiguez, 1997).

En relación a esto, estudios realizados por Pérez (1982) y Díaz-Vaz *et al.* (1988), demostraron que en Villarrica y en la costa de la Provincia de Valdivia, Pino Oregón posee características anatómicas y propiedades fisicomecánicas de gran similitud a las presentadas por la especie creciendo en Estados Unidos, lo que es un buen indicio de las potencialidades que tiene *Pseudotsuga menziesii* en nuestro país, siempre que se desarrolle en un sitio de buena calidad.

Sin embargo, es importante seguir investigando estos aspectos en las zonas donde se ha introducido la especie, ya que como consecuencia de una adaptación al hábitat, podría existir variaciones en algunas características de la madera. Esto puede influir en algunas perspectivas de utilización que tiene la madera de Pino Oregón y probablemente será necesario producir algunas variaciones en los procesos de manufacturación, en relación a los tratamientos que recibe esta especie en su lugar de origen (Juacida *et al.*, 1986).

En Estados Unidos, el uso comercial de *Pseudotsuga menziesii* esta orientado hacia la producción de madera estructural y para la fabricación de tableros, durmientes, pilotes, soportes para minas, cercos, cajas, pisos, muebles, barcos, botes, carros de ferrocarril, escaleras y barriles, entre otros (Grosse, 1996).

Esto demuestra que nuestro país aún no ha desarrollado una diversificación de productos para ofrecer en los mercados nacionales e internacionales, ya que cerca de un 20% del total de exportaciones de Pino Oregón corresponde a madera aserrada. Sin embargo, desde hace un tiempo atrás se observa una tendencia positiva en la exportación de productos de mayor valor agregado, principalmente partes y piezas de cómodas, veladores, camas y cunas (CONAF, 1997; INFOR-CONAF, 1998)

Como se puede apreciar, Pino Oregón es una especie altamente apreciada en el mercado internacional. En EE.UU., los precios internos y de exportación de madera aserrada muestran un aumento en los últimos años (Cuadros 11 y 12).

CUADRO 11. Precios internos para madera aserrada de Pino Oregón (US\$/m³).

AÑO	SELECCIÓN C*	ESTRUCTURAL **
1982	275	120
1984	292	106
1986	308	102
1988	393	126
1990	524	129
1993	507	217

Fuente: Warren (1994; citado por Delmastro, 1997).

* : madera de buena calidad.

** : madera de calidad media.

CUADRO 12. Precios de exportación para tablones de Pino Oregón (US\$/ m³).

PAIS DESTINO	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Argentina	108	109	191	143	163	178
Rep. Dominicana	96	106	106	106	140	139
Japón	--	154	171	166	223	209
Reino Unido	106	128	129	140	146	194
Bélgica	--	138	95	--	276	--
España	107	--	118	--	--	--

Fuente: Cabrera (1994; citado por Grosse, 1996).

Sin embargo, las restricciones a las cortas en los bosques fiscales de la costa oeste de EE.UU., dispuestas a partir de 1992, para proteger a la lechuza moteada y otras especies en peligro de extinción, disminuyeron la disponibilidad de rollizos de grandes dimensiones de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) y pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) para la producción de aserrados y molduras y para las exportaciones de rollizos al mercado asiático (Aguirre, 1998).

Este acotamiento de la producción de rollizos en la Costa Oeste posibilitó el crecimiento de la participación en el mercado de aserrados para la construcción de la madera de los pinos amarillos del sur (Southern Yellow Pine, SYP), grupo de especies integrado, entre otras por *Pinus elliotii* y *P. Taeda* y de las

importaciones de madera aserrada de pino desde el Caribe, Nueva Zelanda, Chile y Brasil (Aguirre, 1998).

En nuestro país, el producto más importante por su permanencia en el mercado y montos de retorno es la madera aserrada (INFOR-CONAF, 1998). Este producto es el único que se exporta en forma continua (26,5 Mm³/año), alcanzando un valor comercial mucho más interesante que Pino radiata (Cuadro 13).

CUADRO 13. Precios de exportación para madera aserrada de P. Oregón y P. Radiata.

Año	Precios (US\$ FOB/m ³)		Sobreprecio (%) P. Oregón
	P. Oregón	P. Radiata	
1982	85	101	-19
1983	97	85	12
1984	102	79	23
1985	92	74	20
1986	83	76	8
1987	92	87	5
1988	103	106	-3
1989	106	109	-3
1990	129	126	2
1991	143	137	4
1992	148	133	10
1993	165	178	-8
1994	174	163	6
1995	201	150	25
1° S. 96	218	168	23

Fuente: INFOR (1996; citado por Cabrera, 1996).

Dadas las características económicas anteriormente descritas, Pino Oregón debería consolidarse como una de las alternativas de mayor importancia en materia de plantaciones exóticas.

3. MATERIAL Y METODO

3.1 Material.

Para el desarrollo de este estudio se utilizó información de cinco rodales de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco pertenecientes a la empresa Forestal Voipir Ltda. Estas plantaciones se encuentran ubicadas a 5 kilómetros de la ribera suroeste del Lago Villarrica ($72^{\circ}15'$ longitud oeste y $39^{\circ}20'$ latitud sur), en la Provincia de Cautín, Novena Región de la Araucanía (Figura 3).

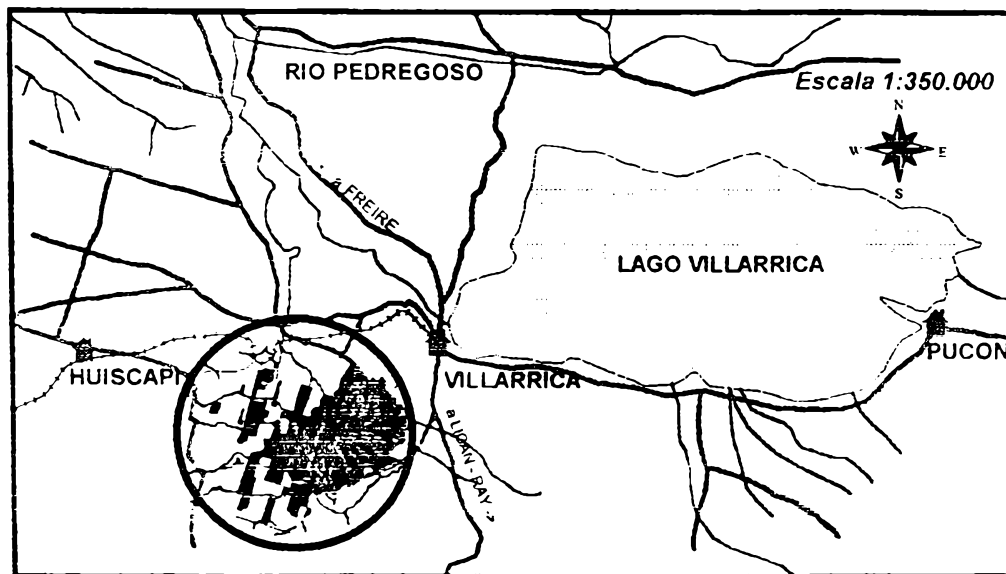


FIGURA 3. Ubicación de la zona de estudio.

3.1.1 Características climáticas.

Las lluvias se distribuyen a través de todo el año, concentrándose en los meses invernales. Como media anual se puede esperar 2.000 a 3.000 mm. En algunos años también puede producirse sequía durante el mes de febrero. La presencia de nieve es escasa y se concentra solo en las partes más altas.

Las temperaturas medias del mes más cálido y del más frío, son de 20° y 5°C respectivamente. En términos generales se puede decir que las condiciones climáticas del sector Villarrica, especialmente en lo referido a las temperaturas, favorecen el crecimiento de Pino oregón en relación a su área de origen (Fowells, 1965).

3.1.2 Características de suelo.

Los suelos son formados a partir de cenizas volcánicas y son abundantes en materia orgánica, por lo cual tienen una alta capacidad de retención de agua y una buena permeabilidad (Peralta, 1976).

Algunas áreas plantadas actualmente y ocupadas anteriormente por la agricultura o la ganadería intensiva, incluyendo las quemadas como instrumento de habilitación de terrenos, disminuyeron sus niveles naturales de nitrógeno y fósforo, aumentando la relación Carbono-Nitrógeno. Esto puede producir bajas en el rendimiento de los árboles (Bucarey, 1963).

3.1.3 Reseña histórica de las plantaciones realizadas en el Fundo Voipir.

La forestación del fundo Voipir comenzó alrededor de los años 50, y se realizó debido a que el rendimiento agrícola del predio fué cada vez menor. Llegando incluso a ser nulo en algunos sectores.

La ayuda y asesoramiento por parte de expertos foráneos fue escasa, por lo que en los primeros años el resultado no fue el que se esperaba. Las primeras plantaciones realizadas fueron de *Pinus radiata*, pero pronto fueron desechadas debido a que fueron afectadas por quiebre de ramas, producto de algunas nevadas.

La forestación con *Pinus sylvestris* en el periodo 1951-1953 no dieron los resultados esperados, debido al ataque de *Lophodermium pinastri*. Las plantaciones de *Pinus caribaea* de los años 1952-54 dejaron de crecer considerablemente después de algunos años, sirviendo, por lo tanto, exclusivamente de protección para las especies forestales plantadas bajo dosel (INFOR, 1965).

Hasta entonces, el Pino Oregón había sido plantado sólo en superficies menores, en mezcla con otras especies y bajo dosel de renuevos de Roble. A partir del año 1955 comenzó una extensiva campaña de forestación con Pino Oregón, convirtiéndose hoy en día en la principal especie que compone el patrimonio de Forestal Voipir.

En cuanto a los manejos silviculturales aplicados a las plantaciones de Pino Oregón, éstos han sido muy variados a través del tiempo. Esto se debe a que la silvicultura de la especie es un tema que recién ha comenzado a investigarse en nuestro país, por lo que las intervenciones de raleo y poda que se realizan sobre los rodales de Forestal Voipir, son de carácter experimental.

Considerando esta situación, se hace indispensable evaluar económicamente la intensidad de la silvicultura aplicada hasta ahora a las plantaciones de Forestal Voipir, lo cual permitirá tener un acercamiento hacia una propuesta más apropiada, orientada a maximizar la renta de la tierra.

3.2 Metodología

3.2.1 Selección de los rodales.

Con el fin de analizar las plantaciones de Pino Oregón manejadas bajo diferentes regímenes silviculturales, se realizó un reconocimiento a los rodales existentes en Forestal Voipir. Para ello, se utilizó un plano a escala 1:10.000 proporcionado por la empresa en conjunto con una base de datos que contiene la siguiente información:

Información de los rodales

- Identificación del rodal
- Superficie.
- Año de Plantación.
- Densidad de Plantación.
- Podas (altura del levante y año de ejecución).
- Raleos (árboles residuales por hectárea y año de ejecución).
- Exposición, pendiente, altitud.

Lo anterior permitió seleccionar cinco rodales (Figura 4), los cuales se encuentran sometidos a distintas intensidades de manejo bajo similares condiciones de sitio, lo cual permitirá realizar comparaciones entre ellos.

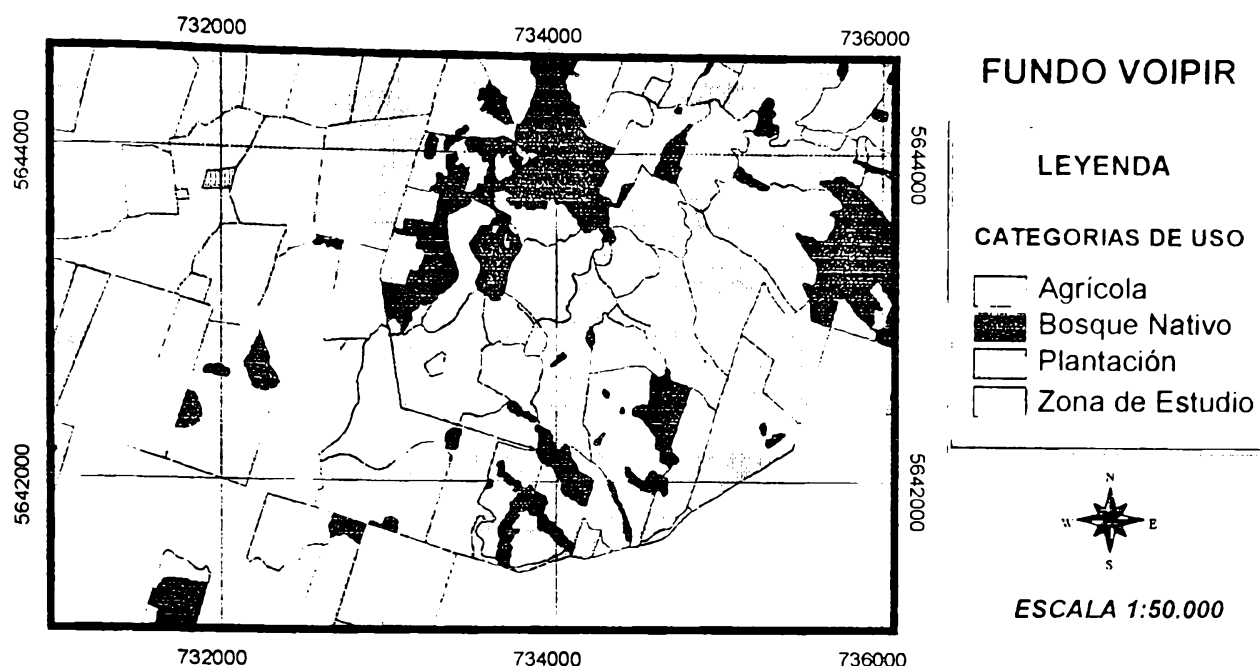


FIGURA 4. Ubicación de los rodales seleccionados en el estudio.

La descripción de éstas plantaciones se presenta en el cuadro 14 .

CUADRO 14. Descripción básica de los rodales de Pino Oregon estudiados en Forestal Voipir Ltda.

Rodal	Nombre	Edad (años)	Superficie (ha)	Exposición
1	Frente Casa Doroteo	47	14,5	Sur
2	Sobre Hijuela Ortiz	45	6,5	Sur
3	Altos, Casa Vieja Ribera	37	15,8	Sur
4	Hijuela Oporto	24	13,6	Sur
5	Hijuela Barrientos	23	30,3	Sur

Fuente: Sistema de Información Silvícola Forestal Voipir Ltda., (1999).

3.2.2 Obtención y procesamiento de datos.

La proposición de un régimen silvicultural, que tenga como objetivo aumentar la rentabilidad de las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Forestal Voipir, requiere de una evaluación de los esquemas de manejo que han sido aplicados a las plantaciones adultas existentes.

3.2.2.1 Inventario Forestal

La información de las variables de estado de los cinco rodales, se obtuvo mediante un muestreo del tipo aleatorio simple. Como unidad muestral, se utilizaron parcelas temporales de 500 m² (20 m X 25 m).

Se realizó un total de 24 parcelas para el conjunto de rodales estudiados, dentro de las cuales se registraron las siguientes variables:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los individuos de la parcela.
- Altura total de 4 a 6 árboles por parcela, considerando individuos de las distintas clases diamétricas.
- Altura de poda.
- Descripción de la calidad de los individuos.

3.2.2.2 Estimación de alturas totales.

Sobre una muestra de 227 los árboles de cada parcela, se ajustó un modelo no lineal para estimar la altura por clase diamétrica en las tablas de rodal.

Los estadígrafos utilizados para elegir el mejor modelo fueron el Coeficiente de Correlación (r^2); el Error Cuadrático Medio, expresado en porcentaje (ECM%); y la Diferencia Agregada porcentual (DIFA%). Además se realizó un análisis gráfico de los valores estimados versus los valores observados, y de los residuos para verificar que la nube de puntos se distribuyera homogéneamente a ambos lados del valor de la ordenada cero.

3.2.2.3 Análisis de tarugos de incremento.

Se extrajeron tarugos de incremento en los cinco rodales bajo estudio con el objetivo de:

- a) Proyectar las distribuciones diamétricas a distintas edades para los rodales adultos, con lo cual se logró una predicción de rendimiento por tipo de producto para una posterior evaluación económica de éstas plantaciones.
- b) Estimar crecimientos en diámetro posterior a intervenciones de raleo, considerando el manejo histórico de los rodales, información útil para realizar proyecciones de crecimiento posterior a este tipo de intervenciones.

La extracción de los tarugos se realizó en un total de 20 parcelas, seleccionando individuos de las distintas clases diamétricas que componen cada rodal. Con esto se pretendió capturar la variabilidad en incremento diametral que existe dentro de cada rodal, de manera que las proyecciones realizadas en base a ésta información sean lo más realista posible.

En cuanto al procesamiento de los tarugos de incremento, éstos fueron montados en molduras de madera y posteriormente lijados de acuerdo a los procedimientos propuestos por Stokes y Smiley (1968). Las mediciones de las cronologías se realizaron mediante el uso del programa MEDIR.

3.2.2.4 Determinación de rendimiento por tipo de producto.

Con una muestra de 15 árboles, provenientes de un raleo comercial realizado a una plantación de 40 años, se ajustó un modelo de ahusamiento. Este modelo permite establecer una relación funcional que usa como variable dependiente el

diámetro del fuste a cualquier altura desde el nivel del suelo y como variables independientes, variables de estado del árbol que son fáciles de obtener (Pera, 1982).

A su vez, el modelo de ahusamiento puede ser empleado para el cálculo de volúmenes entre secciones del fuste, bajo cualquier especificación tanto de longitud de las trozas como respecto a diámetros límites (Pera, 1982).

Para evaluar el modelo se determinó el Coeficiente de Correlación (R^2); el Error Cuadrático Medio, expresado en porcentaje (ECM%); y la Diferencia Agregada porcentual (DIFA%). Además se realizó un análisis gráfico que muestra el comportamiento de los valores estimados versus los valores observados, y de los residuos para verificar que la nube de puntos se distribuyera homogéneamente a ambos lados del valor de la ordenada cero.

Se simuló el trozado de los árboles por clase diamétrica, considerando las características del trozo (diámetros límites, longitud, con o sin poda) y el valor del producto (se asignaron de mayor a menor valor).

Con el modelo de ahusamiento se obtuvieron las alturas a las cuales se encuentran los diámetros límites de los diferentes productos, y de acuerdo al largo comercial se determinó el número de trozas por producto. Luego, se ubicaron las trozas con la fórmula de NEWTON, y así se obtuvo el volumen por producto para cada rodal.

Para la obtención de volúmenes por tipo de productos, se asumió que no existen pérdidas por problemas de sanidad vegetal. Lo anterior se ve confirmado por la baja proporción de rechazo de trozos en aserradero por

problemas sanitarios¹. Además, se realizó una prospección en terreno, donde se constató que no más de un 5% de los individuos de las parcelas presentaban algún tipo de problema sanitario, afectando generalmente la segunda o tercera troza.

La proyección de las distribuciones diamétricas se realizó mediante el Método de Reynolds, el cual asume los siguientes supuestos básicos (Latorre y Pera, 1979):

1. La distribución de los árboles en las clases diamétricas, es homogénea.
2. Todos los árboles de una clase, se mueven en masa a clases superiores. Cada árbol crece a una tasa de crecimiento medio de la clase (el incremento periódico es constante para la clase, e igual al del árbol medio).
3. El crecimiento futuro de los árboles es igual al crecimiento pasado.

La información de crecimiento en diámetro por clase diamétrica se obtuvo de los tarugos de incremento. El crecimiento pasado se obtuvo directamente de los tarugos, mientras que el crecimiento futuro se estimó promediando la información de los últimos tres años.

En cuanto a la mortalidad, ésta se consideró nula en el corto plazo, ya que el inventario realizado no registró individuos muertos, lo cual fue confirmado por la administración de la empresa.

¹ Sharman, P. 2000. Administrador de Forestal Voipir. Comunicación personal.

3.2.2.5 Evaluación financiera.

La evaluación financiera corresponde al análisis de los costos e ingresos percibidos durante la rotación de los rodales en estudio. Los costos incluyen actividades como establecimiento de la plantación, manejo y cosecha, mientras que los ingresos corresponden a la venta de los diversos productos de la plantación. Las dimensiones y precios de los productos considerados en la evaluación se obtuvieron de Forestal Voipir.

Con estos datos se construyeron flujos de caja y como indicador de rentabilidad se utilizó el Valor Presente del Suelo (VPS), que corresponde al máximo valor a pagar por un terreno destinado por infinitas rotaciones a una producción de tipo forestal, bajo un determinado esquema de manejo (Davis, 1986; citado por Chacón, 1995).

$$VPS = \frac{VAN * (1 + i)^r}{(1 + i)^r - 1}$$

Donde:

$$VAN : \text{Valor Actual Neto} = \sum_{j=0}^r \frac{(I_j - C_j)}{(1 + i)^j}$$

I_j : Ingresos percibidos al final del año j

C_j : Costos incurridos al final del año j

r : Edad de rotación

i : Tasa de descuento

El VPS es un indicador de rentabilidad propuesto por Faustmann a mediados del siglo pasado (1849) y su uso en el sector forestal se masificó en las primeras décadas del presente siglo al ser utilizada en el avalúo de los suelos forestales en la época en que el gobierno norteamericano expropió tierras

forestales para destinarlas al uso agrícola, por lo que tenía como objetivo, determinar el valor máximo a pagar por aquellos suelos. Sin embargo, con el tiempo, este indicador fue adoptado por los forestales para ser usado como una herramienta para determinar la edad óptima de corta (Salinas, 1995)

Es importante señalar que el Valor Potencial del Suelo (VPS) no es un sinónimo del valor de mercado y no debiera ser usado en ese sentido (Tamm, 1996). Sin embargo, este indicador permite comparar la rentabilidad de regímenes que no poseen la misma longitud de rotación.

Para determinar la rotación que maximice la rentabilidad del cultivo, se calculó el VPS para tres rodales adultos, considerando longitudes de rotación posteriores a la edad de la última intervención. La rotación óptima corresponde a la edad en la cual se maximiza el VPS.

Respecto a la influencia de la densidad final sobre la rentabilidad del cultivo, se utilizará como indicador de rentabilidad el VPS y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que representa la tasa que hace al VAN igual a cero.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se estructuran en función de los objetivos planteados para el estudio. Previo a ello, se discute el modelo de ahusamiento y la función de altura a utilizar.

4.1 Modelo de ahusamiento

El modelo de ahusamiento que se ajustó fue el Modelo de Pérez, el que mostró una alta correlación con los datos. Este modelo fue utilizado por Sáez (1997) para predecir el diámetro y el volumen en Pino Oregón, en la Provincia de Valdivia. La forma general que presenta el modelo es la siguiente:

$$\begin{aligned} \ln(D_i) = & \ln(\alpha) + \beta \cdot \ln(DAP_{cc}) + \delta \cdot \ln(2 - 2\sqrt{H_i/H_t}) \cdot (H_i/H_t)^2 \\ & + \gamma \cdot \ln((H_i/H_t) + 0,001) + \sigma \cdot \ln(2 - 2\sqrt{H_i/H_t}) \cdot (DAP_{cc}/H_t) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Donde:

H_i	=	Altura de la sección "i", (m).
H_t	=	Altura total del árbol desde el suelo, (m).
D_i	=	Diámetro sin corteza medido a la altura H_i , (cm).
DAP_{cc}	=	Diámetro con corteza medido a 1,3 metros desde el suelo, (cm).
$\alpha, \beta, \delta, \gamma, \sigma$	=	Parámetros de la función.

Los parámetros y estadígrafos del ajuste se presentan a continuación junto con los gráficos de residuos y de valores estimados y observados (Figuras 5 y 6).

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{Di}) = & 0,0527345 + 0,84756 \cdot \text{Ln}(\text{DAP}_{\text{cc}}) + 0,6156 \cdot \text{Ln}(2 - 2\sqrt{\text{Hi}/\text{Ht}}) \cdot (\text{Hi}/\text{Ht})^2 \\ & - 0,1276 \cdot \text{Ln}((\text{Hi}/\text{Ht}) + 0,001) + 0,0776557 \cdot \text{Ln}(2 - 2\sqrt{\text{Hi}/\text{Ht}}) \cdot (\text{DAP}_{\text{cc}}/\text{Ht}) \end{aligned}$$

R^2 (%) = 98,3

ECM(%) = 5,15

DIFA(%) = 0,14

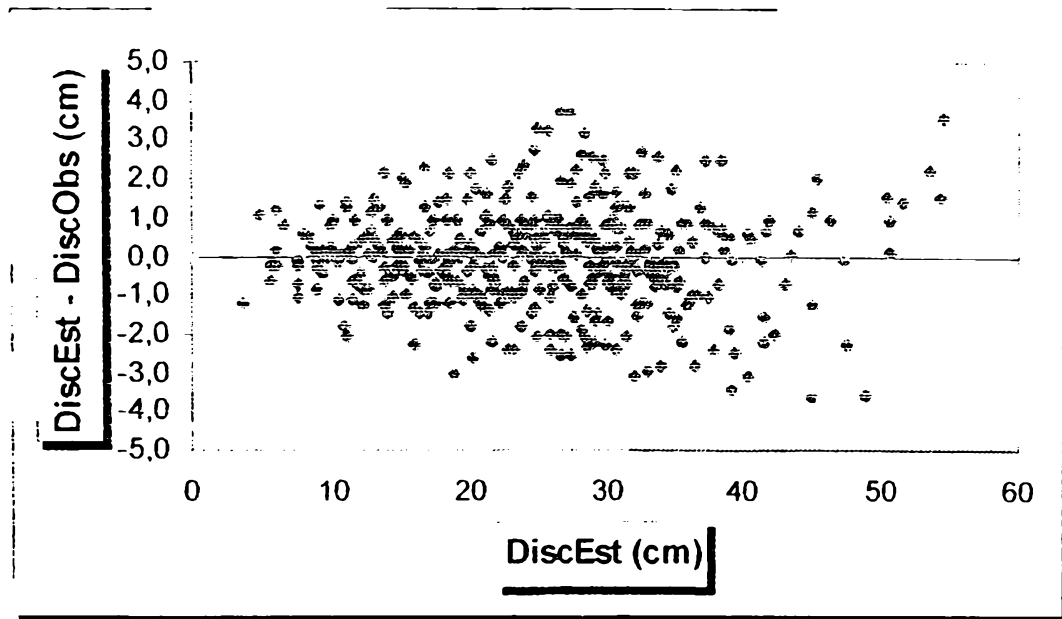


FIGURA 5. Distribución de los residuos para la estimación del diámetro sin corteza medido a la altura H_i .

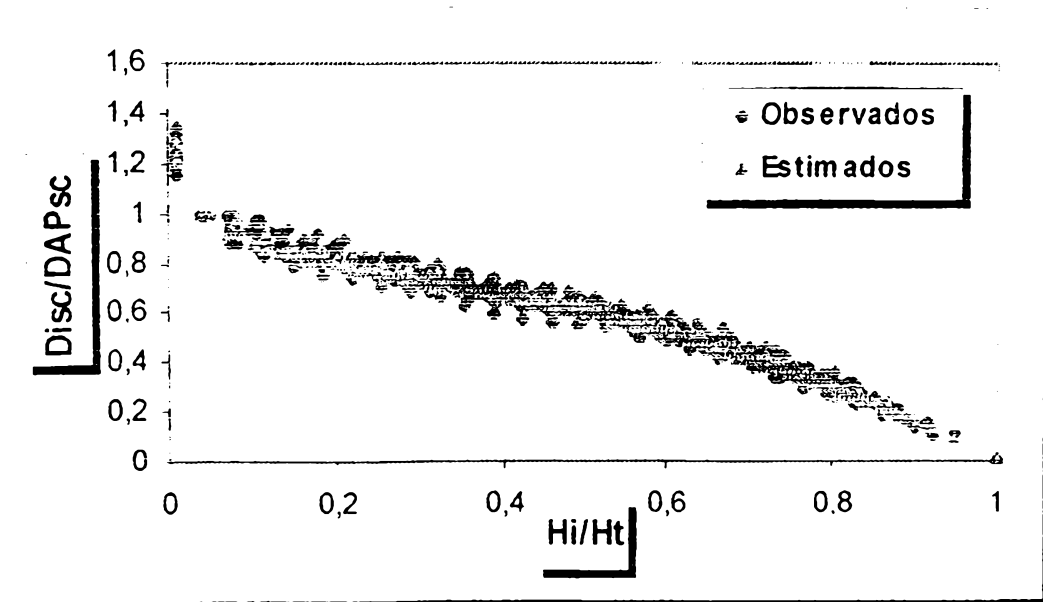


FIGURA 6. Diámetros sin corteza medidos a la altura H_i , en cm.

La figura 6 muestra que el modelo entrega buenas estimaciones respecto a los valores observados, lo cual hace recomendable el uso de esta función para los fines del presente estudio.

4.2 Modelo de altura total.

Con la información de DAP y alturas obtenidos de las parcelas y de algunos rodales colindantes a la zona de estudio, con similares condiciones de sitio, se realizó un gráfico para analizar el comportamiento de éstas variables respecto a la edad de las plantaciones (Figura 7).

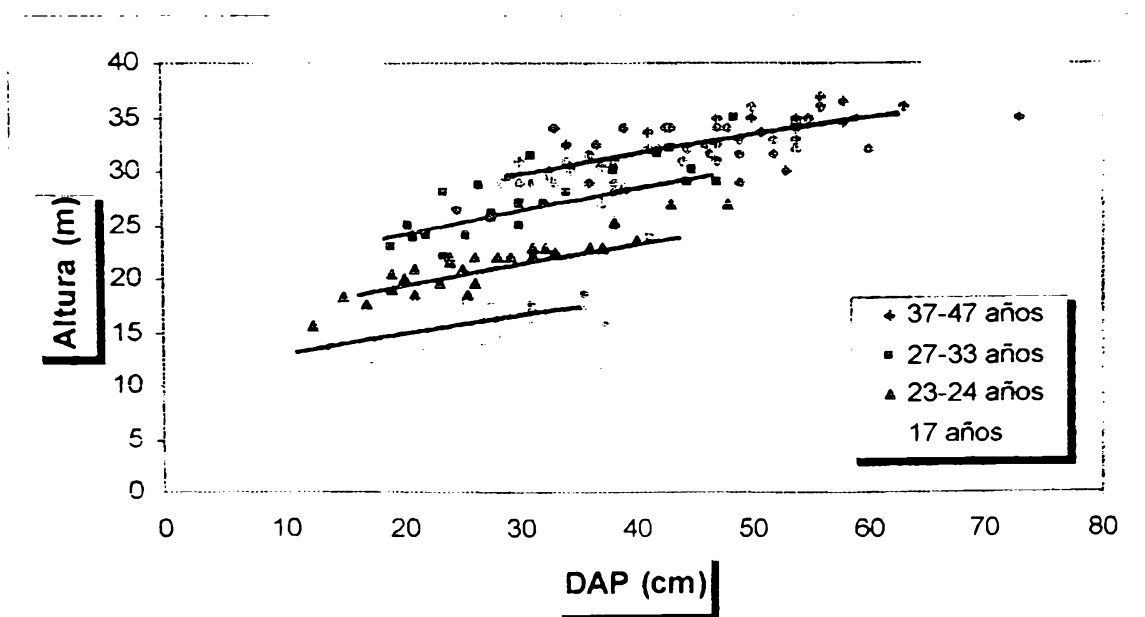


FIGURA 7. Comportamiento del diámetro y la altura para distintos rangos de edad.

Como se puede observar en la figura 7, existe un desplazamiento de la relación altura-diámetro con la edad, por lo que para un mismo valor del DAP se presentan varias alturas distintas.

Esta situación fue igualmente descrita por Curtis (1967), el cual propone utilizar modelos parametrizados con la edad para estimar alturas. El modelo ajustado para la base de datos disponible (227 árboles) corresponde a:

$$Ht = 50,896 * \left(1 - e^{(-0,0075 * DAPCC)}\right)^{0,358} * \left(1 - e^{(-0,148593 * E)}\right)^{7,118} \quad (4.2)$$

Donde:

Ht = Altura total del árbol desde el suelo, (m).

DAPCC = Diámetro con corteza medido a 1,3 metros desde el suelo, (cm).

E = Edad del rodal, en años.

$\alpha, \beta, \delta, \gamma, \sigma$ = Parámetros de la función.

Los estadígrafos del ajuste se presentan a continuación junto con los gráficos de residuos (Figuras 8).

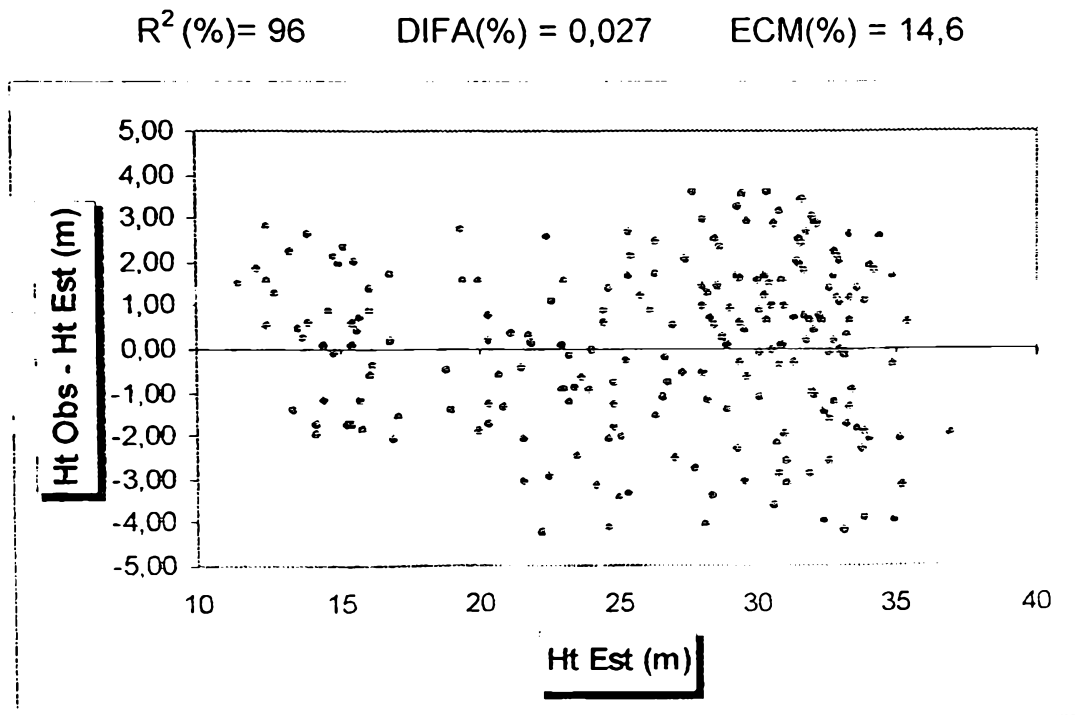


FIGURA 8. Distribución de los residuos para la estimación de la altura total.

De acuerdo a la figura 8, el modelo ajustado permite obtener estimaciones de altura precisas y no sesgadas, situación que coincide con lo planteado por COX (1994; citado por Prodan *et al.*, 1997), el cual señala que un mismo modelo parametrizado puede aplicarse a varios rodales con diferentes edades y manejos, sin una pérdida muy grande de precisión.

4.3 Silvicultura

4.3.1 Silvicultura actual

La silvicultura aplicada en las plantaciones de Pino Oregón en Forestal Voipir ha cambiado a lo largo del tiempo. Esta situación se ve reflejada al comparar los esquemas silviculturales aplicados a rodales plantados desde 1950 en adelante.

El cuadro 15 muestra cinco esquemas silviculturales en rodales de distintas edades, y que permite apreciar las tendencias silvícolas seguidas por Forestal Voipir. Dichos regímenes se presentan estructurados en tres columnas; la primera columna representa la edad de intervención, fundamentalmente de poda y raleo; la segunda columna corresponde al número de árboles por hectárea a lo largo de la rotación; y la tercera columna representa el número de árboles podados y la altura a la cual se realizó dicha poda.

CUADRO 15. Manejo histórico de los rodales de Pino Oregón estudiados.

Rodal 1			Rodal 2			Rodal 3			Rodal 4			Rodal 5		
Año	Densidad (arb/ha)	N° arb. pod/ha h poda (m)	Año	Densidad (arb/ha)	N° arb. pod/ha h poda (m)	Año	Densidad (arb/ha)	N° arb. pod/ha h poda (m)	Año	Densidad (arb/ha)	N° arb. pod/ha h poda (m)	Año	Densidad (arb/ha)	N° arb. pod/ha h poda (m)
0	2.500		0	2.500		0	2.500		0	2.500		0	2.500	
14	1.100					15	1.200	1.000,4	13	900	900,3,5	14	1.120	1.000,3,5
18		450;10	18	1.100	1.100,3,5									
25	450		25		350,10	29		350;14	23		320;12	22		320;12
35	350					30	350							
*47			38	350		*37			*25			*24		
			*45											

Fuente: Sistema de Información Silvícola Forestal Voipir Ltda., 1999. (*)=Edad actual.

Se puede apreciar que la densidad inicial resulta equivalente para todos los regímenes. La administración de Forestal Voipir considera densidades altas de plantación como medio de control temprano de malezas bajo dosel, lo cual coincide con lo señalado por Iñiguez (1997).

En general, los regímenes silviculturales se orientan a la misma densidad final (alrededor de 350 arb/ha), lo que representa una razón de selección de 1:7, es decir, uno de cada siete árboles llega a la cosecha final. La oportunidad de podas y raleos también resulta bastante variable, lo que se debe, principalmente, a que fueron realizadas con fines experimentales. También, en algunos casos, ésta variabilidad en la oportunidad de las intervenciones estuvo influenciada por la falta de caminos para acceder a los rodales, afectando en mayor proporción las intervenciones de raleo comercial, debido a que eran retrasadas porque no era factible realizar la comercialización de los productos obtenidos.

4.3.2 Silvicultura futura

En Forestal Voipir no existe un régimen silvicultural único para el manejo de Pino Oregon. Sin embargo, basado en la continua observación y experimentación, se ha formulado un regimen que plantea el siguiente programa de intervenciones (Cuadro 16):

CUADRO 16. Esquema de manejo teórico formulado por Forestal Voipir.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION GENERAL	AÑO
Preparación del sitio	- Habilitación del terreno mediante roce manual, quema de desechos, cercado.	0
Control de lagomorfos	- Control químico en madrigueras antes de plantar.	
Plantación	- Densidad: 2.273 pl/ha (2 m x 2,2 m). Plantas 2:0 de semillas de árboles mejorados. Uso de azahacha.	
Control de malezas post-plantación	- Desbroce manual.	1, 2 3, 4
Replantación	- Se realiza al perder sobre un 5% de la densidad inicial.	1
Raleo a desecho	- Se dejan 1.000 árboles residuales por hectárea.	11 - 14
Primera poda	- Levante de 4 m a todos los árboles residuales	
Raleo comercial	- Se dejan 650 árboles residuales por hectárea.	22
Segunda poda	- Levante de 8 m (hasta los 12 m) a 300 arb/ha.	
Raleos comerciales	- Extracción de 20% del área basal por intervención.	30, 38, 46
	- Quedan 45 m ² de área basal después de cada raleo.	54, 62
Cosecha	- Tala rasa aplicada a una densidad final de 200 arb/ha.	70

Fuente: Sharman (2000).

Según la administración, el esquema propuesto se encuentra orientado a producir trozas de gran dimensión, lo cual permitirá competir de mejor forma en los mercados internacionales.

El régimen silvicultural presenta algunas modificaciones importantes respecto a los manejos iniciales propuestos por Forestal Voipir. Las intervenciones de raleo se realizan a una edad más temprana, permitiendo potenciar el crecimiento de los árboles remanentes. cuando éstos aún tienen buena capacidad de respuesta en crecimiento. Las podas también se realizan a temprana edad, con lo que se pretende obtener un mayor porcentaje de productos con nudos vivos, además de disminuir el tamaño de las heridas producto de la intervención.

En general las mejoras propuestas por Forestal Voipir apuntan a obtener un producto de mayores dimensiones y de mejor calidad. Sin embargo, hasta ahora, no se ha realizado una evaluación económica a los regímenes silviculturales aplicados, por lo que se desconoce hasta qué punto es rentable la silvicultura actual, y menos aún la futura.

4.4 Rendimientos por tipo de producto.

Para los tres rodales de mayor edad, se estimó el volumen total y por tipo de producto. Los productos considerados son trozas de remanufactura, trozas aserrables y trozas de menores dimensiones destinadas a otros usos como polines o leña. Las trozas para remanufactura son trozas aserrables con una alta proporción de nudos vivos, las cuales se orientan a la producción de partes y piezas de muebles; y madera elaborada de alta calidad.

Las dimensiones y precios de las trozas utilizadas para obtener cada uno de dichos productos se especifican en el cuadro 17.

CUADRO 17. Especificación de productos y precios medios (trozas orilla de camino).

Tipo de Troza	Diám. Min. (cm)	Diám. Máx. (cm)	Largo (m)	Precio (\$/m ³)	Poda	Posición de la troza
Polines (P)	8	16	2,44	5.500	s/p	---
Aserrable (ASE1)	16	---	2,50	16.000	s/p	---
Aserrable (ASE2)	18	---	3,21	19.900	s/p	---
Aserrable (ASE3)	20	---	3,66	23.500	s/p	---
Aserrable (ASE4)	22	---	4,27	25.900	s/p	---
Aserrable (ASE5)	25	---	5,00	28.800	s/p	---
Aserrable (ASE6)	30	---	7,00	31.500	s/p	---
Remanufactura (REM1)	25	---	5,00	34.600	c/p	1-2
Remanufactura (REM2)	30	---	7,00	38.000	c/p	1

Fuente: Sharman (2000).

Los rendimientos por tipo de producto se estimaron para la edad actual basado en las distribuciones diamétricas y la función de ahusamiento. También se restituyó ésta información para un rango de edad entre 30 y 50 años basado en

tarugos de incremento y el método de Reynolds (Anexos 1 y 2). El resumen de la información, considerando una agregación de productos, se presenta en el cuadro 18.

CUADRO 18. Proyección de volúmenes por rodal según edad.

TIPOS DE PRODUCTOS	VOLUMEN POR RODAL (m ³ /ha) SEGUN EDAD										
	36 años		39 años			45 años			50 años		
	R1	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
REM 1-2	145	235	189	261	279	261	305	338	309	342	375
ASE 5-6	31	92	52	125	159	89	185	229	176	257	288
ASE 1-4	179	145	175	122	124	161	115	117	137	104	105
Polines, leña	36	27	30	24	25	29	24	25	25	21	24
TOTAL	391	499	446	532	587	540	629	709	647	724	792

En el Rodal 1, se observa que a los 36 años el volumen REM 1-2 alcanza un 37% del volumen total, aumentando paulatinamente a un 42% en el año 39, para posteriormente mantenerse en un 48% en los años 45 y 50 (Figura 9).

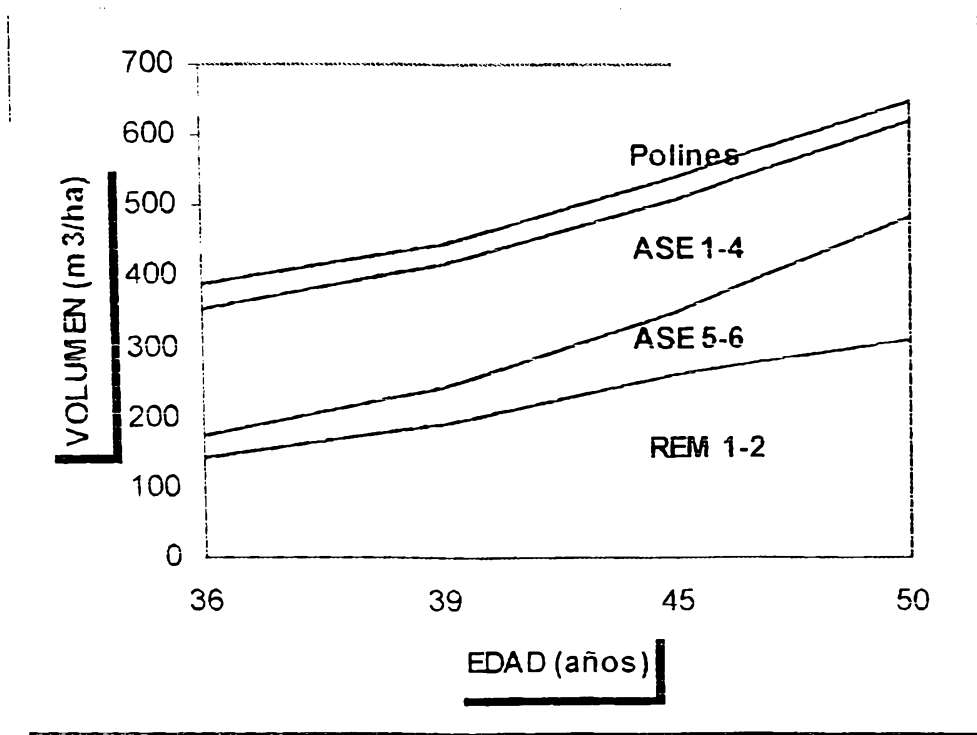


FIGURA 9. Volúmenes por tipo de producto para el Rodal 1.

Los productos ASE 5-6 representan solo un 8% del volumen total en el año 36, aumentando significativamente su participación a un 27% en el año 50. El volumen de ASE 1-4 corresponde a un 46% del volumen total a los 36 años de edad, decreciendo a un 39, 30 y 21% durante los años 39, 45 y 50, respectivamente.

En el Rodal 2, el volumen REM 1-2 alcanza un 49% del volumen total, a los 39 años de edad, proporción que permanece constante en los años 45 y 50 (Figura 10).

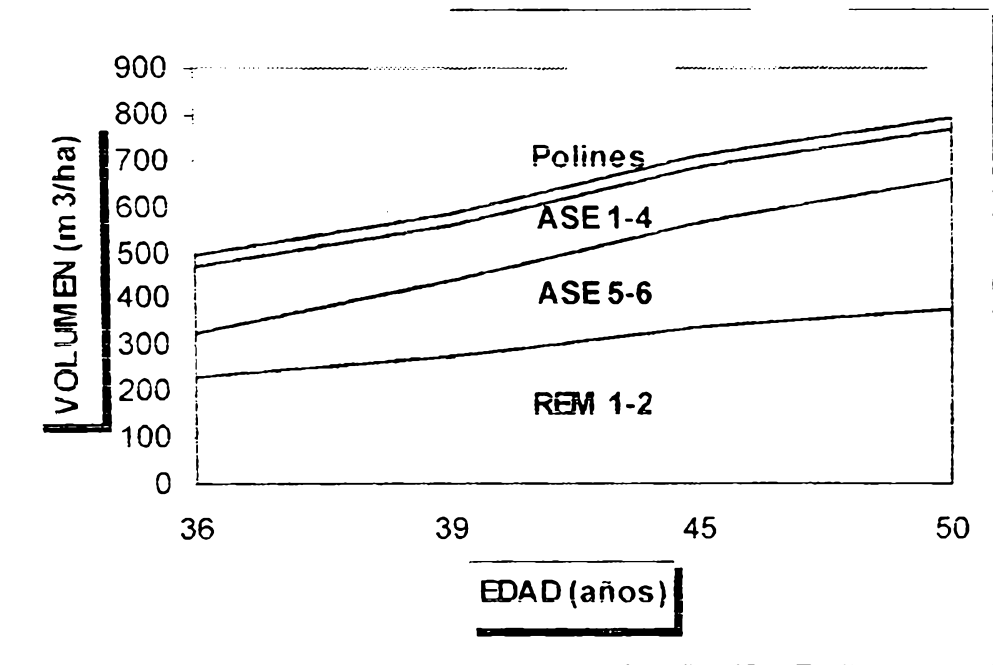


FIGURA 10. Volúmenes por tipo de producto para el Rodal 2.

Los productos ASE 5-6 representan un 23% del volumen total en el año 39, aumentando a un 35% en el año 50. El volumen de ASE 1-4 corresponde a un 23% del volumen total a los 39 años de edad, decreciendo a un 18 y 14% durante los años 45 y 50, respectivamente.

El Rodal 3, si bien posee un mayor volumen total respecto a las plantaciones analizadas anteriormente, las proporciones de producto son similares a las

obtenidas en el Rodal 2. A los 36 años, el volumen REM 1-2 corresponde a un 47% del volumen total, proporción que permanece relativamente constante en los años 39, 45 y 50, respectivamente (Figura 11).

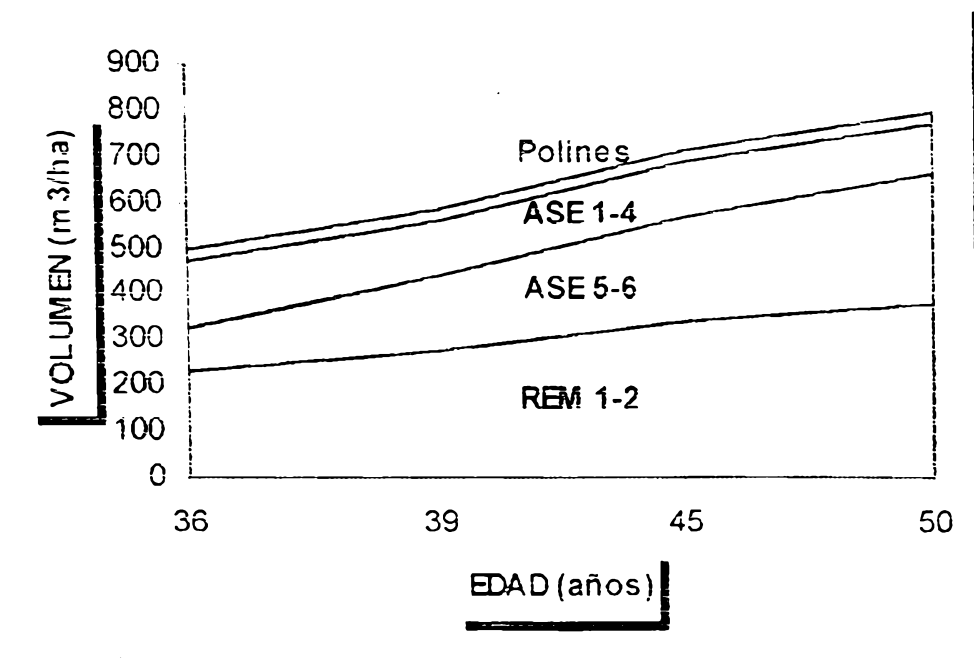


FIGURA 11. Volúmenes por tipo de producto para el Rodal 3.

Los productos ASE 5-6 representan un 27% del volumen total en el año 36, aumentando a un 36% en el año 50. El volumen de ASE 1-4 corresponde a un 21% del volumen total a los 36 años de edad, decreciendo a un 21, 17 y 13% durante los años 39, 45 y 50, respectivamente.

En el cuadro 19 se puede observar como varían las proporciones de productos, al analizar los tres rodales estudiados, a distintas edades.

CUADRO 19. Rangos de proporción de productos para distintas edades, considerando los tres rodales en estudio.

Tipos de productos	Proporción de productos (%)			
	año 36	año 39	año 45	año 50
REM 1-2	[37-47]	[42-49]	[47-48]	[47-48]
ASE 5-6	[8 - 27]	[12-27]	[16-32]	[27-36]
ASE 1-4	[21-46]	[21-39]	[17-30]	[15-21]
Polines. leña	[4 - 9]	[4 - 7]	[4 - 5]	[3 - 4]

Se puede apreciar que los productos de mayores dimensiones (sobre 25 cm de diámetro) tienen una mayor participación a medida que aumenta la edad de los rodales, mientras que productos de menores diámetros límite tienden a disminuir a través del tiempo. Esto se debe a que los rodales presentan una alta intensidad silvícola, por lo cual existe una tendencia de los productos de menores dimensiones a decrecer con la edad.

4.5 Influencia de la longitud de la rotación sobre la rentabilidad del cultivo.

Los casos planteados anteriormente fueron evaluados desde la perspectiva financiera, para analizar la influencia de la longitud de rotación de Pino Oregón sobre la rentabilidad del cultivo. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

4.5.1 Costos de la silvicultura actual

Las distintas alternativas de manejo aplicadas en Forestal Voipir poseen costos similares durante los primeros 5 años, debido a que durante este periodo se realizan las mismas actividades en cada uno de ellos (Cuadro 20). Posteriormente, cada régimen silvicultural posee su propia intensidad silvícola.

CUADRO 20. Resumen de costos incurridos en los distintos regímenes silviculturales analizados (cifras en miles de pesos).

ACTIVIDADES	COSTOS					
	RODAL 1		RODAL 2		RODAL 3	
	Año	(M\$/ha)	Año	(M\$/ha)	Año	(M\$/ha)
1. Preparación del sitio	0	236	0	236	0	236
2. Plantación	0	296	0	296	0	296
3. Control de malezas	1	25	1	25	1	25
4. Control de malezas	2	25	2	25	2	25
5. Control de malezas	3	22	3	22	3	22
6. Control de malezas	4	22	4	22	4	22
7. Control de malezas	5	22	5	22	5	22
8. Raleo a desecho	14	20	18	74	15	62
9. Primera poda	18	166	18	81	15	84
10. Segunda poda	---	---	25	88	29	123
11. Primer raleo comercial	25	340	38	376	30	333
12. Segundo raleo comercial	35	359	---	---	---	---

Cada uno de los regímenes analizados presenta un raleo a desecho, existiendo un aprovechamiento de madera para polines a partir de los 15 años (Cuadro 21).

CUADRO 21. Productos y costos asociados a raleos aplicados en los rodales de estudio.

		RALEO DESECHO			RALEO COMERCIAL 1			RALEO COMERCIAL 2
RODAL		1	2	3	1	2	3	1
Año		14	18	15	25	38	30	35
m ³ /ha	Polines	---	65	55	60	57	62	72
	Aserrable	---	---	---	122	140	118	125
	TOTAL	---	65	55	182	197	180	197
COSTOS (M\$/ha)		20	74	62	340	376	333	359

También se aprecia que los raleos comerciales permiten obtener alrededor de 180 a 200 m³/ha, lo que involucra un costo para la actividad de 332 a 376

M\$/ha, de acuerdo a las tarifas que tiene Forestal Voipir para este tipo de faenas (Anexo 3).

En lo referente a podas, la altura de los levantes y la cantidad de árboles podados por hectárea varía para cada situación analizada, influyendo directamente en los costos incurridos en la actividad (Cuadro 22).

CUADRO 22. Costos de poda de los regímenes silviculturales en estudio.

	PRIMERA PODA			SEGUNDA PODA			
	RODAL 1	RODAL 2	RODAL 3	RODAL 1	RODAL 2	RODAL 3	
Año	18	18	15	—	25	29	
Altura de poda (m)	10	3,5	4	—	10	14	
N° arb/ha podados	450	1.100	1.000	—	350	350	
COSTOS	(M\$/ha)	166	81	84	—	88	123
	(\$/arb)	369	74	84	—	251	350

Al comparar los diferentes regímenes, se puede apreciar que los costos totales de poda fluctúan de 166 a 207 M\$/ha. Los menores costos se presentan en la alternativa de manejo realizada en el rodal 1, debido a que se realizó una poda (hasta los 10 m), considerando solo aquellos individuos destinados a una cosecha final.

En los rodales 2 y 3 se realizaron dos intervenciones de poda, a una cantidad similar de individuos en cada una de ellas. Sin embargo, los costos del rodal 3 son mayores en un 18% respecto al rodal 2, lo cual se explica principalmente por la altura de poda practicada, ya que el rodal 3 fue podado hasta una altura de 14 m, mientras que el rodal 2 fue intervenido hasta una altura de 10 m. Esto implica que cada metro adicional podado sobre los 10 m para el rodal 3, tiene un costo de 8.700 \$/ha y 25 \$/árbol, aproximadamente.

4.5.2 Análisis de la longitud de rotación

Para ilustrar el efecto de la longitud de rotación sobre la rentabilidad del cultivo, se analizaron los rodales 1, 2 y 3; considerando períodos de tiempo posteriores a la edad de la última intervención. Los indicadores de rentabilidad y la estructura del flujo de caja utilizado en la evaluación se presentan con más detalle en los anexos 4 y 5, respectivamente.

La figura 12 muestra, para el Rodal 1, la evolución del VPS a través del tiempo, considerando una tasa de descuento del 8%. Se puede apreciar que a los 36 años la rentabilidad es de 230 M\$/ha, para luego decrecer en los años siguientes. Por lo tanto, para el esquema de manejo practicado en el Rodal 1, la edad en que se obtiene el mayor VPS con una tasa de descuento del 8% ocurre antes de los 36 años de edad.

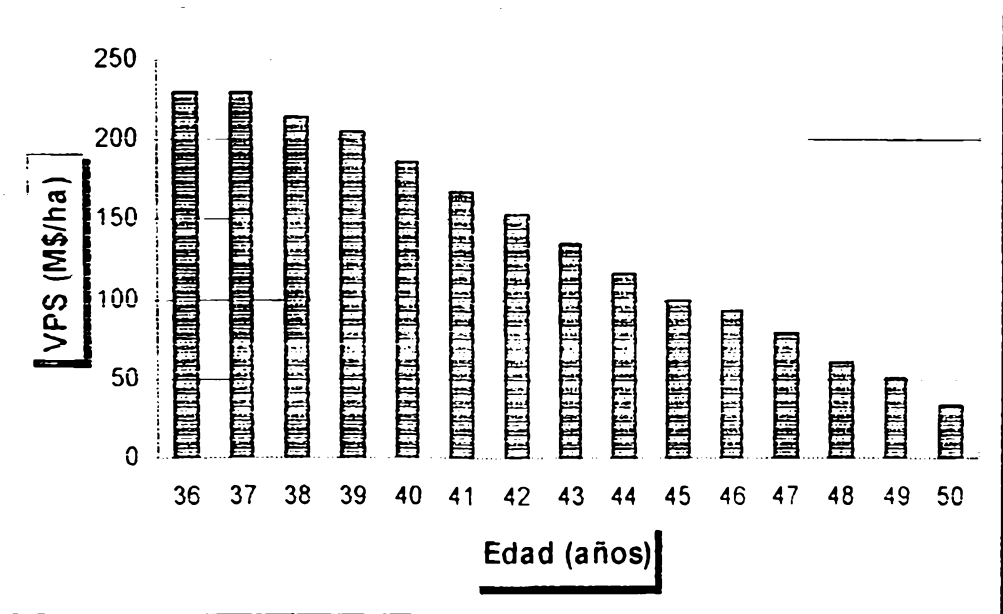


FIGURA 12. Evolución del VPS (8%) a través del tiempo para el rodal 1.

La figura 13 muestra, para el Rodal 2, la tendencia del VPS a través del tiempo, considerando una tasa de descuento del 8%. El VPS a los 39 años es de 79 M\$/ha, disminuyendo notoriamente la rentabilidad en los años siguientes, alcanzando valores negativos a partir del año 42.

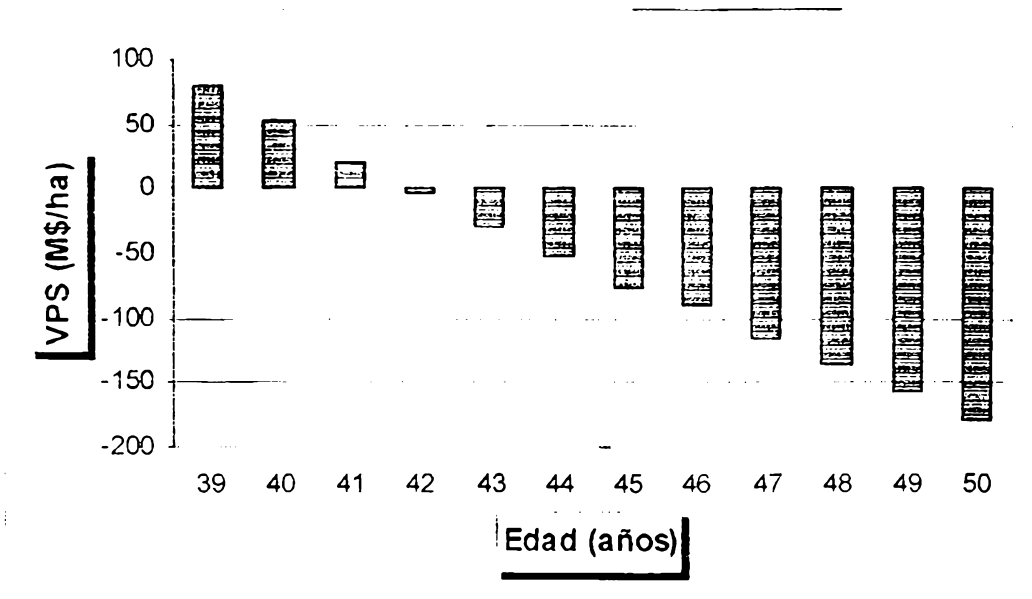


FIGURA 13. Evolución del VPS (8%) a través del tiempo para el rodal 2.

Esta situación muestra que la edad de rotación financiera, para el régimen silvicultural aplicado en el Rodal 2, considerando una tasa de descuento del 8%, se alcanza antes de los 39 años de edad.

La figura 14 muestra para el Rodal 3 la tendencia del VPS bajo el tercer régimen silvicultural analizado y una tasa de descuento del 8%. El VPS a los 31 años corresponde a 360 M\$/ha, descendiendo alrededor de un 5% anual hasta el año 34, para posteriormente disminuir hasta tomar valores negativos a partir del año 49.

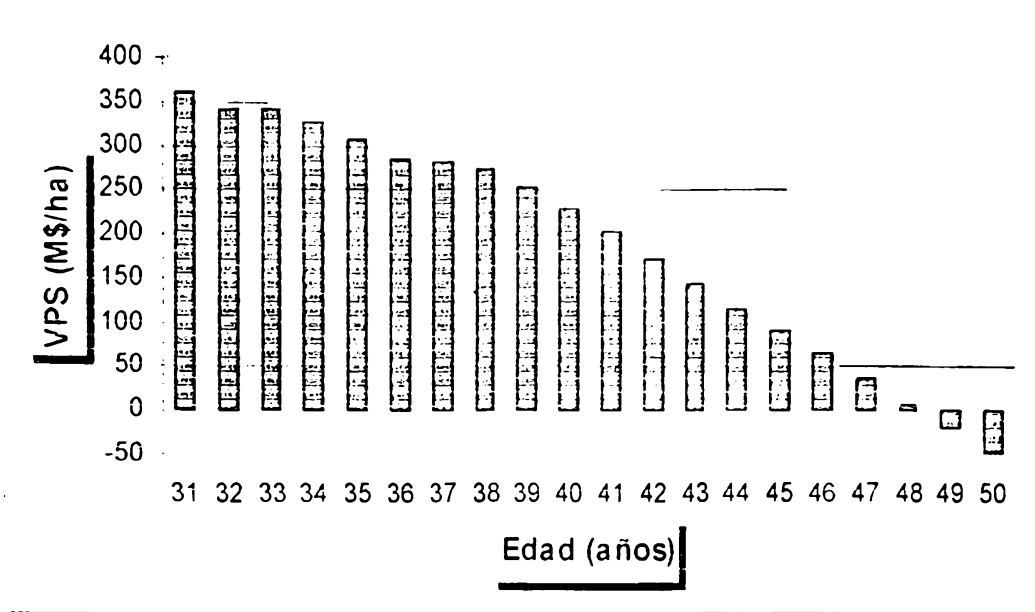


FIGURA 14. Evolución del VPS (8%) a través del tiempo para el rodal 3.

Se aprecia que para el esquema de manejo realizado en el Rodal 3 la máxima rotación financiera ocurre alrededor de los 30 años, considerando una tasa de descuento del 8%.

De acuerdo a los productos actuales, esquemas de manejo aplicados y el efecto de una tasa de descuento de un 8% operando en el sistema, se tiene que la edad de rotación financiera para Pino oregón en Forestal Voipir, se encuentra entre los 30 a 35 años. Esto último indica que dejar en pie un año más el bosque después de la edad óptima, significa dejar de percibir mayores retornos financieros, ya que el aumento en ingresos producto del crecimiento no alcanza a compensar el efecto de la tasa de descuento, por lo que el VPS va decreciendo.

Sin embargo, es importante tener presente que ésta evaluación financiera no considera la relación crecimiento - calidad de la madera, por lo que en un mercado donde ésta condición adquiere relevancia al comercializar los productos, los resultados obtenidos podrían cambiar significativamente.

4.6 Influencia de la densidad final sobre la rentabilidad del cultivo.

Para evaluar la influencia del espaciamiento sobre la rentabilidad, se probaron densidades finales de 500, 450, 400, 350, 300, y 250 arb/ha (considerando una razón de selección de 1:4 a 1:8), de manera de encontrar aquella que proporcionará el mayor retorno económico.

La evaluación de las distintas alternativas se realizó considerando una edad de rotación de 35 años.

4.6.1 Propuesta teórica de un régimen silvicultural considerando algunos antecedentes de parcelas permanentes y temporales.

Se evaluó financieramente el efecto de distintas densidades finales, sobre el siguiente esquema base (Cuadro 23):

CUADRO 23. Esquema de manejo propuesto considerando distintas densidades finales.

Año	Densidad (arb/ha)	Nº arb. pod/ha h poda (m)
0	2.000	
10	1.000	1000; 3,2
15	750	750; 6,0
20	250-500*	250-500*; 7,6
35	C/F	

*. Densidades propuestas para el tercer raleo

Este régimen teórico considera tres raleos y tres podas. Las podas se realizan a temprana edad (entre los 10 y 20 años), con lo cual se asegura obtener un producto de remanufactura sin nudos muertos. En cuanto a la altura de poda, ésta se planificó buscando obtener una troza de 7 m con nudos vivos, que es el producto de mayor valor en el presente estudio. Se plantea podar un 40% de la altura total de los individuos.

Con esta intensidad de poda se pretende evitar un efecto negativo sobre el crecimiento, que de acuerdo a lo señalado por Mitscherlich (1978; citado por Grosse y Kannegiesser, 1988), la reducción de copa viva en un 50% puede significar que el crecimiento en altura disminuya aproximadamente en un 8%, mientras que en diámetro puede reducirse cerca de un 30%.

En cuanto a los raleos, antes de los 20 años se plantea realizar dos intervenciones, dejando un 50 y posteriormente un 75% de los individuos en cada raleo. Finalmente en el año 20 se plantea ejecutar una tercera intervención que definirá la densidad final del régimen silvicultural.

Si bien la decisión de realizar o no un tipo de intervención dependerá del tornador de decisiones, algunas razones que justifican realizar raleos a temprana edad son las siguientes:

- Considerando un análisis de tarugos de incremento de los rodales 4 y 5 (Figura 15), se observa que el momento óptimo para realizar el primer raleo corresponde a la culminación del incremento anual corriente (ICA) a tasas crecientes, lo cual ocurre a los 7 años de edad, y hasta un máximo de 12 años, posterior a lo cual el ICA se hace inferior al IMA (incremento medio anual).

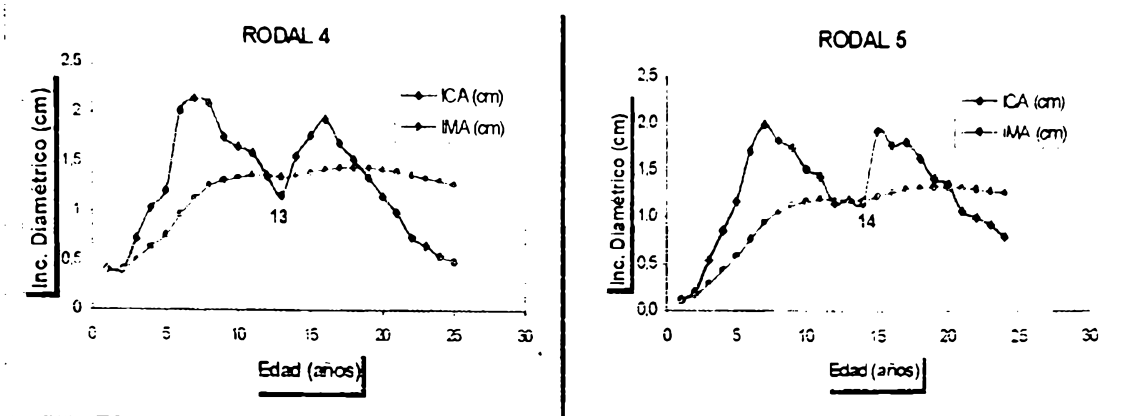


FIGURA 15. Comparación entre el desarrollo del IMA y el ICA para los rodales 4 y 5, hasta la edad actual.

Se considera oportuno intervenir a los 10 años porque, de acuerdo a lo señalado por Forestal Voipir, los árboles ya han expresado sus características de calidad, permitiendo seleccionar de mejor forma los individuos remanentes.

En cuanto a la cantidad de árboles residuales a dejar, la experiencia de la administración señala que 1.000 arb/ha permiten un buen desarrollo y estabilidad del rodal frente a condiciones climáticas adversas, como el viento y nieve.

- Un segundo raleo a los 15 años puede resultar bastante conveniente para estimular el crecimiento en diámetro, ya que de acuerdo a las investigaciones de Grosse (1999a y 1999b), 5 años después de realizada la intervención, el ICA alcanza el mismo valor que el año posterior al raleo (Cuadro 24).

CUADRO 24. Incremento anual en DAP (cm) para un raleo a los 10 años, con una densidad residual de 1.000 arb/ha.

Edad (años)	Densidad (arb/ha)		INCREMENTO ANUAL EN DAP (cm)			
	Antes raleo	Después raleo				
			10-11	11-12	12-13	13-15
10	2.500	1.000	1,3	1,9	1,5	1,3
			1,4	1,7	1,6	1,4
			1,3	1,7	1,5	1,3

Fuente: Grosse, 1999b

Nota: Cada registro corresponde al promedio de tres parcelas permanentes.

- De acuerdo con el análisis de tarugos de incremento de los rodales 5 y 6 (Figura 15) alrededor de los 20 años el ICA se iguala al IMA, después de un raleo realizado entre los 13 a 14 años. Esta misma situación la podemos observar en el Rodal 3, donde se realizó un raleo al año 15 (figura 16).

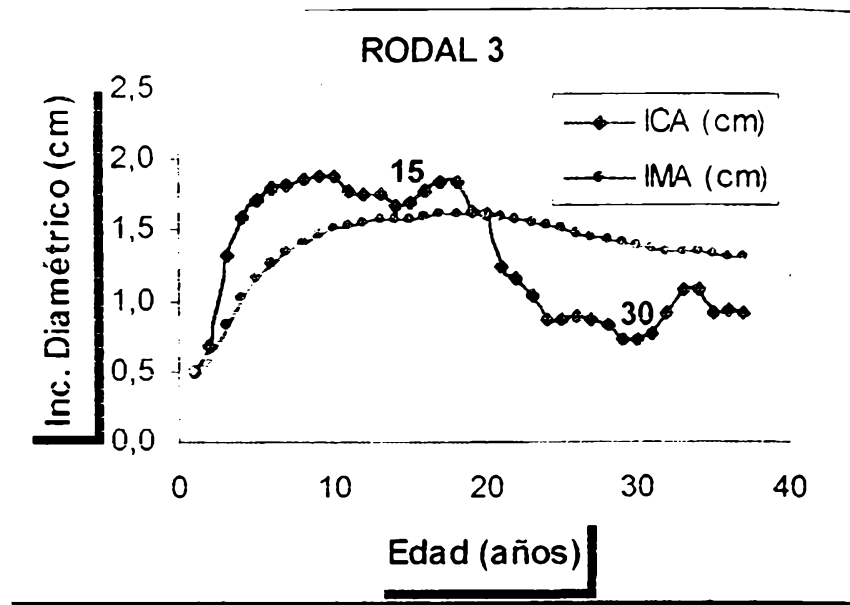


FIGURA 16. Comparación entre el desarrollo del IMA y el ICA para el rodal 3, hasta la edad actual.

Considerando esta información, es factible pensar en realizar un tercer raleo el año 20 para el régimen teórico propuesto, ya que se aprecia que la respuesta a prácticas de raleo entre los 13 a 15 años de edad, con una intensidad de extracción cercana al 50% de los individuos, no dura más allá de 5 años, para posteriormente decrecer bajo el IMA.

A partir de los 20 años, algunos autores señalan que Pino Oregón comienza a disminuir su incremento en DAP (Brun; 1963; Rocuant, 1967). Esto concuerda con la información obtenida de 93 tarugos de incremento correspondientes a los rodales en estudio, donde se muestra la respuesta a raleos para diferentes edades e intensidades de manejo (Cuadro 25).

CUADRO 25. Respuestas a raleos provenientes de tarugos de incremento extraídos a 0,3m de altura, para los cinco rodales en estudio.

EDAD (años)	DENSIDAD (arb/ha)		INCREMENTO DIAMETRICO (cm/año)						
	Antes raleo	Después raleo	0*	1	2	3	4	5	6
13	2.500	900	1,2	1,6	1,8	2,0	1,7	1,5	1,4
14	2.500	1.120	1,2	1,9	1,8	1,8	1,6	1,4	1,3
14	2.500	1.100	1,7	1,9	1,8	1,5	1,6	1,4	1,5
15	2.500	1.200	1,7	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,2
18	2.500	1.100	1,6	1,4	1,7	1,8	1,6	1,5	1,5
30	1.200	350	0,7	0,8	0,9	1,1	1,1	0,9	0,9
35	450	350	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
38	1.100	350	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7

*: Representa el año de intervención

Si bien los tarugos no se extrajeron a 1,3 m de manera de poder realizar comparaciones más directas con otros estudios, se observa que sobre los 30 años los crecimientos son bastante menores respecto a las intervenciones entre los 13 a 18 años de edad. A los 38 años una intervención bastante intensa (70% de extracción de individuos) produce una respuesta en crecimiento que solo permitiría prolongar la tasa de crecimiento previa a la intervención.

Por ello se plantea realizar intervenciones hasta los 20 años para posteriormente esperar la cosecha final a los 35 años de edad, que corresponde a la rotación financiera estimada en este estudio.

4.6.2 Ajuste de modelos para las proyecciones de crecimiento y rendimiento del régimen teórico propuesto.

Para realizar la evaluación financiera es necesario estimar los productos que entrega el régimen teórico, lo cual se realizará basándose en una estimación del diámetro medio para las distintas densidades finales. Para ello, considerando la información recopilada durante 9 años por Grosse (1999a y

1999b) en parcelas permanentes (estudiadas bajo distintas intensidades de raleo), se formularon los siguientes modelos para predecir el crecimiento durante los primeros 20 años del régimen propuesto:

- a) **DMC (diámetro cuadrático medio) en función de la densidad y edad, en bosques no intervenidos entre 0 - 10 años.** Esta función permite obtener una estimación del diámetro medio antes del primer raleo. Sobre el DMC obtenido para el régimen teórico se realizaron las proyecciones de crecimiento de los raleos posteriores.

$$\text{DMC} = 5,671516 * \text{NHA}^{-0,227538} * \text{EDAD}^{1,153381} \quad (4.3)$$

Donde:

DMC : Diámetro cuadrático medio, cm.

NHA : Número de árboles por hectárea.

EDAD : En años.

El modelo ajustado presentó un Coeficiente de Correlación (R^2) de un 96%, un Error Cuadrático Medio (ECM) de 10,6% y la Diferencia Agregada (DIFA) de un 0,12 %.

- b) **Proyección del crecimiento post- raleo (considerando periodos de 5 años).** Esta función permitió obtener el incremento que sufre el diámetro medio para los 5 años posteriores a la intervención.

$$INC_5 = 3,586246 * (NHAA/NHAD)^{0,421376} * EDAD^{-1,09908} * DMC^{1,093391}$$

(4.4)

Donde:

INC₅ : Incremento de los próximos 5 años posterior al raleo, cm.

NHAA : Densidad antes de la intervención, arb/ha.

NHAD : Densidad después de la intervención, arb/ha.

DMC : Diámetro cuadrático medio antes de la intervención, cm.

EDAD : Edad de la intervención, en años.

El modelo ajustado presentó un Coeficiente de Correlación (R^2) de un 82%, un Error Cuadrático Medio (ECM) de 4,2% y la Diferencia Agregada (DIFA) de un -0,033 %, respectivamente.

Dado que la información de las parcelas permanentes permite hacer estimaciones hasta los 20 años para el régimen propuesto, fue necesario ajustar un modelo de rendimiento en área basal que permita obtener una aproximación del comportamiento del DMC al final de la rotación, para las distintas densidades finales a evaluar en el régimen teórico.

El modelo ajustado fue propuesto por GRUT (1970, citado por Prodan *et al.*, 1997), el cual fue utilizado con buenos resultados para realizar predicciones de área basal en *Pinus radiata*, en Sudáfrica. Utilizando un total de 41 parcelas, provenientes de rodales con 20 a 47 años de edad, pertenecientes al Fundo Voipir, se obtuvo el siguiente ajuste:

$$G = 0,1999 - 4,2614*\bar{H} - 0,0018*\bar{H}*NHA - 0,000016*NHA^2 + 0,0922*NHA - 0,077*EDAD^2 + 2,94*EDAD + 0,1747*\bar{H}^2$$

(4 5)

Donde:

G : Area basal por hectárea, m²/ha.

$\bar{H}$: Altura media, m.

NHA : Número de árboles por hectárea.

EDAD: En años.

El Coeficiente de Correlación (R^2) es de un 95%, mientras que el Error Cuadrático Medio (ECM) y la Diferencia Agregada (DIFA) son de un 10,9 y 0,15%, respectivamente.

En el anexo 6 se presenta un análisis gráfico para cada uno de los modelos, respecto a los valores estimados versus observados, y de los residuos para verificar que la nube de puntos se distribuyera homogéneamente a ambos lados de la ordenada cero.

4.6.3 Proyecciones de rendimiento por tipo de producto según densidad final.

Para realizar las proyecciones de rendimiento por tipo de producto, fue necesario estimar las dimensiones del árbol medio para cada situación analizada. Esto se realizó utilizando los modelos de predicción 4,3; 4,4 y 4,5, en conjunto con la función de altura ajustada anteriormente, obteniéndose los siguientes resultados (Cuadro 26).

CUADRO 26. Proyecciones del DMC y rendimiento (m³/ha) para un esquema de manejo teórico considerando diferentes densidades finales.

ESQUEMA	EDAD (años)	0	10	15	20	35
1	Nha (antes raleo)	2 000	2 000	1 000	750	500
	Nha (después raleo)	---	1 000	750	500	500
	DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	37,6
	Ht (m)	---	8	15	19	28
	Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
	Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,1
	Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	106	---
	Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	214	550
	TOTAL VOL. (m ³ /ha)	---	120	230	320	550

*: Sin mercado actual

ESQUEMA	EDAD (años)	0	10	15	20	35
2	Nha (antes raleo)	2 000	2 000	1 000	750	450
	Nha (después raleo)	---	1 000	750	450	450
	DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	38,9
	Ht (m)	---	8	15	19	28
	Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
	Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,16
	Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	128	---
	Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	192	520
	TOTAL VOL. (m ³ /ha)	---	120	230	320	520

*: Sin mercado actual

ESQUEMA	EDAD (años)	0	10	15	20	35
3	Nha (antes raleo)	2 000	2 000	1 000	750	400
	Nha (después raleo)	---	1 000	750	400	400
	DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	40,4
	Ht (m)	---	8	15	19	28
	Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
	Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,24
	Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	150	---
	Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	170	496
	TOTAL VOL. (m ³ /ha)	---	120	230	320	496

*: Sin mercado actual

ESQUEMA	EDAD (años)	0	10	15	20	35
4	Nha (antes raleo)	2 000	2 000	1 000	750	350
	Nha (después raleo)	---	1 000	750	350	350
	DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	42,1
	Ht (m)	---	8	15	19	28
	Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
	Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,35
	Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	171	---
	Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	149	471
	TOTAL VOL. (m ³ /ha)	---	120	230	320	471

*: Sin mercado actual

ESQUEMA	EDAD (años)	0	10	15	20	35
5	Nha (antes raleo)	2 000	2 000	1 000	750	300
	Nha (después raleo)	---	1 000	750	300	300
	DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	44,3
	Ht (m)	---	8	15	19	28
	Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
	Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,46
	Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	192	---
	Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	128	438
	TOTAL VOL. (m ³ /ha)	---	120	230	320	438

*: Sin mercado actual

ESQUEMA	EDAD (años)	0	10	15	20	35
6	Nha (antes raleo)	2 000	2 000	1 000	750	250
	Nha (después raleo)	---	1 000	750	250	250
	DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	47,1
	Ht (m)	---	8	15	19	28
	Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
	Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,6
	Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	214	---
	Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	106	400
	TOTAL VOL. (m ³ /ha)	---	120	230	320	400

*: Sin mercado actual

Se puede observar que a medida disminuye la cantidad de árboles residuales para el esquema propuesto, el volumen que se obtiene al final de la rotación es menor. Sin embargo se aprecia que la dimensión de los individuos será mayor en las situaciones con menor densidad (Figura 17).

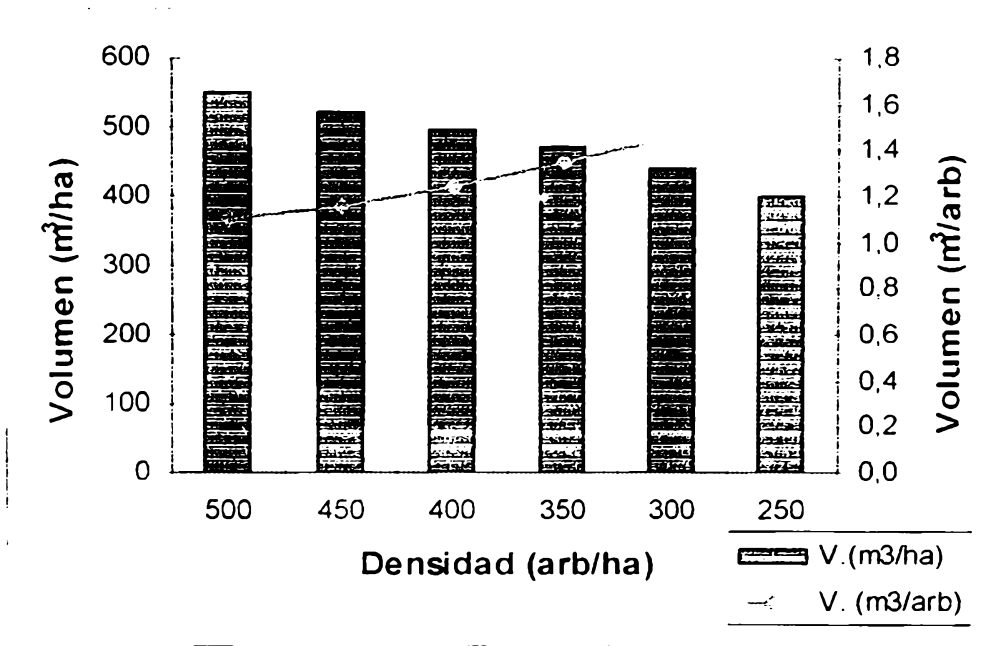


FIGURA 17. Rendimiento en volumen para distintas densidades finales, a los 35 años de edad.

Como se muestra en la figura 17, los volúmenes por hectárea varían según la densidad, existiendo un 27% más de volumen al dejar una densidad final de 500 arb/ha respecto a 250 arb/ha para una cosecha final.

Por otra parte, al comparar los volúmenes por tipo de productos por árbol, también se aprecia una influencia de la densidad. Se tiene que para una densidad de 500 arb/ha el árbol medio posee 0,459; 0,550 y 0,088 m³/arb de volumen para remanufactura, aserrable y polines, respectivamente, mientras que una densidad de 250 arb/ha posee 0,899; 0,647 y 0,048 m³/arb de volumen para remanufactura, aserrable y polines, respectivamente.

Esta situación indica que a medida disminuye la densidad final del régimen silvicultural, los individuos poseen un mayor diámetro, por lo cual se podrá obtener productos de mayores dimensiones, y por consiguiente un mayor valor comercial (Cuadro 27).

CUADRO 27. M\$/arb según densidad, de acuerdo al escenario de precios actual.

Tipos de productos	M\$/arb según densidad final					
	500	450	400	350	300	250
REM1-2	15,9	16,9	18,1	27,9	30,6	34,2
ASE1-6	14,1	14,8	16,6	13,7	14,7	17,0
POLINES	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
TOTAL (M\$/arb)	30,4	32,2	35,2	42,0	45,7	51,4

El cuadro 27 muestra que un porcentaje importante del valor del árbol se concentra en la primera troza. Para densidades de 400-500 arb/ha la proporción corresponde a un 52% mientras que para densidades de 250-350 arb/ha un 66% del valor del árbol medio se obtiene de la primera troza.

Esto se debe a que para las densidades menores se obtiene, principalmente, trozas para remanufactura de 5 m, mientras que para densidades sobre 350 arb/ha es posible obtener una mayor proporción trozas para remanufactura de 7 m, las cuales poseen un precio por metro cúbico más alto que las primeras (10% mayor).

Sin embargo, es importante recordar que la presente evaluación financiera no considera la relación crecimiento - calidad de la madera, por lo que en un mercado donde ésta condición adquiere relevancia al comercializar los productos, los resultados obtenidos podrían cambiar radicalmente.

4.6.4 Evaluación financiera para diferentes densidades finales.

Considerando los costos (anexo 7) e ingresos que involucra dejar diferentes densidades finales para el régimen silvicultural, se realizó un análisis del VPS y la TIR para cada una de las situaciones en estudio (Figura 18).

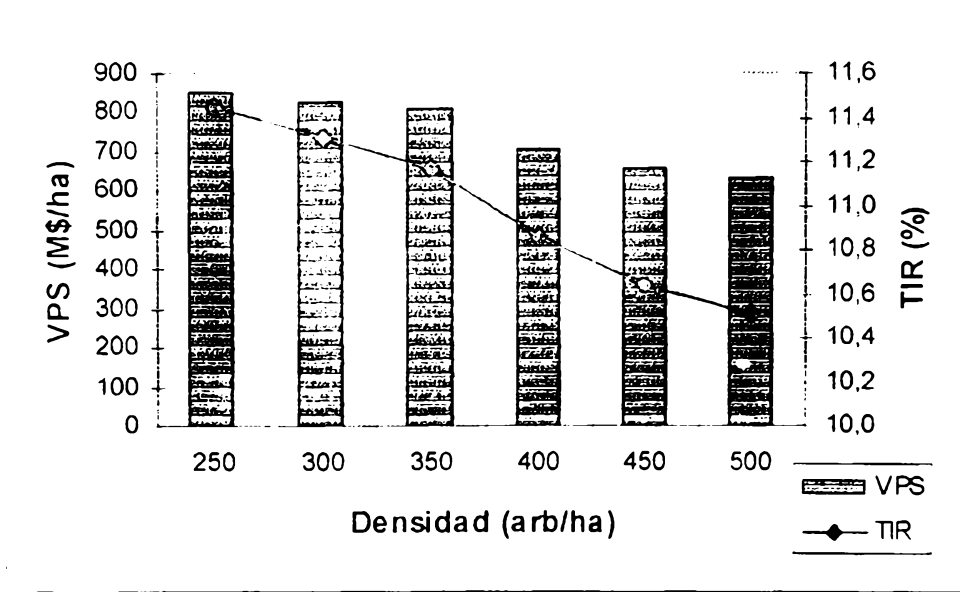


FIGURA 18. VPS (al 8%) y TIR para distintas densidades finales, a la edad de 35 años.

Al comparar las seis densidades a los 35 años como se muestra en la figura 18, se tiene que la menor densidad presenta un mayor VPS (851M\$/ha), valor que disminuye a medida que aumenta la densidad, llegando a 635 M\$/ha para una densidad de 500 arb/ha. Esta misma tendencia ocurre con la TIR, alcanzando un 11,5% para la situación de menor densidad, llegando a 10,5% para la situación de mayor densidad.

No obstante, es importante señalar que las diferencias entre los VPS y TIR para las situaciones de mayor rentabilidad (250 - 300 arb/ha remanentes) son poco significativos, por lo que desde la perspectiva del riesgo financiero parece más apropiado invertir el capital sobre 300 arb/ha que sobre 250 arb/ha. La problemática de selección de una u otra densidad, ilustra la típica disyuntiva en

la toma de decisiones, en que la elección depende del prisma de quien toma las decisiones.

4.7 Análisis del régimen silvicultural propuesto para plantaciones de Pino Oregón del Fundo Voipir.

El cuadro 28 resume las prescripciones y valores dasométricos promedio del régimen silvicultural seleccionado para plantaciones de Pino Oregón pertenecientes al Fundo Voipir.

CUADRO 28. Régimen silvicultural propuesto para plantaciones de Pino Oregón de Fundo Voipir.

EDAD (años)	0	10	15	20	35
Nha (antes raleo)	2.000	2.000	1.000	750	300
Nha (después raleo)	---	1.000	750	300	300
DMC (cm)	---	14,3	21,3	27,1	44,3
Ht (m)	---	8	15	19	28
Hpoda (m)	---	3,2	6	7,6	---
Volumen (m ³ /arb)	---	0,06	0,23	0,43	1,46
Vol. Raleo (m ³ /ha)	---	60*	54	192	---
Vol. Resid. (m ³ /ha)	---	60	176	128	438
TOTAL VOL (m ³ /ha)	---	120	230	320	438

*: Sin mercado actual

Se puede observar que el régimen silvicultural entrega un volumen total (raleos + cosecha final) de 744 m³, lo que se traduce en un crecimiento estimado de 21,3 m³/ha/año. Esto concuerda con las potencialidades de la especie para la zona de estudio (INFOR, 1986).

En cuanto al volumen que se obtiene en cada uno de los raleos, se tiene que a partir del segundo y tercer raleo es posible obtener productos con valor comercial (Cuadro 29).

CUADRO 29. Volumen proyectado (m^3/ha) para raleos comerciales (año 15 y 20).

Tipos de Productos	Volumen de raleos (m^3/ha)	
	Comercial 1	Comercial 2
ASE1- 4	37	161
POLINES	17	31
TOTAL (m^3/ha)	54	192

Así, un primer raleo comercial entrega un 70% de madera aserrable y 30% de polines, mientras que un segundo raleo permite obtener un 85% de madera aserrable y 15% de polines. Esto muestra que al año 20 se obtiene una mayor proporción de madera aserrable, lo cual se debe a que los individuos poseen una mayor dimensión, producto de la silvicultura aplicada.

En la cosecha, los individuos han alcanzado una mayor dimensión en diámetro, lo que permite obtener una gran variedad de productos (Figura 19).

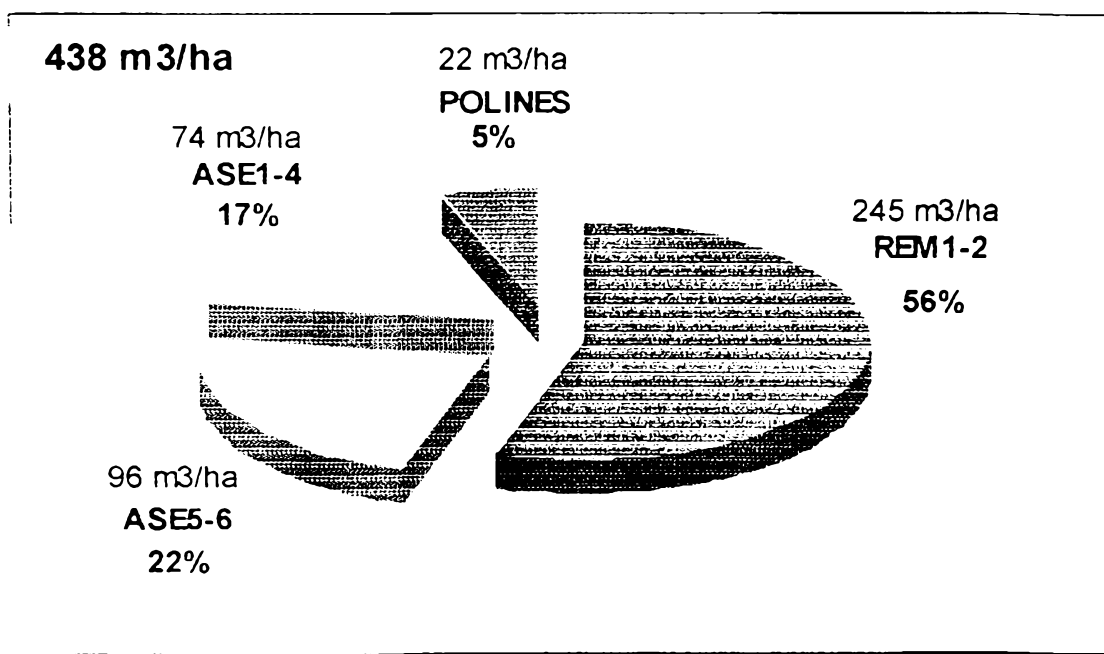


FIGURA 19. Volumen proyectado (m^3/ha) para la cosecha final (35 años).

En la figura 19 se muestra la proporción esperada de productos para el régimen propuesto a la edad de 35 años. Se puede apreciar, que las trozas podadas representan un 56% del volumen comercial ($REM\ 1-2 = 245\ m^3/ha$), las trozas aserrables no podadas, sobre los 25 cm, un 22% ($ASE\ 5-6 = 96\ m^3/ha$), las trozas aserrables no podadas de pequeñas dimensiones, (entre 16 y 25 cm) un 17% ($ASE\ 1-4 = 74\ m^3/ha$) y finalmente, las trozas para polines o leña (8 a 16 cm), representan el 5% ($POLINES = 22\ m^3/ha$).

4.7.1 Análisis de Sensibilidad.

El análisis de sensibilidad se estructura en función de los costos, tasas de descuento y precios de productos.

4.7.1.1 Tasa de descuento

Para el régimen silvicultural propuesto se realizó un análisis de sensibilidad considerando tasas de descuento de un 6 a 10%. Con esto se pudo comprobar que el VPS varía al cambiar la tasa de descuento utilizada, afectando la rotación (Figura 20).

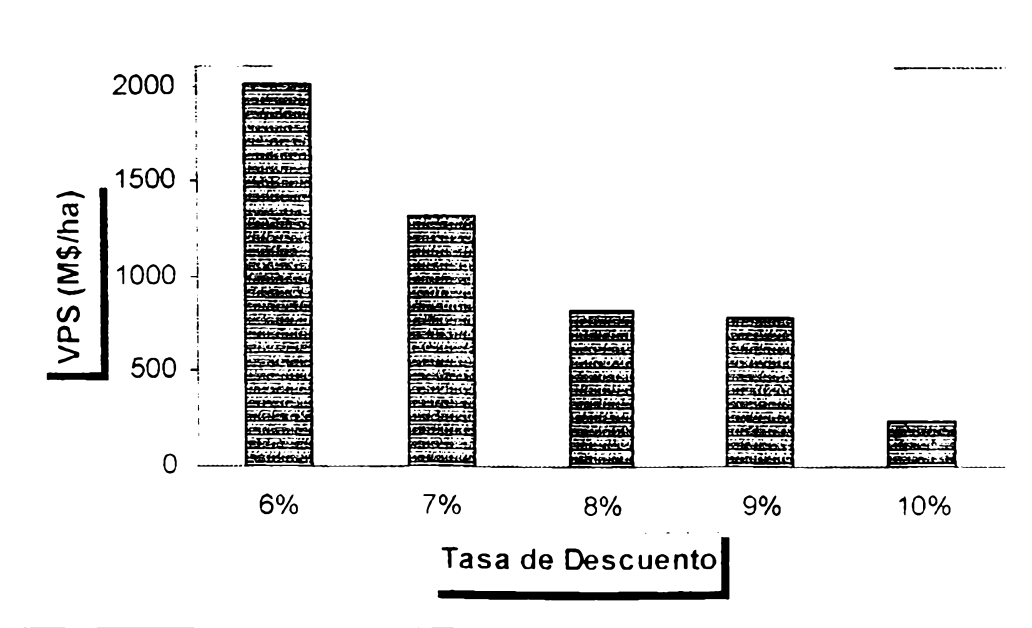


Figura 20. Comportamiento del VPS para diferentes tasas de descuento

En la figura 20 se observa que al aumentar la tasa de descuento la rentabilidad disminuye fuertemente. Así, para una tasa de descuento del 6% se tiene que el VPS corresponde a 2.007 M\$/ha, mientras que para un 10% el VPS alcanza los 233 M\$/ha.

De esta forma, al aumentar la tasa de descuento, la rentabilidad disminuye debido a que el costo de oportunidad aumenta al exigir una mayor tasa de retorno. Sin embargo, la rentabilidad es positiva para todas las tasas de descuento probadas.

4.7.1.2 Precios de productos.

El precio al cual se comercializan los productos es una variable que tiene gran relevancia sobre el desempeño del régimen seleccionado (Figura 21).

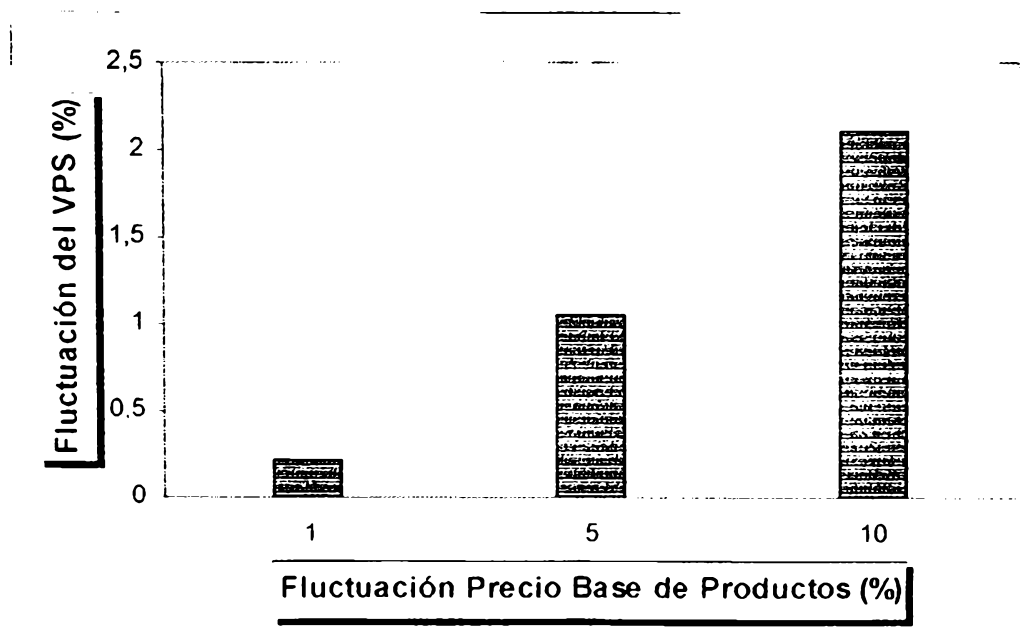


FIGURA 21. Efecto del cambio en los precios (1, 5 y 10%) sobre el VPS (8%).

La figura 21 muestra una relación directamente proporcional del VPS respecto a la variación de los precios base. De esta forma una fluctuación de un 1% en los precios provoca una fluctuación de 0,2% en el VPS, mientras que una variación del 10% en el valor de los productos provoca una fluctuación en el VPS de 2,1%.

Además, el efecto que tiene un cambio en los precios de los productos, se acentúa a medida que se le exige una mayor rentabilidad al régimen propuesto (Figura 22).

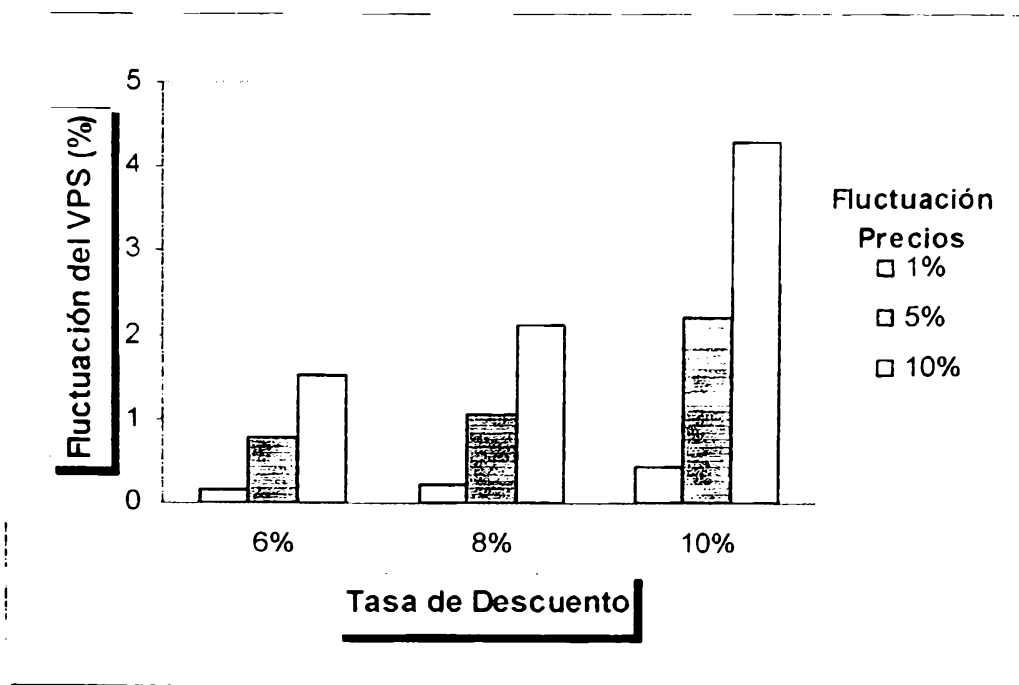


FIGURA 22. Efecto del cambio en el precio (1, 5 y 10%) sobre el VPS, bajo diferentes tasas de descuento.

En la figura 22 se observa que a medida que se utiliza una mayor tasa de descuento, un aumento del 1, 5 y 10% en los precios base tiene un mayor impacto sobre el VPS. De esta forma, un aumento en los precios afecta un 65% más al VPS al utilizar una tasa de descuento del 10%, respecto a una del 6%.

4.7.1.3 Costos asociados al régimen propuesto.

El impacto del aumento y/o disminución de un 1% en los costos de las actividades silvícolas, correspondientes al régimen silvicultural propuesto, se refleja en la figura 23.

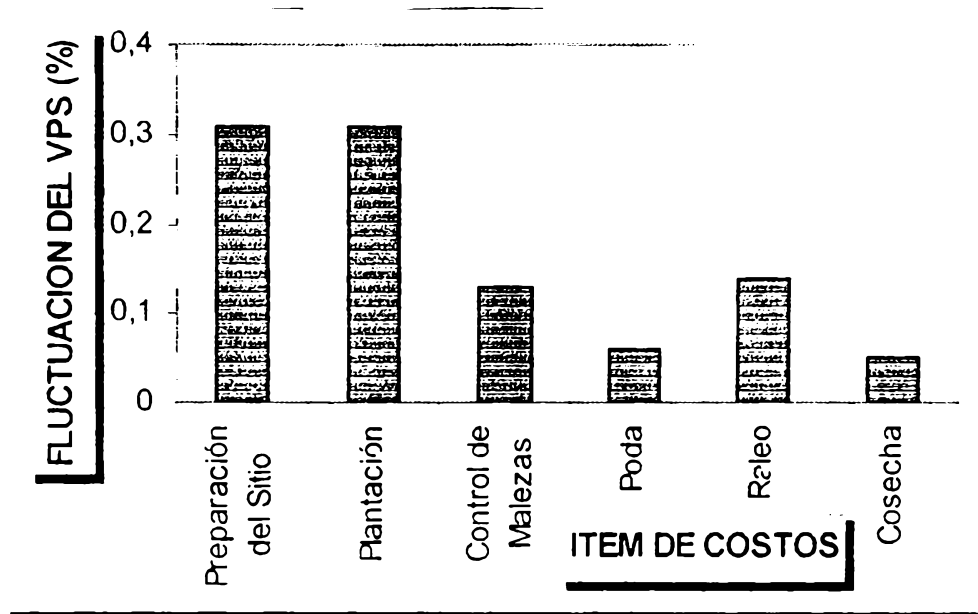


FIGURA 23. Efecto sobre el VPS(8%) al aumentar y/o disminuir los costos base de las actividades silviculturales en un 1%.

La figura 23 muestra que las actividades de mayor a menor influencia sobre la rentabilidad del cultivo son la preparación del sitio, la plantación, los raleos, el control de malezas, las podas y la cosecha.

Del punto de vista de aumento en los costos, por cada 1% de incremento en costos de preparación de sitio y plantación, el VPS disminuye en aproximadamente 0,3%. Un aumento de un 1% en costos de control de malezas y raleo provoca una disminución del VPS en un 0,13%, mientras que la poda y cosecha afectan el VPS en un 0,06%. No obstante, se debe reconocer la influencia de una tasa de descuento que sensibiliza aquellas actividades que ocurren al inicio de la rotación.

El análisis realizado se basa en un escenario de mercado, precios y localización particular, no pudiendo extrapolarse los resultados a otras áreas geográficas debido a que las condiciones de crecimiento, de estructura de costos y de mercado variarán.

Lo anterior enfatiza la necesidad de desarrollar esquemas silviculturales para distintas áreas geográficas, considerando un enfoque integrado del sistema bosque-industria-mercado.

5. CONCLUSIONES

Actualmente no existen modelos de ahusamiento ajustados para Pino Oregón en la Comuna de Villarrica. En este sentido, se demostró la aplicabilidad del modelo de Pérez para predecir de buena forma el diámetro a distintas alturas y el volumen para *Pseudotsuga menziesii* en el Fundo Voipir, siendo necesario realizar un análisis más profundo para evaluar el desempeño real de éste u otros modelos.

En plantaciones con semejantes condiciones de sitio se observa que la relación altura total-diámetro presenta un desplazamiento con la edad, por lo que a medida que aumenta la edad de los rodales, un mismo valor del DAP presenta una altura total cada vez mayor. De esta forma, se propone utilizar modelos que incluyen la edad como variable independiente para realizar estimaciones de altura, los cuales permiten estimar de mejor forma ésta variable, incluso en rodales con diferentes regímenes silviculturales.

La oportunidad de realizar un primer raleo es alrededor de los 8 a 10 años de edad, cuando el incremento anual corriente (ICA) culmina su crecimiento a tasas crecientes, y los árboles ya han expresado sus características de calidad, permitiendo seleccionar de mejor forma los individuos remanentes.

La respuesta a intervenciones de raleo en Pino Oregón, considerando una extracción cercana al 50% de los individuos, permanece por aproximadamente 5 años. Posterior a este período, los incrementos en DAP son menores respecto a los presentes antes del raleo, siendo recomendable aplicar una nueva intervención. Sin embargo, las intervenciones de raleo deben realizarse antes de los 20 años, puesto que durante este período la especie presenta una

mejor reacción en crecimiento. Posterior a ello, los incrementos en DAP decrecen por debajo del incremento medio anual (IMA).

En los regímenes actuales la rotación parece excesivamente larga. Esto se aprecia porque la rentabilidad del cultivo en la situación actual decrece sostenidamente después de los 30-35 años. En la situación potencial propuesta, la rentabilidad del cultivo de Pino Oregón se maximiza a los 35 años, al considerar una silvicultura intensiva con raleos y podas a temprana edad, bajo el supuesto que los productos obtenidos son trozas para remanufactura, trozas aserrables y trozas de menores dimensiones destinadas a otros usos como polines o leña.

En la situación actual, la densidad final es de 350 arb/ha, considerando la aplicación de raleos tardíos y mayores longitudes de rotación. En la situación potencial, la densidad final que maximiza la rentabilidad del cultivo es de 300 arb/ha, la cual queda definida en el tercer raleo a los 20 años.

Se propone aplicar un régimen silvicultural a las plantaciones de Forestal Voipir que se compone de tres raleos y tres podas, a los 10, 15 y 20 años, realizando una corta final a los 35 años. Los raleos propuestos plantean reducir la densidad en tres etapas, a un promedio de 1000, 750 y 300 árboles por hectárea. Cada una de las podas a realizar consideran la remoción de las ramas en el 40% de la altura total de los individuos, la cual corresponde a 3.2, 6.0 y 7.6 m respectivamente, para la condición de sitio estudiada.

Un régimen orientado a la producción de madera para remanufactura, con poda a 7,6 m y evaluado bajo el escenario de mercado planteado en el estudio, muestra que el 66% del valor comercial del árbol se concentra en el volumen obtenido hasta la altura de poda señalada anteriormente.

La tasa de descuento, precio de productos y los costos de las actividades silvícolas (la preparación del sitio y plantación, principalmente), son variables que tiene gran relevancia sobre la rentabilidad del cultivo de Pino Oregón en Forestal Voipir. De esta forma, para el régimen silvicultural propuesto, se tiene que al sensibilizar la tasa de descuento de un 6% a 10%, a los 35 años de edad, el VPS disminuye un 88%, mientras que una fluctuación del 1% en los precios de los productos y los costos de preparación de sitio y plantación, producen una variación en la rentabilidad de 0,2; 0,3 y 0,3%, respectivamente.

6. RESUMEN

El presente estudio analizó los regímenes actuales y potenciales de manejo de plantaciones de Pino Oregón en el Fundo Voipir, Comuna de Villarrica en Chile. Específicamente se planteó analizar la longitud de la rotación y la densidad final sobre la rentabilidad del cultivo.

Esto se realizó considerando algunos atributos de árboles individuales de cinco rodales manejados, los cuales presentan condiciones similares de sitio pero distintos rangos de edad, en conjunto con un inventario, proyecciones de crecimiento y análisis de antecedentes de parcelas permanentes y mercado de productos. El indicador económico que se utilizó para evaluar la rentabilidad fue el Valor Potencial del Suelo (VPS).

Con este estudio se pudo comprobar que en los regímenes actuales la rotación programada para las plantaciones de Pino Oregón es excesivamente larga. Esto se aprecia porque la rentabilidad del cultivo en la situación actual decrece sostenidamente después de los 30-35 años.

También se demostró que en una situación potencial de regimen silvicultural, la densidad final que maximiza la rentabilidad del cultivo es de 300 arb/ha, la cual queda definida en el tercer raleo a los 20 años.

De esta forma, bajo el escenario de mercado analizado en el presente estudio, se propone un régimen silvicultural que se compone de tres raleos y tres podas, a los 10, 15 y 20 años, realizando una corta final a los 35 años. Los raleos propuestos plantean reducir la densidad en tres etapas a 1000, 750 y 300 árboles por hectárea. Se planifica realizar las podas inmediatamente después de los raleos considerando la remoción de las ramas en el 40% de la altura total de los individuos, la cual corresponde a 3.2, 6.0 y 7.6 m respectivamente para la condición de sitio estudiada.

SUMMARY

The aim of this study was to analyze current and potential silvicultural regimes for Douglas-fir plantations in the Voipir Property in Villarrica, Chile. Specifically, the impact of rotation length and final density on the profitability of the crop was assessed.

The study was carried out considering some attributes of trees from five managed stands, growing on similar site conditions but different ages. Also forest inventory, growth projection, permanent plots and market for products was analyzed. The financial index used in order to evaluate the profitability was the Soil Expectation Value (SEV).

The study shows that current regimes have excessively longer rotations that should be. This is appreciated because the profitability of the cultivation in the current situation falls in a sustained fashion after the 30-35 years.

The study also showed that in a potential situation of a new silvicultural regime, the final density that maximizes the profitability of the cultivation is 300 trees/ha remaining after the third thinning at age 20.

Thus, under the market scenario analyzed, a silvicultural regime made up of three thinnings and three prunings at 10, 15 and 20 years old was proposed. Thinning schedule reduces density progressively to 1000, 750 and 300 stems per hectare. Prunings are proposed to be done at 40 % of total height of the trees at the same time as thinnings, which corresponds to 3.2, 6.0 and 7.6 m respectively for the site condition studied.



7. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, M. 1998. El nuevo escenario planteado por la crisis asiática. Disponible en Internet:

[http:// www.siiap.sagup.mecan.ar/forestal/forest9/mercado.html](http://www.siiap.sagup.mecan.ar/forestal/forest9/mercado.html)

Bascuñan, S. 1997. Maderas introducidas y nativas usadas en la construcción en Chile. Disponible en Internet:

[http:// www.geocites.com/SiliconValley/Haven/3808/made.html](http://www.geocites.com/SiliconValley/Haven/3808/made.html)

Bown, H. 1997. Breve retrospectiva a la silvicultura de Pino radiata. Documento Técnico N° 104, Chile Forestal. Santiago, Chile.

_____. 1998. Selección y evaluación técnico financiera de regimenes silviculturales para Pino radiata. Documento Técnico N° 122, Chile Forestal. Santiago, Chile.

Brun, B. 1963. Análisis fustal y mecánico de un Pino oregón. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 59 p

Bucarey, J. 1963. *Pseudotsuga taxifolia* (Poir.) Britt, en trumaos del cerro Voipir (Villarrica). Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 101 p.

Bucarey, B. 1968. El género *Pseudotsuga*. Publicación científica N° 12. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 15 p.

- Cabrera, J.** 1996. Formulación y evaluación de un proyecto privado de repoblación con Pino Oregón. Primer taller silvícola: "Diversificación Forestal Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). INFOR. Temuco, Chile. 11 p.
- Campbell, R. K. and Franklin, J. P.** 1981. A comparison of habitat type and elevation for seed zone classification of *Douglas - fir* in western Oregon. For. Sci. 27(1): 49 - 59.
- Chacón, I.** 1995. Decisiones económico - financieras en el manejo forestal. Editorial de Talca. Talca. Chile. 248 p.
- CONAF.** 1997. Pino Oregón. Ficha Forestal. Chile Forestal 22(252): 49-50.
- Contreras, C. y B. Smith.** 1973. Estudio preliminar de incremento y rendimiento de Pino oregón en la Región Sur de Chile. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 70 p.
- Cown, J.** 1992. New Zealand *Radiata Pine* and *Douglas - fir*. Suitability for Processing. FRI Bulletin 168. Forest Research Institute, Rotorua, Nueva Zelanda. 74 p.
- Cruz, C.** 1997. Evaluación económica de esquemas de manejo en la empresa Forestal Valdivia S.A. Tesis, Ingeniero Forestal. Talca. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 66 p.
- Curtis, R.** 1967. Height diameter and height-diameter-age equations for second growth *Douglas - Fir*. Forest Sci. 13(4): 365-375.

- _____. 1982. A simplex Index of Stand Density for *Douglas-fir*. Forest Sci. 28(1): 92-94.
- Daniel, T., J. Helms y F. Backer. 1982. Principios de silvicultura. Editorial Mc Graw-Hill, México. 487 p.
- Delmastro, R. 1997. Evaluación económica en plantaciones adultas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco en la Provincia de Valdivia. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 93 p.
- Díaz-Vaz, E., H. Cuevas, A. Fernández, L. Inzunza. 1988. Características tecnológicas de *Pseudotsuga menziesii* creciendo en Valdivia. Bosque 9(2): 97-107.
- Drew, T. J., and J. W. Flewelling. 1979. Stand density management: an alternative approach and its application to *Douglas - Fir* plantations. Forest Sci 25(3): 518 – 532.
- Floraprint. 1998. Guía verde. Disponible en Internet:
<http://www.guiaverde.com/arboles/Pseudotsugamenziesii.htm>
- Fowells, H. A. 1965. Silvics of Forest Trees of the United States. USDA, Agric. Handb. N° 271. 762 p.
- Fundación Chile. 1995. Pino Oregón: Alta calidad en conífera. LIGNUM (19): 27-29.
- Gerding, V. 1991. Manejo de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. en Chile. Bosque 12(2): 3-10.

- Grosse, H. y U. Kannegiesser. 1988. Investigación para el manejo de las plantaciones de Pino oregón y *Sequoia sempervirens*. Informe final Proyecto INFOR-CORFO. 176 p.
- Grosse, H. 1996. Propuesta de Investigación y Desarrollo para la especie Pino oregón. Primer taller silvícola: "Diversificación Forestal Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). INFOR. Temuco, Chile. 10 p.
- _____. 1999a. Ensayo de Raleo para el Manejo de Pino Oregón (Resultados Preliminares). INFOR. Concepción, Chile. 7 p.
- _____. 1999b. Ensayo de Raleo Pino Oregón. Evaluación 1999: Análisis Estadístico Variables del Ensayo. INFOR. Concepción, Chile. 9 p.
- INFOR. 1965. Crecimiento juvenil de *Pseudotsuga menziesii* y otras especies exóticas en el Fundo Voipir de Villarrica. Seminario Forestal, boletín informativo N° 10. Santiago, Chile. 69 p.
- _____. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo AF 86/32. Santiago. pp 141 - 145.
- _____. 1996. Estudio de raleo en plantaciones de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), Etapa: Segunda evaluación. Proyecto investigación y desarrollo de plantaciones forestales en la XI Región de Aysén. Coyhaique, Chile. 38 p.

INFOR-CONAF. 1996. Antecedentes de Pino oregón. Programa Nacional de Diversificación Forestal. Convenio INFOR / CONAF. Santiago, Chile. 116 p.

_____. 1998. Monografía del Pino oregón. Santiago. Convenio INFOR/CONAF. Chile. 143 p.

Iñiguez, P. 1997. Silvicultura del Pino de oregón. Disponible en Internet:
<http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/oregon/indice.html>

Jaque, O. 1995. Optimización económico - financiera del bosque de Pino radiata en el fundo El Picazo. Tesis, Ingeniero Forestal. Talca. Universidad de Talca, Facultad de Recursos Naturales. 73 p.

Juacida, R., J. Ramírez, L. Inzunza. 1986. Antecedentes sobre secado artificial de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*). Bosque 7(2): 103-113.

Julio, G. 1994. Fundamentos del manejo del fuego. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 267 p.

Keim, H. 1994. Pino oregón: descripción, silvicultura y evaluación física y económica a partir de antecedentes de parcelas permanentes. Tercer taller silvícola, Concepción, Chile. pp 93 - 102.

Latorre J. y R. Pera. 1979. Mensura. Documento preparado para el curso de Mensura Forestal del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. 312 p.

- Mata, N. , E. Riquelme y J. Zambrano.** 1998. Propagación Vegetativa de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Seminario, Técnico Forestal. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias Forestales. 53 p.
- Mitchell, K., R. Kellogg y K. Polsson.** 1989. Second Growth *Douglas-fir*. Its Management and Conversion for Value. Canadian Forestry Service. ISSN 0824-2119. Forintek Canada Corp., Vancouver. BC, 172 p.
- Oliver, D. y D. Murray.** 1983. Stand structure, thinning prescriptions and density indexes in a *Douglas-fir* thinning study, western Washington. USA. Canadian Journal of Forest Research (13): 126-136.
- Pera, R.** 1982. Modelo de ahusamiento del fuste de árboles de Pino insigne. Tesis, Ingeniero Forestal. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. 42 p.
- Peralta, M.** 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. SAG, Santiago. 377 p.
- Pérez, V.** 1982. Propiedades mecánicas y asociadas del Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) creciendo en Chile. Informe Técnico 85. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 17 p.
- Prodan, M. , R. Peters, F. Cox, y P. Real.** 1997. Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa Rica. 586 p.
- Rehfeldt, G.** 1983. Ecological adaptation in *Douglas-fir* population III. Central Idaho. Can. J. For. Res. 13: 626 – 632.

Reukema, L. 1972. Twenty one year development of *Douglas-fir* stands repeatedly thinned at varying intervals. USDA Forest Service. Research Paper PNW-141. 23 p.

Rocuant, L. 1967. Análisis de plantaciones de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) en Chile. Circular N° 18. Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción. Chile.

Sáez, M. 1997. Funciones de ahusamiento para pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) en la Provincia de Valdivia. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 59 p.

Salinas, E. 1995. Análisis Económico de Plantaciones Comerciales de *Acacia melanoxylon* R. Br (Aromo australiano) en Chile: Revisión Bibliográfica. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 128 p

Sánchez, J. 1999. Busca plantas. Disponible en Internet:
<http://www.buscaplantas.com/>

Sanhueza, A. 1998. Cultivo del Pino oregón. Programa de Diversificación Forestal. CONAF. 105 p.

Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1968. An Introduction Tree-Ring Dating. University of Chicago Press. Chicago. 28 p.

Tamm, A. 1996. Desarrollo de un sistema de evaluación económica de alternativas de manejo a nivel de rodal. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 58 p.

Valenzuela, A. 1967. Nociones de Silvicultura. Manual N°3, INFOR. Santiago, Chile. 283 p.

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

8. ANEXOS

ANEXO 1: Proyección de distribuciones diamétricas para tres esquemas de manejo aplicados en Forestal Voipir Ltda.

1. Rodal 1
2. Rodal 2
3. Rodal 3

ANEXO 2: Volumen según especificación de productos (m³/ha).

1. Rodal 1
2. Rodal 2
3. Rodal 3

ANEXO 3: Costos desglosados por rodal y escenario silvicultural.

1. Rodal 1
2. Rodal 2
3. Rodal 3

ANEXO 4: Evaluación financiera de tres esquemas de manejo aplicados en Forestal Voipir Ltda.

1. Rodal 1
2. Rodal 2
3. Rodal 3

ANEXO 5: Formato empleado en la elaboración de flujos de caja para la evaluación financiera.

ANEXO 6: Gráficos de validación para modelos de predicción.

ANEXO 7: Costos de manejo para diferentes densidades finales.

1. Densidad final 500 arb/ha
2. Densidad final 450 arb/ha
3. Densidad final 400 arb/ha
4. Densidad final 350 arb/ha
5. Densidad final 300 arb/ha
6. Densidad final 250 arb/ha

ANEXO 1. Proyección de distribuciones diamétricas para tres esquemas de manejo aplicados en Forestal Volpi, Ltda.

1. Rodal 1

CLASE	36 años		37 años		38 años		39 años		40 años		41 años		42 años		43 años		44 años		45 años		46 años		47 años		48 años		49 años		50 años		
	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	
23	2	25.5	2	25.6	1	25.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	7	26.2	6	26.3	4	26.4	3	26.5	2	26.6	1	26.7	1	26.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	17	26.9	14	27.0	10	27.1	8	27.2	7	27.3	7	27.3	8	27.4	6	27.5	6	27.5	6	27.5	5	27.6	5	27.6	5	27.6	5	27.7	4	27.7	
29	36	27.5	33	27.6	26	27.7	20	27.8	15	27.9	12	28.0	9	28.0	7	28.1	6	28.1	5	28.2	5	28.2	5	28.3	5	28.3	5	28.3	5	28.3	
31	68	28.1	56	28.2	56	28.3	50	28.4	45	28.5	41	28.6	32	28.7	25	28.7	17	28.8	11	28.8	7	28.8	5	28.9	5	28.9	5	28.9	5	28.9	
33	43	28.6	53	28.6	55	28.9	54	29.0	47	29.1	46	29.2	37	29.2	38	29.3	30	29.3	24	29.4	17	29.4	10	29.4	8	29.5	6	29.5	5	29.5	
36	42	29.2	34	29.3	34	29.4	39	29.5	41	29.6	36	29.7	40	29.8	38	29.8	39	29.9	43	29.9	34	30.0	30	30.0	23	30.0	17	30.0	13	30.1	
37	41	29.7	37	29.8	28	29.9	22	30.1	29	30.1	33	30.2	38	30.3	42	30.3	42	30.4	38	30.4	43	30.5	40	30.5	37	30.5	32	30.6	27	30.6	
39	30	30.2	34	30.3	39	30.4	38	30.5	30	30.6	24	30.7	27	30.8	29	30.8	38	30.9	41	30.9	45	31.0	50	31.0	41	31.0	35	31.1	30	31.1	
41	42	30.6	54	30.6	61	30.9	69	31.0	77	31.1	79	31.2	67	31.3	53	31.3	40	31.4	35	31.4	31	31.5	35	31.5	49	31.5	55	31.5	57	31.6	
43	26	31.1	26	31.2	31	31.4	33	31.5	35	31.6	40	31.6	52	31.7	63	31.8	67	31.8	61	31.9	56	31.9	30	31.9	31	32.0	35	32.0	39	32.0	
46	5	31.5	7	31.7	8	31.8	12	31.9	14	32.0	17	32.1	18	32.2	20	32.2	24	32.3	35	32.3	42	32.4	60	32.4	42	32.4	32	32.4	27	32.5	
47	7	31.9	8	32.1	9	32.2	11	32.3	14	32.4	16	32.5	21	32.6	24	32.6	30	32.7	35	32.7	43	32.8	50	32.8	54	32.8	49	32.9	41	32.9	
49	2	32.3	2	32.5	4	32.8	4	32.7	4	32.8	6	32.9	7	33.0	9	33.0	9	33.1	11	33.1	14	33.2	20	33.2	33	33.3	43	33.3	47	33.3	
61	2	32.7	3	32.9	5	33.0	6	33.1	8	33.2	8	33.3	9	33.4	10	33.4	12	33.5	11	33.5	10	33.6	10	33.6	16	33.6	25	33.7	36	33.7	
63	0	0	1	33.2	1	33.4	1	33.5	2	33.6	3	33.7	4	33.8	4	33.8	5	33.9	7	33.9	8	34.0	5	34.0	5	34.0	7	34.1	10	34.1	
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	34.0	1	34.1	3	34.2	4	34.2	4	34.3	5	34.3	10	34.4	7	34.4	6	34.4	6	34.4
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Distribución diamétrica actual.

2. Rodal 2

CLASE	39 años		40 años		41 años		42 años		43 años		44 años		45 años		46 años		47 años		48 años		49 años		50 años	
DAP (cm)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)
29	1	27.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	6	28.4	4	28.5	3	28.6	2	28.7	1	28.7	1	28.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	20	29.0	16	29.1	12	29.2	8	29.2	6	29.3	4	29.3	5	29.4	4	29.4	4	29.4	3	29.5	2	29.5	2	29.5
35	31	29.5	27	29.6	24	29.7	19	29.8	14	29.8	9	29.9	0	0	1	30.0	1	30.0	2	30.0	2	30.0	2	30.1
37	39	30.1	34	30.1	31	30.2	29	30.3	26	30.3	23	30.4	30	30.4	21	30.5	14	30.5	10	30.6	7	30.6	5	30.6
39	33	30.5	32	30.6	29	30.7	29	30.8	28	30.8	22	30.9	5	30.9	12	31.0	13	31.0	12	31.0	10	31.1	8	31.1
41	20	31.0	27	31.1	30	31.2	28	31.3	31	31.3	36	31.4	45	31.4	28	31.5	22	31.5	17	31.5	15	31.5	12	31.6
43	28	31.5	29	31.6	29	31.6	28	31.7	27	31.8	25	31.8	25	31.9	34	31.9	32	31.9	28	32.0	25	32.0	21	32.0
45	27	31.9	27	32.0	28	32.1	32	32.2	29	32.2	30	32.3	25	32.3	25	32.4	29	32.4	30	32.4	29	32.4	27	32.5
47	30	32.3	32	32.4	36	32.5	40	32.6	46	32.6	52	32.7	60	32.7	49	32.8	42	32.8	39	32.8	37	32.9	37	32.9
49	21	32.7	23	32.8	23	32.9	23	33.0	25	33.0	25	33.1	30	33.1	43	33.2	49	33.2	53	33.3	52	33.3	52	33.3
51	21	33.1	21	33.2	20	33.3	23	33.4	21	33.4	16	33.5	10	33.5	15	33.6	22	33.6	28	33.6	33	33.7	38	33.7
53	20	33.5	24	33.6	29	33.7	31	33.8	35	33.8	43	33.9	45	33.9	39	34.0	38	34.0	34	34.0	35	34.1	37	34.1
55	3	33.8	3	34.0	4	34.0	4	34.1	4	34.2	4	34.2	10	34.3	13	34.3	13	34.4	12	34.4	13	34.4	13	34.4
57	3	34.2	4	34.3	4	34.4	5	34.5	6	34.5	5	34.6	0	0	6	34.7	14	34.7	21	34.8	28	34.8	35	34.8
59	5	34.5	5	34.6	5	34.7	6	34.8	7	34.9	11	34.9	15	35.0	11	35.0	7	35.1	8	35.1	5	35.1	3	35.1
61	3	34.9	4	35.0	3	35.1	3	35.1	3	35.2	2	35.3	0	0	4	35.4	8	35.4	10	35.4	11	35.5	12	35.5
63	3	35.2	3	35.3	4	35.4	4	35.5	4	35.5	5	35.6	5	35.6	4	35.7	2	35.7	2	35.7	1	35.8	1	35.8
65	0	0	0	0	1	35.7	1	35.8	2	35.8	3	35.9	5	35.9	5	36.0	4	36.0	4	36.1	3	36.1	2	36.1
67	1	35.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	36.3	3	36.3	5	36.4	6	36.4	7	36.4
69	2	36.1	2	36.2	1	36.3	1	36.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
71	2	36.4	2	36.5	2	36.6	2	36.6	2	36.7	1	36.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
73	1	36.6	1	36.7	2	36.8	2	36.9	3	37.0	4	37.1	5	37.1	4	37.1	3	37.2	2	37.2	2	37.3	2	37.3
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	37.4	2	37.5	3	37.5	3	37.5	3	37.5

Distribución diamétrica actual.

CLASE	31 años		32 años		33 años		34 años		35 años		36 años		37 años		38 años		39 años		40 años	
DAP (cm)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)
23	1	24,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	5	25,2	3	25,5	1	25,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	10	25,9	8	26,1	5	26,4	3	26,6	1	26,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	14	26,5	13	26,7	12	27,0	10	27,2	8	27,3	5	27,5	0	0	0	0	0	0	0	0
31	30	27,0	27	27,3	26	27,6	24	27,8	23	27,9	24	28,1	27	28,2	22	28,3	18	28,4	14	28,5
33	40	27,6	39	27,9	36	28,1	33	28,3	25	28,5	16	28,6	13	28,8	16	28,9	17	29,0	17	29,1
35	57	28,1	49	28,4	47	28,6	43	28,8	43	29,0	41	29,2	20	29,3	17	29,4	15	29,5	15	29,6
37	16	28,6	22	28,9	16	29,1	19	29,3	21	29,5	25	29,7	40	29,8	21	29,9	13	30,1	9	30,1
39	52	29,1	46	29,4	34	29,6	26	29,8	30	30,0	33	30,2	33	30,3	46	30,4	43	30,5	36	30,6
41	55	29,5	60	29,8	67	30,1	48	30,3	25	30,5	23	30,6	27	30,8	30	30,9	37	31,0	40	31,1
43	39	29,9	46	30,2	58	30,5	80	30,7	83	30,9	38	31,1	20	31,2	22	31,4	25	31,5	28	31,6
45	5	30,4	8	30,7	11	30,9	17	31,1	36	31,3	70	31,5	33	31,7	19	31,8	14	31,9	13	32,0
47	2	30,8	5	31,1	8	31,3	12	31,6	16	31,8	32	31,9	87	32,1	52	32,2	30	32,3	19	32,4
49	5	31,1	6	31,4	8	31,7	10	32,0	9	32,2	10	32,3	13	32,5	63	32,6	66	32,7	55	32,8
51	4	31,5	3	31,8	4	32,1	7	32,3	10	32,5	8	32,7	7	32,9	10	33,0	35	33,1	50	33,2
53	3	31,9	4	32,2	4	32,5	3	32,7	3	32,9	6	33,1	7	33,2	6	33,4	6	33,5	18	33,6
55	2	32,2	2	32,5	3	32,8	4	33,0	4	33,3	3	33,4	7	33,6	8	33,7	7	33,8	7	34,0
57	1	32,5	0	0	1	33,1	2	33,4	3	33,6	5	33,8	0	0	4	34,1	8	34,2	12	34,3
59	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33,9	2	34,1	7	34,3	3	34,4	1	34,5	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	34,7	6	34,9	7	35,0

CLASE	41 años		42 años		43 años		44 años		45 años		46 años		47 años		48 años		49 años		50 años	
DAP (cm)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)	Nha	Alt. (m)
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	11	28,6	9	28,7	7	28,7	6	28,8	5	28,8	4	28,8	3	28,9	3	28,9	2	28,9	2	28,9
33	16	29,2	15	29,2	14	29,3	13	29,3	11	29,4	10	29,4	9	29,4	8	29,5	7	29,5	6	29,5
35	14	29,7	13	29,8	13	29,8	12	29,9	11	29,9	10	30,0	9	30,0	9	30,0	8	30,0	7	30,1
37	7	30,2	7	30,3	6	30,3	6	30,4	6	30,4	5	30,5	6	30,5	4	30,5	4	30,6	4	30,6
39	30	30,7	24	30,8	20	30,8	17	30,9	15	30,9	13	31,0	12	31,0	11	31,0	10	31,1	9	31,1
41	40	31,2	38	31,3	35	31,3	31	31,4	27	31,4	24	31,5	21	31,5	19	31,5	17	31,5	15	31,6
43	32	31,6	35	31,7	36	31,8	35	31,8	34	31,9	32	31,9	29	31,9	27	32,0	24	32,0	22	32,0
45	13	32,1	15	32,2	16	32,2	17	32,3	17	32,3	17	32,4	16	32,4	15	32,4	14	32,4	13	32,5
47	15	32,5	14	32,6	14	32,6	15	32,7	16	32,7	17	32,8	17	32,8	16	32,8	15	32,9	14	32,9
49	41	32,9	32	33,0	26	33,0	23	33,1	22	33,1	22	33,2	22	33,2	22	33,3	22	33,3	21	33,3
51	52	33,3	47	33,4	40	33,4	33	33,5	28	33,5	25	33,6	24	33,6	23	33,6	23	33,7	22	33,7
53	29	33,7	34	33,8	33	33,8	29	33,9	25	33,9	21	34,0	19	34,0	17	34,0	16	34,1	16	34,1
55	16	34,0	27	34,1	35	34,2	37	34,2	36	34,3	33	34,3	29	34,4	25	34,4	23	34,4	21	34,4
57	17	34,4	25	34,5	40	34,5	60	34,6	81	34,6	101	34,7	120	34,7	135	34,8	149	34,8	162	34,8
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	7	35,1	7	35,1	7	35,2	7	35,3	7	35,3	7	35,4	7	35,4	7	35,4	7	35,5	7	35,5

Distribucion diométrica actual.

ANEXO 2: Volumen según especificación de productos (m³/ha).

1. Rodal 1

ANO	REMANUFACTURA		ASERRABLE						POSTES	TOTAL
	7	5	7	5	4,27	3,66	3,21	2,5	2,44	
36	35	110	0	31	96	38	27	18	36	391
37	78	88	1	36	91	31	31	19	33	408
38	92	85	1	44	91	31	31	22	30	427
39	106	83	1	51	90	30	31	25	30	446
40	121	80	1	58	88	29	31	20	30	459
41	135	75	3	65	86	29	31	20	31	474
42	145	80	10	62	86	28	34	18	31	493
43	154	83	12	66	84	27	33	19	30	508
44	161	89	14	68	82	28	32	20	31	523
45	173	88	16	73	80	30	30	22	29	540
46	186	89	19	99	66	36	22	24	26	568
47	199	86	20	110	64	39	18	25	26	588
48	217	73	24	124	59	38	18	25	26	602
49	240	62	35	130	58	37	18	25	25	630
50	257	52	46	130	57	37	17	25	25	647

2. Rodal 2

ANO	REMANUFACTURA		ASERRABLE						POSTES	TOTAL
	7	5	7	5	4,27	3,66	3,21	2,5	2,44	
39	186	75	35	90	55	29	19	18	24	532
40	201	68	39	97	54	29	19	18	24	549
41	214	61	44	101	53	30	17	18	25	561
42	229	56	62	86	58	30	16	20	23	579
43	242	50	67	91	56	30	15	20	23	594
44	259	40	72	99	54	32	14	20	24	614
45	277	28	74	111	50	32	13	19	24	629
46	288	27	81	140	36	34	11	22	21	660
47	298	23	88	140	37	36	10	22	21	675
48	310	19	98	141	36	38	8	22	21	695
49	321	15	108	140	35	39	7	22	21	711
50	330	12	117	140	34	41	7	22	21	724

3. Rodal 3

ANO	REMANUFACTURA		ASERRABLE						POSTES	TOTAL
	7	5	7	5	4,27	3,66	3,21	2,5	2,44	
31	52	135	4	26	78	19	29	11	31	385
32	63	133	5	30	81	19	31	12	31	405
33	83	130	5	40	73	29	28	16	31	435
34	115	107	6	56	71	32	22	18	28	455
35	142	88	8	68	70	29	28	16	28	477
36	155	80	11	81	75	26	26	18	27	499
37	188	69	15	87	74	33	17	20	26	529
38	204	66	18	117	61	33	17	22	24	562
39	222	57	20	139	52	34	17	21	25	587
40	240	49	31	147	47	35	16	20	26	611
41	258	42	48	144	43	36	16	19	27	633
42	274	35	94	95	53	36	17	20	24	648
43	289	30	106	98	49	38	15	21	24	670
44	301	28	115	101	45	39	14	21	24	688
45	313	25	124	105	42	41	12	22	25	709
46	325	22	133	117	34	45	10	24	23	733
47	335	20	142	119	31	46	9	25	23	750
48	343	19	149	121	29	47	8	25	24	765
49	352	17	157	122	27	48	7	25	24	779
50	360	15	165	123	25	49	6	25	24	792

Proyecciones futuras

ANEXO 3. Costos desglosados por rodal y escenario silvicultural.

1. Rodal 1

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5.200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5.200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8.000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5.200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.500 pl/ha	99 \$/planta	247,5
Transporte	2.500 pl/ha	1,5 \$/planta	3,8
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,9 jor/ha	5.200 \$/jor	20,3
Materiales	3,9 jor/ha	1.300 \$/jor	5,1
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			532,0

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 14	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Raleo a desecho			
Mano de obra	2,3 jor/ha	5.200 \$/jor	12,0
Materiales	2,3 jor/ha	3.600 \$/jor	8,3
Total año 14			20,2

ACTIVIDADES AÑO 18	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
9. Poda (450 arb/ha; 10 m)			
Mano de obra	15,7 jor/ha	10.500 \$/jor	164,9
Materiales	15,7 jor/ha	64 \$/jor	1,0
Total año 18			165,9

ACTIVIDADES AÑO 25	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Primer raleo comercial			
10.1 Marcación			
Mano de obra	0,9 jor/ha	5.200 \$/jor	1,1
Materiales	0,9 jor/ha	1.600 \$/jor	1,4
10.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	122 m3/aserrable	776 \$/m3	94,7
	60 m3/polines	566 \$/m3	34,0
10.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	122 m3/aserrable	1.380 \$/m3	168,4
	60 m3/polines	518 \$/m3	31,1
10.4 Mantenición de caminos			
	182 m3	50 \$/m3	9,1
Total año 25			339,7

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
11. Segundo raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1 600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	125 m3/aserrable	776 \$/m3	97,0
	72 m3/polines	488 \$/m3	35,1
11.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	125 m3/aserrable	1.380 \$/m3	172,5
	72 m3/polines	620 \$/m3	44,6
11.4 Mantenición de caminos			
	197 m3	50 \$/m3	9,9
Total año 35			361,2

ACTIVIDADES AÑO —	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
12. Cosecha*			
12.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	m3/rem y aserr	477 \$/m3	
	m3/polines	488 \$/m3	
12.2 Madereo			
3 boyerizos (incluido bueyes)	m3/rem y aserr	1.063 \$/m3	
	m3/polines	596 \$/m3	
12.3 Mantenición de caminos			
	m3	50 \$/m3	
Total año —			

*El costo por ha varia segun el volumen obtenido a una edad de cosecha determinada, por lo cual se presenta solo el valor unitario.

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
13. Administración	
	5

2. Rodal 2

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5.200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5.200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8.000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5.200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.500 pl/ha	99 \$/planta	247,5
Transporte	2.500 pl/ha	1,5 \$/planta	3,8
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,9 jor/ha	5.200 \$/jor	20,3
Materiales	3,9 jor/ha	1.300 \$/jor	5,1
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			532,0

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 18	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1.100 arb/ha; 3.5 m)			
Mano de obra	15,5 jor/ha	5.200 \$/jor	80,6
Materiales	15,5 jor/ha	52 \$/jor	6,8
9. Raleo a desecho			
9.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	65 m3/polines	566 \$/m3	36,8
9.2 Madereo			
1 boyerizo (incluido bueyes)	65 m3/polines	518 \$/m3	33,7
9.3 Mantenión de caminos			
	65 m3	50 \$/m3	3,3
Total año 18			155,1

ACTIVIDADES AÑO 25	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (350 arb/ha; 10 m)			
Mano de obra	8,3 jor/ha	10.500 \$/jor	87,2
Materiales	8,3 jor/ha	64 \$/jor	0,5
Total año 25			87,7

ACTIVIDADES AÑO 38	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5.200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	140 m3/aserrable	776 \$/m3	108,6
	57 m3/polines	566 \$/m3	32,3
11.2 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	140 m3/aserrable	1.380 \$/m3	193,2
	57 m3/polines	518 \$/m3	29,5
11.3 Mantenión de caminos			
	197 m3	50 \$/m3	9,9
Total año 38			375,5

ACTIVIDADES AÑO —	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
12. Cosecha*			
12.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	m3/rem y aserr	477 \$/m3	
	m3/polines	488 \$/m3	
12.2 Madereo			
3 boyerizos (incluido bueyes)	m3/rem y aserr	1.063 \$/m3	
	m3/polines	596 \$/m3	
12.3 Mantenión de caminos			
	m3	50 \$/m3	
Total año —			

*El costo por ha varía según el volumen obtenido a una edad de cosecha determinada, por lo cual se presenta solo el valor unitario.

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
13. Administración	
	5

3. RODAL 3

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5.200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5.200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8.000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5.200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.500 pl/ha	99 \$/planta	247,5
Transporte	2.500 pl/ha	1,5 \$/planta	3,8
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,9 jor/ha	5.200 \$/jor	20,3
Materiales	3,9 jor/ha	1.300 \$/jor	5,1
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			532,0

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1.000 arb/ha; 4 m)			
Mano de obra	16 jor/ha	5.200 \$/jor	83,2
Materiales	16 jor/ha	52 \$/jor	0,8
9. Raleo a desecho			
9.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	55 m3/polines	566 \$/m3	31,1
9.2 Madereo			
1 boyerizo (incluido bueyes)	55 m3/polines	518 \$/m3	28,5
9.3 Mantenición de caminos			
	55 m3	50 \$/m3	2,8
Total año 15			146,4

ACTIVIDADES AÑO 29	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (350 arb/ha; 14 m)			
Mano de obra	11,6 jor/ha	10.500 \$/jor	121,8
Materiales	11,6 jor/ha	64 \$/jor	0,7
Total año 29			122,5

ACTIVIDADES AÑO 30	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5.200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	118 m3/aserrable	776 \$/m3	91,6
	62 m3/polines	566 \$/m3	35,1
11.2 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	118 m3/aserrable	1.380 \$/m3	162,8
	62 m3/polines	518 \$/m3	32,1
11.3 Mantenición de caminos			
	180 m3	50 \$/m3	9,0
Total año 30			332,7

ACTIVIDADES AÑO	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
12. Cosecha*			
12.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	m3/rem y aserr	477 \$/m3	
	m3/polines	488 \$/m3	
12.2 Madereo			
3 boyerizos (incluido bueyes)	m3/rem y aserr	1 063 \$/m3	
	m3/polines	596 \$/m3	
12.3 Mantenición de caminos			
	m3	50 \$/m3	
Total año —			

* El costo por ha varia según el volumen obtenido a una edad de cosecha determinada, por lo cual se presenta solo el valor unitario.

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
13. Administración	
	5

ANEXO 4. Evaluación financiera de tres esquemas de manejo aplicados en Forestal Volpir Ltda.

1. Rodal 1

ANO	VNP (M\$/ha)						TIR (%)	VPS (M\$/ha)					
	5%	6%	7%	8%	9%	10%		5%	6%	7%	8%	9%	10%
36	1.640	1.002	545	215	-23	-195	8,89	1.983	1.143	597	230	-24	-201
37	1.683	1.023	552	216	-26	-200	5,88	2.014	1.157	601	229	-27	-206
38	1.691	1.017	541	202	-39	-212	8,81	2.004	1.142	586	214	-40	-217
39	1.704	1.018	535	194	-47	-220	8,77	2.003	1.135	576	204	-49	-225
40	1.696	1.003	518	178	-62	-232	8,71	1.977	1.110	555	186	-64	-237
41	1.684	985	499	160	-77	-244	8,64	1.948	1.084	532	168	-79	-249
42	1.685	976	487	148	-89	-254	8,58	1.934	1.068	517	154	-91	-259
43	1.668	955	467	130	-103	-266	8,51	1.901	1.040	493	135	-106	-271
44	1.650	934	446	113	-118	-278	8,44	1.868	1.012	470	116	-121	-282
45	1.636	916	429	97	-131	-288	8,38	1.841	987	450	100	-133	-292
46	1.655	919	425	91	-137	-294	8,35	1.852	987	445	94	-140	-297
47	1.644	903	409	77	-149	-303	8,30	1.829	966	427	79	-151	-306
48	1.617	877	387	59	-162	-313	8,23	1.789	934	403	61	-165	-316
49	1.622	872	378	50	-170	-320	8,20	1.786	925	393	51	-173	-323
50	1.597	848	358	34	-182	-329	8,13	1.750	896	370	35	-185	-331

2. Rodal 2

ANO	VNP (M\$/ha)						TIR (%)	VPS (M\$/ha)					
	5%	6%	7%	8%	9%	10%		5%	6%	7%	8%	9%	10%
39	1.573	878	402	75	-151	-307	8,29	1.848	979	433	79	-156	-314
40	1.550	850	375	50	-172	-324	8,19	1.807	942	401	52	-178	-332
41	1.509	810	339	20	-197	-344	8,08	1.744	892	361	21	-203	-351
42	1.485	782	312	-4	-216	-360	7,99	1.704	856	331	-4	-222	-367
43	1.453	749	282	-29	-237	-376	7,89	1.656	816	298	-30	-243	-382
44	1.430	722	257	-51	-255	-390	7,80	1.619	783	271	-52	-261	-396
45	1.395	689	228	-75	-274	-405	7,71	1.570	743	239	-77	-279	-411
46	1.400	681	216	-87	-285	-414	7,67	1.566	731	226	-90	-290	-419
47	1.358	644	185	-112	-304	-428	7,57	1.510	688	193	-115	-309	-433
48	1.328	614	159	-132	-319	-440	7,49	1.470	654	166	-135	-325	-445
49	1.289	580	131	-154	-336	-453	7,41	1.419	615	136	-158	-341	-457
50	1.245	543	102	-176	-352	-464	7,32	1.364	574	105	-180	-357	-468

Proyección futura

3. Rodal 3

ANO	VNP (M\$/ha)						TIR (%)	VPS (M\$/ha)					
	5%	6%	7%	8%	9%	10%		5%	6%	7%	8%	9%	10%
31	1 703	1 102	657	327	81	-102	9,41	2 185	1 319	749	360	87	-108
32	1 723	1 103	648	312	65	-119	9,32	2 181	1 305	732	341	69	-124
33	1 786	1 135	662	315	61	-125	9,30	2 232	1 330	741	342	65	-131
34	1 814	1 142	656	304	48	-139	9,23	2 241	1 325	729	328	50	-145
35	1 827	1 373	643	287	30	-155	9,14	2 232	1 307	709	308	32	-161
36	1 833	1 127	626	268	11	-173	9,05	2 215	1 285	686	286	12	-179
37	1 887	1 152	633	266	5	-181	9,02	2 258	1 302	689	282	5	-186
38	1 929	1 167	634	260	-4	-191	8,98	2 287	1 310	686	274	-4	-196
39	1 936	1 158	618	241	-22	-206	8,90	2 276	1 291	665	254	-22	-211
40	1 925	1 136	593	218	-43	-224	8,81	2 243	1 258	635	228	-44	-229
41	1 911	1 113	568	194	-63	-241	8,72	2 210	1 225	605	203	-65	-246
42	1 881	1 079	536	166	-87	-260	8,61	2 159	1 181	569	173	-89	-265
43	1 852	1 046	505	139	-109	-278	8,51	2 111	1 139	534	145	-111	-282
44	1 818	1 010	476	112	-131	-295	8,41	2 059	1 095	498	116	-134	-299
45	1 786	977	442	87	-151	-311	8,32	2 010	1 053	464	90	-154	-315
46	1 759	947	415	63	-170	-325	8,23	1 968	1 017	434	65	-173	-330
47	1 713	905	380	36	-191	-341	8,13	1 906	968	397	37	-194	-345
48	1 656	857	342	7	-213	-357	8,03	1 832	913	356	7	-216	-361
49	1 606	814	308	-19	-232	-372	7,93	1 768	864	319	-20	-236	-375
50	1 550	769	272	-46	-252	-386	7,83	1 698	813	282	-47	-255	-389

Proyección futura

ANEXO 5. Formato empleado en la elaboración de flujos de caja para la evaluación financiera

ITEM	Años						Edad rotación
	0	1	2	3	4	5	
ING.BRUTOS (M\$/ha)							
COSTOS (M\$/ha)							
Prep. sitio							
Control malezas							
Control lagomorfos							
Plantación							
Poda							
Raleo							
Cosecha							
Caminos							
Administración							
TOTAL COSTOS (M\$/ha)							
ING.NETOS (M\$/ha)							
IMPUESTOS (15%)							
ING.DP.IMPUESTOS (M\$/ha)							
FLUJO CAJA (M\$/ha)							

ANEXO 6: Gráficos de validación para modelos de predicción.

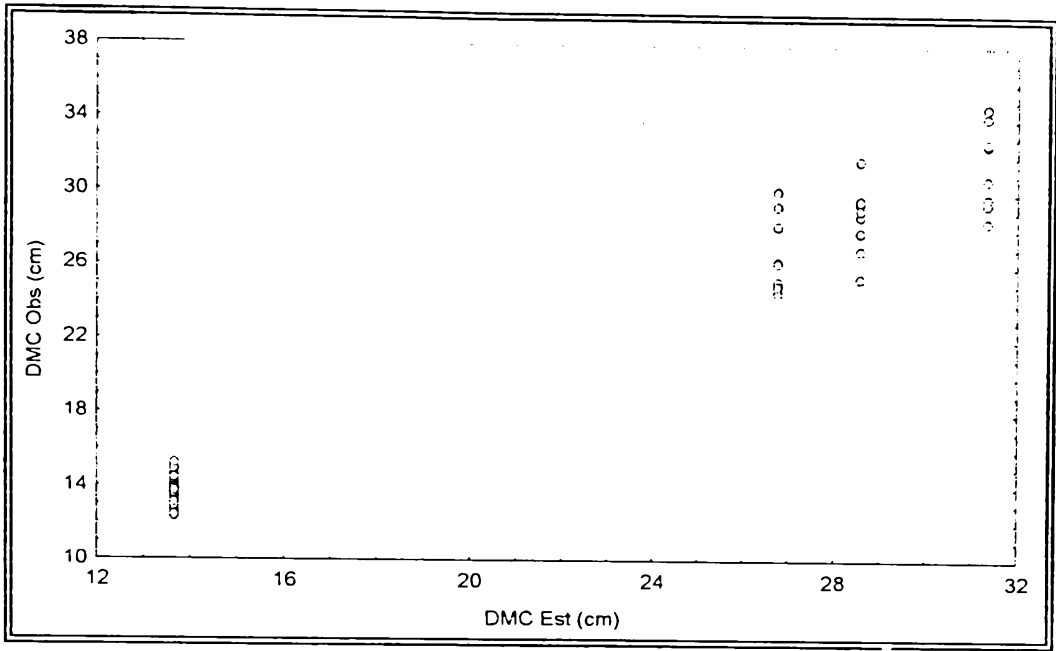


Figura 1A. Comportamiento de los valores observados versus estimados para el DMC antes de un primer raleo.

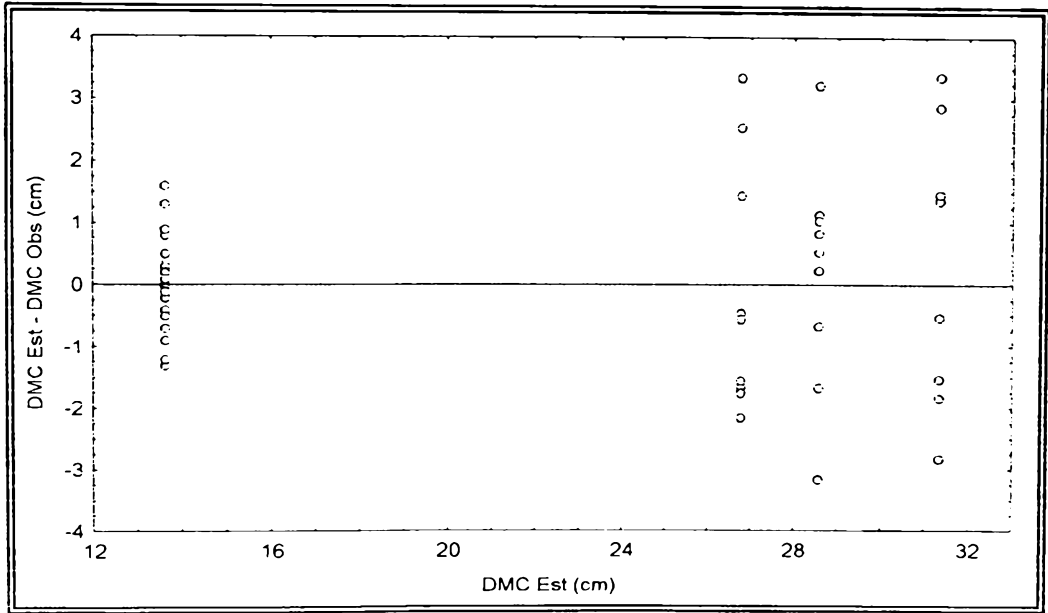


Figura 2A. Distribución de los residuos para la estimación del DMC antes de un primer raleo.

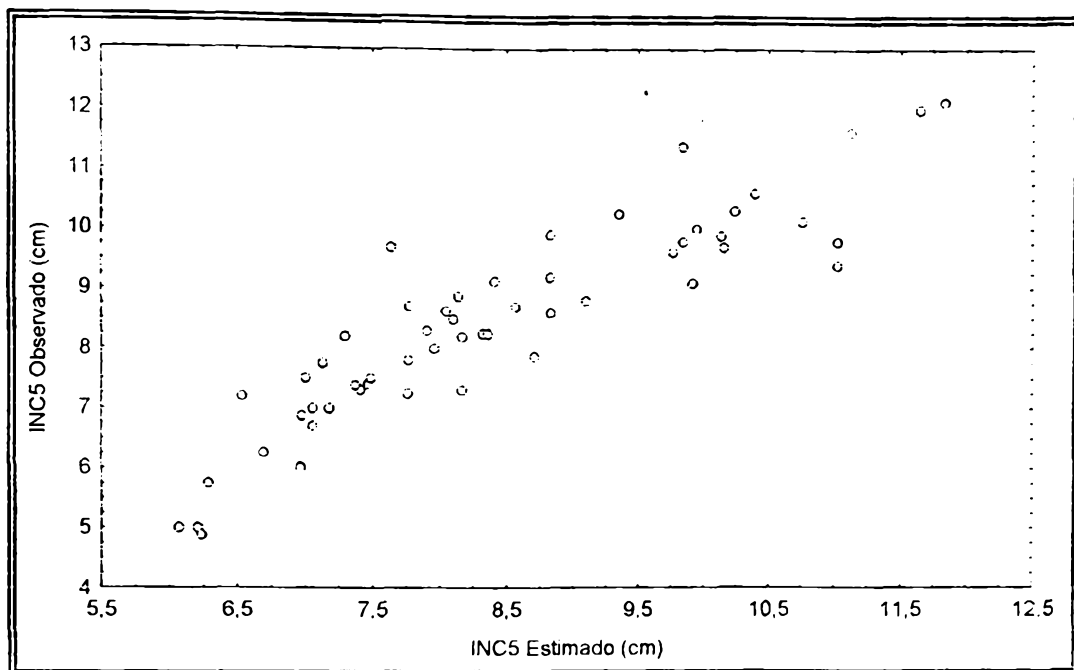


Figura 3A. Comportamiento de los valores observados versus estimados para el incremento en DAP posterior a una intervención de raleo.

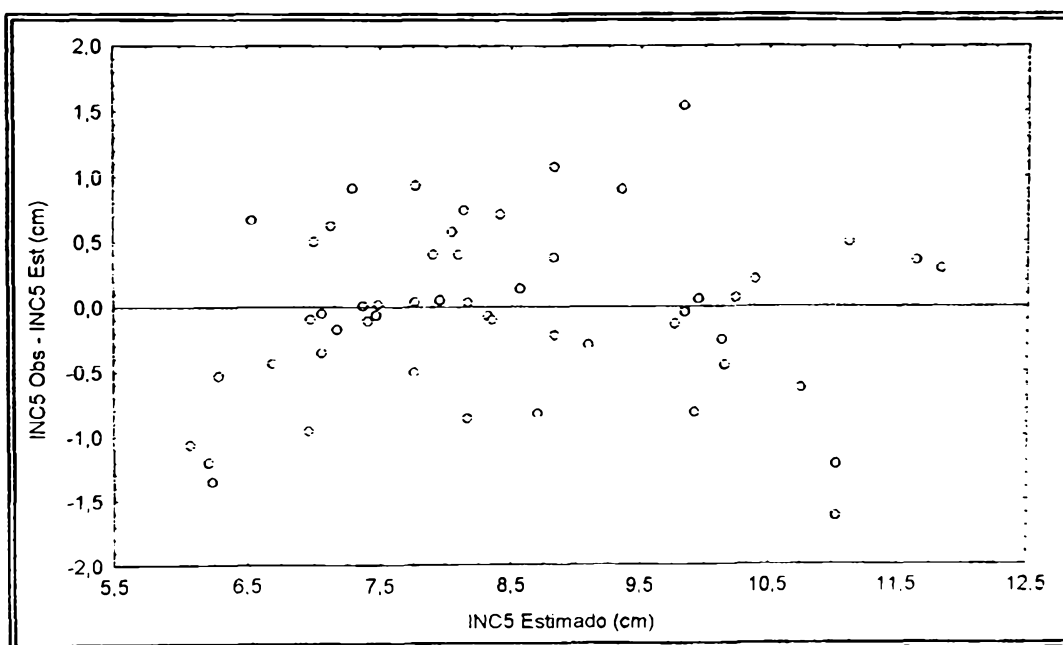


Figura 4A. Distribución de los residuos para la estimación del incremento en DAP posterior a una intervención de raleo.

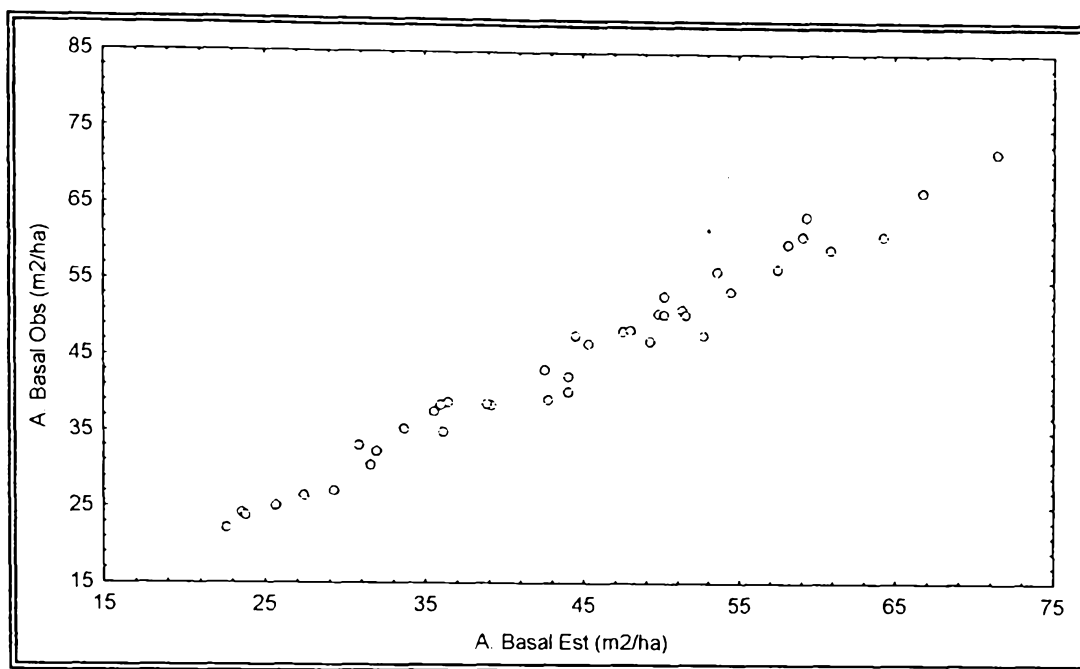


Figura 5A. Comportamiento de los valores estimados versus observados para la variable área basal.

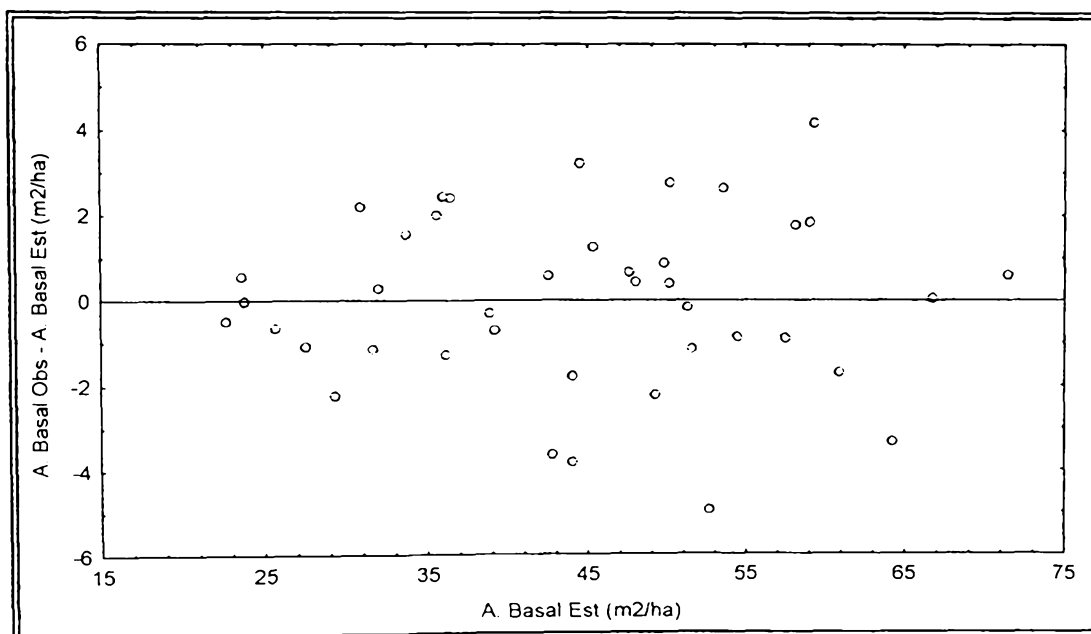


Figura 6A. Distribución de los residuos para la estimación del área basal.

ANEXO 7. Costos de manejo para diferentes densidades finales

1. Densidad final 500 arb/ha

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5 200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5 800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajos y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5 200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1 400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8 000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5 200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1 500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18 500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5 200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2 000 pl/ha	99 \$/planta	198,0
Transporte	2 000 pl/ha	1,5 \$/planta	3,0
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,1 jor/ha	5 200 \$/jor	16,1
Materiales	3,1 jor/ha	1 300 \$/jor	4,0
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5 200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5 200 \$/jor	9,9
Total año 0			476,6

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5 200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3 500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5 200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3 500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5 200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3 500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5 200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3 500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5 200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3 500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 10	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1.000 arb/ha; 3,2 m)			
Mano de obra	12.8 jor/ha	5.200 \$/jor	66.6
Metales	12.8 jor/ha	52 \$/jor	0.7
9 Raleo a desecho			
Mano de obra	2.3 jor/ha	5.200 \$/jor	12.0
Metales	2.3 jor/ha	3.600 \$/jor	8.3
Total año 10			87.6

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (750 arb/ha; 6 m)			
Mano de obra	5 jor/ha	10.500 \$/jor	52.5
Metales	5 jor/ha	64 \$/jor	0.3
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0.3 jor/ha	5.200 \$/jor	1.6
Metales	0.3 jor/ha	1.600 \$/jor	0.5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	37 m3/aserrable	776 \$/m3	28.7
	17 m3/polines	566 \$/m3	9.6
11.3 Madereo			
2 boyenzos (incluido bueyes)	37 m3/aserrable	1.380 \$/m3	51.1
	17 m3/polines	518 \$/m3	8.8
11.4 Mantenión de caminos			
	54 m3	50 \$/m3	2.7
Total año 15			155.8

ACTIVIDADES AÑO 20	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
12. Tercera poda (500 arb/ha; 7,6 m)			
Mano de obra	3 jor/ha	10.500 \$/jor	31.5
Metales	3 jor/ha	64 \$/jor	0.2
13. Raleo comercial			
13.1 Marcación			
Mano de obra	0.3 jor/ha	5.200 \$/jor	1.6
Metales	0.3 jor/ha	1.600 \$/jor	0.5
13.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	90 m3/aserrable	776 \$/m3	69.6
	17 m3/polines	566 \$/m3	9.6
13.3 Madereo			
2 boyenzos (incluido bueyes)	90 m3/aserrable	1.380 \$/m3	124.2
	17 m3/polines	518 \$/m3	8.8
13.4 Mantención de caminos			
	107 m3	50 \$/m3	5.4
Total año 20			251.6

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
14. Cosecha			
14.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	505 m3/rem y aserr	477 \$/m3	240.9
	45 m3/polines	488 \$/m3	22.0
14.2 Madereo			
3 boyenzos (incluido bueyes)	505 m3/rem y aserr	1063 \$/m3	536.8
	45 m3/polines	596 \$/m3	26.8
14.3 Mantención de caminos			
	550 m3	50 \$/m3	27.5
Total año 35			854.0

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
15. Administración	5

2. Densidad final 450 arb/ha

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5.200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5.200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8.000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5.200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.000 pl/ha	99 \$/planta	198,0
Transporte	2.000 pl/ha	1,5 \$/planta	3,0
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,1 jor/ha	5.200 \$/jor	16,1
Materiales	3,1 jor/ha	1.300 \$/jor	4,0
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			476,6

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 10	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1 000 arb/ha; 3,2 m)			
Mano de obra	12,8 jor/ha	5 200 \$/jor	66,6
Materiales	12,8 jor/ha	52 \$/jor	0,7
9. Raleo a desecho			
Mano de obra	2,3 jor/ha	5 200 \$/jor	12,0
Materiales	2,3 jor/ha	3 600 \$/jor	8,3
Total año 10			87,5

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (750 arb/ha; 6 m)			
Mano de obra	5 jor/ha	10 500 \$/jor	52,5
Materiales	5 jor/ha	64 \$/jor	0,3
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	37 m3/aserrable	776 \$/m3	28,7
	17 m3/polines	566 \$/m3	9,6
11.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	37 m3/aserrable	1.380 \$/m3	51,1
	17 m3/polines	518 \$/m3	8,8
11.4 Mantenición de caminos			
	54 m3	50 \$/m3	2,7
Total año 15			155,8

ACTIVIDADES AÑO 20	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
12. Tercera poda (450 arb/ha; 7,6 m)			
Mano de obra	2,7 jor/ha	10 500 \$/jor	28,4
Materiales	2,7 jor/ha	64 \$/jor	0,2
13. Raleo comercial			
13.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
13.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	108 m3/aserrable	776 \$/m3	83,8
	20 m3/polines	566 \$/m3	11,3
13.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	108 m3/aserrable	1.380 \$/m3	149,0
	20 m3/polines	518 \$/m3	10,4
13.4 Mantenición de caminos			
	128 m3	50 \$/m3	6,4
Total año 20			291,5

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
14. Cosecha			
14.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	480 m3/aserr y rem	477 \$/m3	229,0
	40 m3/polines	488 \$/m3	19,5
14.2 Madereo			
3 boyerizos (incluido bueyes)	480 m3/aserr y rem	1063 \$/m3	510,2
	40 m3/polines	596 \$/m3	23,8
14.3 Mantenición de caminos			
	520 m3	50 \$/m3	26,0
Total año 35			808,6

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
15. Administración	5

3. Densidad final 400 arb/ha

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5 200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Cort. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5 200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8 000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5 200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18 500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2 000 pl/ha	99 \$/planta	198,0
Transporte	2 000 pl/ha	1,5 \$/planta	3,0
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,1 jor/ha	5.200 \$/jor	16,1
Materiales	3,1 jor/ha	1.300 \$/jor	4,0
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			476,6

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5 200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5 200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5 200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3 500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5 200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3 500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 10	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1 000 arb/ha; 3,2 m)			
Mano de obra	12,8 jor/ha	5 200 \$/jor	66,6
Materiales	12,8 jor/ha	52 \$/jor	0,7
9. Raleo a desecho			
Mano de obra	2,3 jor/ha	5 200 \$/jor	12,0
Materiales	2,3 jor/ha	3 600 \$/jor	8,3
Total año 10			87,5

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (750 arb/ha; 6 m)			
Mano de obra	5 jor/ha	10 500 \$/jor	52,5
Materiales	5 jor/ha	64 \$/jor	0,3
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1 600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	37 m3/aserrable	776 \$/m3	28,7
	17 m3/polines	566 \$/m3	9,6
11.3 Maderero			
2 boyerizos (incluido bueyes)	37 m3/aserrable	1 380 \$/m3	51,1
	17 m3/polines	518 \$/m3	8,8
11.4 Mantenimiento de caminos			
	54 m3	50 \$/m3	2,7
Total año 15			155,8

ACTIVIDADES AÑO 20	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
12. Tercera poda (400 arb/ha; 7,6 m)			
Mano de obra	2,4 jor/ha	10 500 \$/jor	25,2
Materiales	2,4 jor/ha	64 \$/jor	0,2
13. Raleo comercial			
13.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1 600 \$/jor	0,5
13.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	126 m3/aserrable	776 \$/m3	100,1
	25 m3/polines	566 \$/m3	14,2
13.3 Maderero			
2 boyerizos (incluido bueyes)	126 m3/aserrable	1 380 \$/m3	173,9
	25 m3/polines	518 \$/m3	13,0
13.4 Mantenimiento de caminos			
	150 m3	50 \$/m3	7,5
Total año 20			336,0

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
14. Cosecha			
14.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	462 m3/aserr y rem	477 \$/m3	220,4
	34 m3/polines	488 \$/m3	16,6
14.2 Maderero			
3 boyerizos (incluido bueyes)	462 m3/aserr y rem	1063 \$/m3	491,1
	34 m3/polines	596 \$/m3	20,3
14.3 Mantenimiento de caminos			
	496 m3	50 \$/m3	24,8
Total año 35			773,1

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
15. Administración	5

4. Densidad final 350 arb/ha

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4.5 jor/ha	5.200 \$/jor	23.4
Materiales	4.5 jor/ha	5.800 \$/jor	26.1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14.1 jor/ha	5.200 \$/jor	73.3
Materiales	14.1 jor/ha	1.400 \$/jor	19.7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0.8 jor/ha	8.000 \$/jor	6.4
Materiales	0.8 jor/ha	127 \$/jor	0.1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6.3 jor/ha	5.200 \$/jor	32.8
Materiales	6.3 jor/ha	60 \$/jor	0.4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36.0
Alambres	0.45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8.3
Grapas	0.42 kg/ha	730 \$/kg	0.3
Mano de obra	1.7 jor/ha	5.200 \$/jor	8.8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.000 pl/ha	99 \$/planta	198.0
Transporte	2.000 pl/ha	1.5 \$/planta	3.0
2.2 Plantación			
Mano de obra	3.1 jor/ha	5.200 \$/jor	16.1
Materiales	3.1 jor/ha	1.300 \$/jor	4.0
2.3 Control de legomorfos			
Mano de obra	1.9 jor/ha	5.200 \$/jor	9.9
Insumos	1.9 jor/ha	5.200 \$/jor	9.9
Total año 0			476.6

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2.8 jor/ha	5.200 \$/jor	14.6
Materiales	2.8 jor/ha	3.500 \$/jor	9.8
Total año 1			24.4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2.8 jor/ha	5.200 \$/jor	14.6
Materiales	2.8 jor/ha	3.500 \$/jor	9.8
Total año 2			24.4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2.5 jor/ha	5.200 \$/jor	13.0
Materiales	2.5 jor/ha	3.500 \$/jor	8.8
Total año 3			21.8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2.5 jor/ha	5.200 \$/jor	13.0
Materiales	2.5 jor/ha	3.500 \$/jor	8.8
Total año 4			21.8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2.5 jor/ha	5.200 \$/jor	13.0
Materiales	2.5 jor/ha	3.500 \$/jor	8.8
Total año 5			21.8

ACTIVIDADES AÑO 10	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1 000 arb/ha, 3,2 m)			
Mano de obra	12,8 jor/ha	5 200 \$/jor	66,6
Materiales	12,8 jor/ha	52 \$/jor	0,7
9. Raleo a desecho			
Mano de obra	2,3 jor/ha	5 200 \$/jor	12,0
Materiales	2,3 jor/ha	3 600 \$/jor	8,3
Total año 10			87,5

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (750 arb/ha, 6 m)			
Mano de obra	5 jor/ha	10 500 \$/jor	52,5
Materiales	5 jor/ha	64 \$/jor	0,3
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1 600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	37 m3/aserrable	776 \$/m3	28,7
	17 m3/polines	566 \$/m3	9,6
11.3 Madereo			
2 boyenzos (incluido bueyes)	37 m3/aserrable	1 380 \$/m3	51,1
	17 m3/polines	518 \$/m3	8,8
11.4 Mantenión de caminos			
	54 m3	50 \$/m3	2,7
Total año 15			155,8

ACTIVIDADES AÑO 20	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
12. Tercera poda (350 arb/ha; 7,6 m)			
Mano de obra	2,1 jor/ha	10 500 \$/jor	22,1
Materiales	2,1 jor/ha	64 \$/jor	0,1
13. Raleo comercial			
13.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1 600 \$/jor	0,5
13.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	144 m3/aserrable	776 \$/m3	111,7
	27 m3/polines	566 \$/m3	15,3
13.3 Madereo			
2 boyenzos (incluido bueyes)	144 m3/aserrable	1 380 \$/m3	198,7
	27 m3/polines	518 \$/m3	14,0
13.4 Mantenión de caminos			
	171 m3	50 \$/m3	8,6
Total año 20			372,5

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
14. Cosecha			
14.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	445 m3/aserr y rerr	477 \$/m3	212,3
	26 m3/polines	488 \$/m3	12,7
14.2 Madereo			
3 boyenzos (incluido bueyes)	445 m3/aserr y rerr	1063 \$/m3	473,0
	26 m3/polines	596 \$/m3	15,5
14.3 Mantenión de caminos			
	471 m3	50 \$/m3	23,6
Total año 35			737,0

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
15. Administración	5

5. Densidad final 300 arb/ha

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5.200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajas y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5.200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8.000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5.200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.000 pl/ha	99 \$/planta	198,0
Transporte	2.000 pl/ha	1,5 \$/planta	3,0
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,1 jor/ha	5.200 \$/jor	16,1
Materiales	3,1 jor/ha	1.300 \$/jor	4,0
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			476,6

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 10	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1 000 arb/ha; 3,2 m)			
Mano de obra	12,8 jor/ha	5 200 \$/jor	66,6
Materiales	12,8 jor/ha	52 \$/jor	0,7
9. Raleo a desecho			
Mano de obra	2,3 jor/ha	5.200 \$/jor	12,0
Materiales	2,3 jor/ha	3.600 \$/jor	8,3
Total año 10			87,5

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (750 arb/ha; 6 m)			
Mano de obra	5 jor/ha	10 500 \$/jor	52,5
Materiales	5 jor/ha	64 \$/jor	0,3
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	37 m3/aserrable	776 \$/m3	28,7
	17 m3/polines	566 \$/m3	9,6
11.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	37 m3/aserrable	1.380 \$/m3	51,1
	17 m3/polines	518 \$/m3	8,8
11.4 Mantenión de caminos			
	54 m3	50 \$/m3	2,7
Total año 15			166,8

ACTIVIDADES AÑO 20	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
12. Tercera poda (300 arb/ha; 7,6 m)			
Mano de obra	1,8 jor/ha	10 500 \$/jor	18,9
Materiales	1,8 jor/ha	64 \$/jor	0,1
13. Raleo comercial			
13.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5 200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
13.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	162 m3/aserrable	776 \$/m3	125,7
	31 m3/polines	566 \$/m3	17,5
13.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	162 m3/aserrable	1.380 \$/m3	223,6
	31 m3/polines	518 \$/m3	16,1
13.4 Mantención de caminos			
	192 m3	50 \$/m3	9,6
Total año 20			413,53

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
14. Cosecha			
14.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	414 m3/aserr y rem	477 \$/m3	197,5
	24 m3/polines	488 \$/m3	11,7
14.2 Madereo			
3 boyerizos (incluido bueyes)	414 m3/aserr y rem	1063 \$/m3	440,1
	24 m3/polines	596 \$/m3	14,3
14.3 Mantención de caminos			
	438 m3	50 \$/m3	21,9
Total año 35			685,5

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
15. Administración	5

6. Densidad final 250 arb/ha

ACTIVIDADES AÑO 0	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
1. Preparación del sitio			
1.1 Roce			
Mano de obra	4,5 jor/ha	5.200 \$/jor	23,4
Materiales	4,5 jor/ha	5.800 \$/jor	26,1
1.2 Eliminación de desechos			
1.2.1 Conf. fajos y cortafuegos			
Mano de obra	14,1 jor/ha	5.200 \$/jor	73,3
Materiales	14,1 jor/ha	1.400 \$/jor	19,7
1.2.2 Quema			
Mano de obra	0,8 jor/ha	8.000 \$/jor	6,4
Materiales	0,8 jor/ha	127 \$/jor	0,1
1.2.3 Requema			
Mano de obra	6,3 jor/ha	5.200 \$/jor	32,8
Materiales	6,3 jor/ha	60 \$/jor	0,4
1.3 Cercado			
Postes	24 postes/ha	1.500 \$/poste	36,0
Alambres	0,45 rollo/ha	18.500 \$/rollo	8,3
Grapas	0,42 kg/ha	730 \$/kg	0,3
Mano de obra	1,7 jor/ha	5.200 \$/jor	8,8
2. Plantación			
2.1 Adquisición de plantas			
Plantas	2.000 pl/ha	99 \$/planta	198,0
Transporte	2.000 pl/ha	1,5 \$/planta	3,0
2.2 Plantación			
Mano de obra	3,1 jor/ha	5.200 \$/jor	16,1
Materiales	3,1 jor/ha	1.300 \$/jor	4,0
2.3 Control de lagomorfos			
Mano de obra	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Insumos	1,9 jor/ha	5.200 \$/jor	9,9
Total año 0			476,6

ACTIVIDADES AÑO 1	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
3. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 1			24,4

ACTIVIDADES AÑO 2	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
4. Control de malezas			
Mano de obra	2,8 jor/ha	5.200 \$/jor	14,6
Materiales	2,8 jor/ha	3.500 \$/jor	9,8
Total año 2			24,4

ACTIVIDADES AÑO 3	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
5. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 3			21,8

ACTIVIDADES AÑO 4	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
6. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 4			21,8

ACTIVIDADES AÑO 5	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
7. Control de malezas			
Mano de obra	2,5 jor/ha	5.200 \$/jor	13,0
Materiales	2,5 jor/ha	3.500 \$/jor	8,8
Total año 5			21,8

ACTIVIDADES AÑO 10	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
8. Primera poda (1.000 arb/ha; 3,2 m)			
Mano de obra	12,8 jor/ha	5.200 \$/jor	66,6
Materiales	12,8 jor/ha	52 \$/jor	0,7
9. Raleo a desecho			
Mano de obra	2,3 jor/ha	5.200 \$/jor	12,0
Materiales	2,3 jor/ha	3.600 \$/jor	8,3
Total año 10			87,6

ACTIVIDADES AÑO 15	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (M\$/ha)
10. Segunda poda (750 arb/ha; 6 m)			
Mano de obra	5 jor/ha	10.500 \$/jor	52,5
Materiales	5 jor/ha	64 \$/jor	0,3
11. Raleo comercial			
11.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5.200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
11.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	37 m3/aserrable	776 \$/m3	28,7
	17 m3/polines	566 \$/m3	9,6
11.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	37 m3/aserrable	1.380 \$/m3	51,1
	17 m3/polines	518 \$/m3	8,8
11.4 Mantenión de caminos			
	54 m3	50 \$/m3	2,7
Total año 15			155,8

ACTIVIDADES AÑO 20	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
12. Tercera poda (250 arb/ha; 7,6 m)			
Mano de obra	1,5 jor/ha	10.500 \$/jor	15,8
Materiales	1,5 jor/ha	64 \$/jor	0,1
13. Raleo comercial			
13.1 Marcación			
Mano de obra	0,3 jor/ha	5.200 \$/jor	1,6
Materiales	0,3 jor/ha	1.600 \$/jor	0,5
13.2 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	180 m3/aserrable	776 \$/m3	139,7
	34 m3/polines	566 \$/m3	19,2
13.3 Madereo			
2 boyerizos (incluido bueyes)	180 m3/aserrable	1.380 \$/m3	248,4
	34 m3/polines	518 \$/m3	17,6
13.4 Mantenión de caminos			
	214 m3	50 \$/m3	10,7
Total año 20			453,52

ACTIVIDADES AÑO 35	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	TOTAL (\$/ha)
14. Cosecha			
14.1 Volteo, desrame y trozado			
1 motosierrista (con insumos)	387 m3/aserr y rem	477 \$/m3	184,6
	13 m3/polines	488 \$/m3	6,3
14.2 Madereo			
3 boyerizos (incluido bueyes)	387 m3/aserr y rem	1063 \$/m3	411,4
	13 m3/polines	596 \$/m3	7,7
14.3 Mantenión de caminos			
	400 m3	50 \$/m3	20,0
Total año 35			630,1

ACTIVIDADES PERMANENTES	TOTAL (M\$/ha/año)
15. Administración	5

