



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Evaluación económica de esquemas de manejo intensivos  
en *Pinus radiata* D. Don, en dos calidades de sitio en la  
VIII Región**

Patrocinante: Sra. Rosa Alzamora

Trabajo de Titulación presentado  
como parte de los requisitos para optar  
al Título de **Ingeniero Forestal**.

**RODRIGO ALEXIS LEVICAN AGUILAR**

VALDIVIA  
2005

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sra. Rosa Alzamora Mallea	<u>6.3</u>
Informante:	Sra. Mariana Löbel	<u>6.5</u>
Informante:	Sr. Ruben Peñalosa W.	<u>6.8</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

---

Sra. Rosa Alzamora M.

## Agradecimientos

Quiero agradecer a la profesora Rosa Alzamora, por que sin su constante apoyo y estimulo no se Hubiera podido realizar este trabajo.

Además dar las gracias a todo el cuerpo docente de la facultad, así como también a secretarias y auxiliares, que con su buena disposición y alegría hacen que esta etapa se haga mucho mas fácil y placentera.

## Dedicatoria

Este trabajo esta dedicado a mis padres  
Sergio e Ida, como también a mis hermanas  
Marianela y Cecilia..

.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Silvicultura intensiva de <i>Pinus radiata</i>	3
2.2 Practicas de poda	4
2.2.1 Evaluación de trozas podadas	5
2.3 Practicas de raleo	6
2.3.1 Raleo a desecho	7
2.3.2 Raleo comercial	7
2.4 La madurez financiera de los bosques	7
2.4.1 Indicadores económicos para determinar la edad de rotación óptima	8
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	11
3.1 Material	11
3.1.1 Simulaciones de crecimiento	11
3.1.2 Diseños de esquemas de manejo	11
3.1.3 Calidades de sitio	12
3.1.4 Productos obtenidos en la simulación	12
3.2 Método	13
3.2.1 Simulaciones	13
3.2.2 Productos a considerar para la evaluación de esquemas	13
3.2.3 Evaluación de calidad de las trozas podadas	14
3.2.4 Evaluación económica de los regímenes silviculturales	14
4. RESULTADOOS Y DISCUSIÓN	16
4.1. Desempeño físico de las alternativas de manejo	16
4.1.1 Tendencia en el volumen total	16
4.1.2 Volumen aserrable grueso	17
4.1.3 Tendencia en el volumen de trozas podadas	19
4.1.4 Calidad del producto podado por tipo de manejo	20
4.1.5 Comportamiento del SED de productos podados en los regímenes de manejo	23
4.2 Eficiencia económica de los diseños de manejo	24
4.2.1 Evaluación de los régimenes de manejo aplicados en el IS 28	24
4.2.2 Evaluación de los régimenes de manejo aplicados en el IS 32	27
4.2.3 Relaciones entre valor del manejo (VPS) y calidad de los productos (PLI)	28

5.	CONCLUSIONES	30
6.	BIBLIOGRAFÍA	32

#### ANEXOS

1. Abstract and keywords
2. Especificaciones de productos obtenidos en la simulación
3. Estructura de costos y precios considerados en la evaluación económica
4. Volumen podado, aserrable y total para cada régimen de manejo, en ambas condiciones de sitio
5. Índice de troza podada para cada régimen de manejo, en ambas condiciones de sitio
6. SED del producto podado para régimen de manejo, en ambas condiciones de sitio
7. Valor potencial del suelo, para cada régimen de manejo en ambas condiciones de sitio

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Clasificación de calidad de la poda de acuerdo al PLI	6
Cuadro 2.	Regímenes silviculturales a evaluar	13
Cuadro 3.	Relación entre el DAP, DCD y PLI para cada régimen de manejo a los 25 años de edad, en el rodal con IS 28	22
Cuadro 4.	Relación entre el DAP, DCD y PLI para cada régimen de manejo a los 25 años de edad, en el rodal con IS 32	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Volumen total para cada régimen de manejo, en las dos condiciones de sitio	16
Figura 2.	Volumen aserrable grueso (SED>32 cm) por régimen de manejo, en ambas calidades de sitio	18
Figura 3.	Volumen podado por cada régimen de manejo, en las dos calidades de sitio	19
Figura 4.	Tendencias de PLI en función del manejo y la calidad de sitio, para un rango de edad entre 23 y 28 años	21
Figura 5.	Volumen podado y PLI para cada régimen de manejo a los 25 años, en las dos condiciones de sitio	23
Figura 6.	Volumen podado y SED para cada régimen de manejo a los 25 años, en las dos condiciones de sitio	24
Figura 7.	Comportamiento del VPS con la edad, por tipo de manejo, en IS 28	25
Figura 8.	Comportamiento del VPS en cada régimen por tipo de modalidad de raleo, en IS 28	26
Figura 9.	Comportamiento del VPS con la edad, por tipo de manejo y en el IS 32	27
Figura 10.	Comportamiento del VPS en cada régimen por tipo de modalidad de raleo, en el IS 32	28
Figura 11.	Comportamiento del VPS y PLI para cada régimen, a los 25 años y en las dos condiciones de sitio	29

## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La silvicultura intensiva en *Pinus radiata* ha sido una práctica común en Nueva Zelanda, su éxito radica fundamentalmente en la obtención de productos de alta calidad, que en definitiva les han permitido obtener mayores retornos económicos en forma sostenida.

Estos conocimientos fueron incorporados a nuestro país, desde fines de la década de los setenta, siendo aplicados hoy en día a una proporción importante de la superficie plantada con esta especie. No obstante, no se han logrado los volúmenes y retornos esperados, principalmente por deficiencias en las pautas que definen el diseño de los esquemas.

Por esta razón, en el presente estudio se evaluaron en términos físicos y económicos tres tipos de manejo intensivos aplicados a dos condiciones de sitio en particular (IS 28;32), estos se encuentran clasificados a groso modo según el tipo de raleo; es decir; aplicando sólo raleos comerciales, sólo raleos a desecho y raleos a desecho con raleos comerciales, además de las podas para conseguir la primera troza libre de nudos.

Con esto, se obtuvo que el grupo de regímenes de manejo que consideró sólo raleos a desecho, obtuvo un mejor desempeño en el volumen de mayor calidad y valor aserrable podado y no podado, ello se manifestó en ambas condiciones de sitio. Estos esquemas además obtienen un producto podado de mayor calidad, en tal caso, sus valores de PLI y SED son ampliamente superiores a los regímenes que consideraron otra modalidad de raleo.

En cuanto a la factibilidad económica de estos regímenes (sólo raleos a desecho), fueron mucho más rentables que los de otras modalidades, llegando a obtener valores de VPS superiores en 300% (IS28) y 70% (IS32), sobre los esquemas que consideran sólo raleos comerciales.

La eficiencia de estos regímenes en términos de maximizar la renta del suelo fue muy superior. Así al rankear todos los diseños, los esquemas de tendencia neozelandesa obtuvieron los primeros lugares.

**Palabras claves:** Manejo intensivo, *Pinus radiata*, PLI, Renta del Suelo.



## 1. INTRODUCCIÓN

La silvicultura intensiva en *Pinus radiata* ha sido una práctica común en Nueva Zelanda desde mediados del siglo veinte, su éxito radica fundamentalmente en la obtención de productos de alta calidad, que en definitiva les han permitido obtener mayores retornos económicos en forma sostenida.

Las actividades de mayor importancia en este tipo de manejo son la poda y el raleo, donde una correcta aplicación de éstas es fundamental en la obtención de productos de alto valor. El objetivo de la poda es la producción de madera libre de nudos alrededor de un pequeño cilindro nudoso, lo cual según Bown (1998) se logra realizándolas a una temprana edad y en forma continua. En cuanto a los raleos, estos permiten concentrar el crecimiento en determinados árboles mejorando su calidad, y donde su aplicación esta en función de su oportunidad silvícola y no comercial, por lo que generalmente se realizan raleos a desecho.

Estos conocimientos fueron incorporados a nuestro país, desde fines de la década de los setenta, siendo aplicados hoy en día a una proporción importante de la superficie plantada con esta especie. Actualmente, el volumen exportado de madera serrada en Chile es del orden de los 624.550 m<sup>3</sup> (Primer trimestre), teniendo una participación del 20.1 % en las exportaciones forestales, que llegaron a los US\$ 852 millones en este trimestre (INFOR, 2005).

Los principales problemas que han encontrado las empresas forestales, es la correcta aplicación y asignación de los regímenes silviculturales en las categorías de suelo respectivos, ya que actualmente una proporción importante de regímenes clear se han usado en sitios medios, donde la aplicación de este tipo de silvicultura es mas que discutible (Meneses y Guzmán, 2000b).

Es por esta razón de la pertinencia del presente estudio, donde se evaluará en términos físicos y económicos tres tipos de manejo intensivos aplicados a dos condiciones de sitio en particular, estos se encuentran clasificados a grosso modo según el tipo de raleo; es decir; aplicando sólo raleos comerciales, sólo raleos a desecho y raleos a desecho con raleos comerciales.

Para la correcta selección y evaluación de estos regímenes silviculturales, se debe considerar fundamentalmente aspectos técnicos y financieros. La evaluación técnica, analiza la factibilidad silvícola de realizar ciertas intervenciones y de obtener los resultados previstos, en este caso corresponde a volumen aserrable podado y no podado de alta calidad. La evaluación financiera, define criterios de decisión y analiza la factibilidad financiera, de realizar un régimen técnicamente factible. Por lo general aspectos técnicos y financieros deben ser conciliados (Bown, 1998).

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia silvícola de ocho diseños de esquemas de manejo orientados a la producción de trozas aserrables de calidad, en dos condiciones de productividad de sitio en la VIII Región.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- i. Caracterización de ocho diseños de manejo intensivo en relación a pautas silvícolas, variables dasométricas y expectativas de calidad de rollizos.
- ii. Análisis y comparación del desempeño de los esquemas, en relación al volumen y calidad de productos.
- iii. Evaluar la rentabilidad de los diseños aplicados, mediante la Renta del Suelo.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Silvicultura intensiva de *Pinus radiata*

En los años sesenta existía una gran incertidumbre acerca de la capacidad de respuesta al manejo, por parte de esta especie, la cual era cultivada a gran escala en algunos países como; Nueva Zelanda, Australia, Africa del Sur y España (Smith, 1964).

En estos cuatro países existían criterios muy diversos en cuanto al raleo de las plantaciones de *P. radiata*, donde son muchos los factores que intervienen, y entre los cuales cabe destacar:

- a) Mercados existentes
- b) Costo de operación
- c) Disponibilidad de mano de obra
- d) Estado sanitario del bosque

Durante los primeros años de la década de los sesenta, en Nueva Zelanda se desarrollaron una serie de regímenes, los que mantuvieron una permanente controversia en relación a la poda y el raleo. En 1963, el Forest Research Institute (FRI) organizó un simposio para abordar el tema. Las principales conclusiones de la conferencia fueron que el cultivo debiera proporcionar la mayor cantidad posible de madera aserrada de alta calidad, que el tiempo de aplicación de la poda es el factor crítico en la producción de madera libre de nudos y que las podas debieran realizarse antes que el raleo. Había una inmensa cantidad de interrogantes sin embargo, uno de los mayores problemas era el hecho de que no existían objetivos silviculturales claros. Por ejemplo, algunos planteaban maximizar el volumen total, mientras otros proponían maximizar el volumen de madera libre de nudos o de madera estructural. Un tercer grupo era partidario de maximizar el retorno financiero (Bown, 1997).

Posteriormente, Fenton y Sutton (1968) propusieron un régimen de manejo distinto a los seguidos hasta ese momento, el cual eliminaba todos los raleos comerciales. Adicionalmente, señalan que las trozas más valiosas son las dos primeras de cada árbol y que la silvicultura debiera tener como objetivo mejorar su calidad (de allí, la necesidad de raleo temprano a baja densidad). Su propuesta fue la siguiente:

- Reducir la rotación a 25 años
- Efectuar tres podas con levante de 6 m
- Efectuar 2 raleos a desecho

Este ha sido el enfoque clásico a la silvicultura de *P. radiata* en Chile a partir de la década de los setenta, y sin duda representa un tremendo aporte al desarrollo de la silvicultura moderna (Bown, 1997).

Según Meneses y Guzmán (2000b), en Chile antes de la década de los setenta se aplicó una silvicultura orientada a la obtención de material pulpable. Luego, con la perspectiva de los mercados de exportación de trozas gruesas, las plantaciones se empezaron a ralear, conformando regímenes orientados a la producción de trozas aserrables. Finalmente, en la primera mitad de la década del ochenta se inicia la aplicación masiva de la silvicultura orientada a la producción de madera de alta calidad.

Lavery (1986) citado por Bown (1997), reconoce los siguientes tres regímenes de manejo silvicultural:

- Régimen orientado a la producción de trozas pequeñas (pulpable): Altas densidades de plantación (1.400 – 3.000 árboles/hectárea) y rotaciones de 18 a 20 años.
- Regímenes tradicionales orientados a trozas aserrables: Por lo general uno a tres raleos comerciales, con control del grosor de ramas y densidades que oscilan entre 1.100 – 1.400 arb/ha.
- Regímenes directos orientados a la producción de trozas de alto valor: Promueve la obtención de trozas de alto valor mediante la aplicación de podas tempranas y raleos a desecho.

En la silvicultura chilena, se han detectado problemas de asignación de estos regímenes silvícolas en las categorías de suelo respectivas, entre las más relevantes tenemos: primero, una proporción importante de regímenes pulpables en sitios medios y buenos. Segundo, una gran proporción de regímenes aserrables en sitios malos. Y tercero, una proporción importante de regímenes clear en sitios medios, en los cuales la aplicación de este tipo de silvicultura es más que discutible (Meneses y Guzmán, 2000b).

## **2.2 Prácticas de poda**

La poda es una técnica básica e imprescindible cuando se decide ingresar al mercado de la madera de calidad y alto valor (Loewe, 2002).

Según Fry (1979), la mayor parte de las operaciones de poda tienen como objetivo fundamental la producción de madera libre de nudos. Para lo cual todos los defectos tales como, muñones, cicatrices de oclusión y torceduras, deben concentrarse en la posición central del fuste constituyendo lo que se conoce, según Park (1980, 1982, 1994) y Park y Lemán (1983), como el diámetro del cilindro con defectos (DCD).

Es evidente que se hace necesario minimizar el diámetro del cilindro con defectos y maximizar el diámetro de cosecha final, para lograr el óptimo en la producción de madera libre de nudos.

Según Meneses y Guzmán (2000a), el régimen de podas afecta el comportamiento y magnitud del DCD y en alguna medida tiene influencia sobre el diámetro a la edad de cosecha, limitándolo más de lo conveniente en el caso de podas muy severas.

Además según los autores existen dos aspectos decisivos en la obtención de madera clear, estos son:

- Altura de poda: La mayor potencialidad para producir madera clear se encuentra en la troza basal del árbol, y podas posteriores a las necesarias retardan el crecimiento global del árbol, y especialmente el crecimiento en diámetro.
- Edad y frecuencia de las podas: Los menores DCD se logran con podas tempranas y frecuentes (5 – 6 años).

Por lo común, según Velasco (1992) la principal desventaja de la poda es la alta inversión que se requiere en relación al largo periodo de retorno que esta presenta, además señala que la poda de árboles es el tratamiento intermedio más costoso cuando se estima sobre una base individual.

Estos costos varían mucho y según Daniels y Barker (1980), dependen del costo inicial de la poda, la tasa de interés que se carga sobre la inversión, la duración del periodo necesario para producir el volumen deseado de madera libre de nudos y del ingreso que finalmente se obtendrá por este tipo de madera.

### 2.2.1 Evaluación de trozas podadas

La potencialidad de los productos podados para producir madera aserrada libre de nudos, se puede medir utilizando un indicador que asocia estrechamente la calidad de la materia prima con la producción de este tipo de maderas. Se trata del índice de troza podada (PLI) desarrollado por Park (1989), la cual tiene la siguiente expresión:

$$PLI = \sqrt{\frac{(D_{1.3} - DCD)}{10}} * \left(\frac{D_{1.3}}{DCD}\right) * \left(\frac{C_{vol}}{L_{vol}}\right)^{1.6}$$

Donde:

$DCD$  : Diámetro del cilindro con defectos (mm)

$D_{1.3}$  : Diámetro de la troza sin corteza a 1.3 m del diámetro mayor (mm)

$C_{vol}$  : Volumen de madera común en la troza ( $m^3$  ssc)

$L_{vol}$  : Volumen total de la troza, según Newton ( $m^3$  ssc)

La función de PLI considera el tamaño de la troza al incorporar la variable  $D_{1.3}$ , que está correlacionada con el volumen; la forma de la troza, con el cociente  $CVOL / LVOL$ ; y las características internas a través del DCD. Se elaboró como una medida absoluta de la calidad de la troza, para esto se basó solamente en variables medibles del trozo

Según Meneses y Guzmán (2000a), el PLI es un indicador a nivel de troza, y expresa la potencialidad de ésta para producir madera aserrada clear a partir de variables

medibles, independientemente de variables propias de las unidades industriales de procesamiento. De allí que el PLI presente una gran versatilidad de aplicaciones, tanto en el campo industrial como en el propiamente forestal (Park 1989b, Park 1989c, Park 1989d, Park 1994).

Park (1994), describió algunas ventajas del índice, como por ejemplo:

- El PLI efectivamente “rankea” las trozas podadas y proporciona una base imparcial para comparaciones directas.
- El índice mismo puede usarse como una evaluación inmediata de la calidad del trozo podado.
- Permite construir un rango de valores que indican la efectividad de la poda (cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de calidad de la poda de acuerdo al PLI

Calidad de la troza podada	Valor PLI
Poda no efectiva	0 – 1.9
Pobre	2 – 3.9
Satisfactoria	4 – 5.9
Buena	6 – 7.9
Muy Buena	8 – 9.9
Excelente	> 10

### 2.3 Prácticas de raleo

El régimen de raleos es determinante en el tamaño del diámetro a la edad de cosecha del rodal, siendo su objetivo lograr el mayor diámetro posible.

James (1976) citado por Fernández (2001), afirma que los rodales que no han recibido raleos están sujetos a pérdidas de volumen a través de la mortalidad natural y a reducidos incrementos diametrales por efecto de la supresión. Árboles mal formados se presentarán en el rodal y esto puede resultar en pérdida de volumen y en restringir la elección del método de cosecha. Agrega, que el tamaño de las piezas será más pequeñas en rodales sin raleo que en rodales raleados de la misma edad y el trabajo contenido por unidad de volumen extraído será consecuentemente mayor.

Según Meneses y Guzmán (2000a), existe una tendencia o relación entre el diámetro final a la edad de rotación, con la edad del segundo raleo y la densidad final. Por lo cual es recomendable realizar raleos a tiempo, el primero junto con la poda y el segundo alrededor de los 10 años, y llegar a una densidad final de 300 a 350 árboles/ha.

### 2.3.1 *Raleo a desecho*

Según Quiroz (2001), es la práctica más reciente en los manejos intensivos tendientes a la producción de madera libre de nudos, y corresponde a la reducción de la densidad del rodal, pero sin la obtención de madera de dimensiones comerciales. La principal ventaja de este tipo de intervención es que produce un aumento de la producción de madera de alta calidad en la edad de rotación.

### 2.3.2 *Raleo comercial*

Según Quiroz (2001), el raleo comercial es la corta intermedia que permite la extracción de árboles juveniles con madera utilizable como postes, trozas pulpables, y en el mejor caso hasta pequeñas trozas aserrables que generan retornos intermedios dentro del período de rotación.

Fenton y Sutton (1968), propusieron eliminar los raleos comerciales, argumentando que en sitios de alta productividad, los raleos en cuestión no permiten aumentar el volumen comercial al final del turno de rotación, como tampoco generar retornos intermedios suficientes para compensar la pérdida de crecimiento de los árboles finales.

## 2.4 **La madurez financiera de los bosques**

La información requerida para la selección y evaluación de regímenes silviculturales es bastante variada e incluye, entre otras, las variables de estado del rodal, los costos de producción, la especificación de los productos y de sus precios, y los rendimientos por tipo de producto (Bown, 1998).

En tal sentido la edad óptima de cosecha, así como los retornos percibidos son los resultados económicos más relevantes para tomar decisiones de manejo.

Según Morales (1983), dentro del análisis de la factibilidad económica el problema es decidir cuando un rodal se encuentra en su madurez financiera o rotación económica. Para explicar este concepto de Duerr, parte por distinguir tres grupos de costos, cuya división resulta de aplicar los criterios de actualización a distintos planes de pago.

- **Costos del tipo “a”:** o de espera de la rotación.
- **Costos del tipo “b”:** de postergación de la cosecha de rotaciones futuras.
- **Costos del tipo “c”:** o el costo de regular el stock en crecimiento de modo de permitir cosechas anuales.

Para el caso de los costos de tipo “a” que propone, y llama Madurez Financiera no ajustada (regulada), básicamente se determina en aquel punto donde el crecimiento corriente valorado expresado en tanto por uno, se iguala con la tasa alternativa de

retorno. Esto significa que expresar la madurez financiera de otra forma implica que para alcanzar la mejor rotación (no la óptima) se debe postergar la posibilidad de corta inmediata con el propósito de alcanzar la más alta cosecha posible.

Es evidente que en esta aproximación el problema resuelve sólo para una rotación, la actual. Con el propósito de generalizar Duerr introduce los costos de tipo “b”, con lo cual incorpora un modelo de manejo regular para infinitas rotaciones que generan un ingreso al final de cada una de ellas y llega así a determinar la rotación de máxima renta del suelo, o máxima rotación periódica en un horizonte infinito. Finalmente con los costos del tipo “c”, llega a determinar el largo de rotación para un bosque organizado para producción anual continua (Morales, 1983).

#### 2.4.1 Indicadores económicos para determinar la rotación óptima

Según Chacón (1995), estos indicadores tienen una aplicación muy frecuente en materias muy importantes como la valorización del suelo y del vuelo, la determinación de la edad de rotación de los rodales coetáneos, además de la medición de rentabilidad de inversiones forestales, materias claves para planificar el bosque en el largo plazo.

##### **Valor actual neto (VAN).**

Es el indicador más ampliamente conocido en análisis financiero, consiste en el valor presente descontado de los ingresos y costos en el tiempo. Tiene como ventaja el considerar todo el horizonte de planificación del proyecto forestal y el costo de capital para una rotación (Gutiérrez, 1985).

El criterio de este indicador consiste en obtener la diferencia entre los valores actualizados de los beneficios y los valores actualizados de los costos, y dado que los primeros se anotan con signo positivo y los segundos con signo negativo, la decisión es buena si  $VAN > 0$  y mala si  $VAN < 0$  (Chacón, 1995).

La expresión general de este indicador en términos matemáticos, es presentada a continuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

$I_t$  : Ingreso en el período  $t$  (\$/ha)

$C_t$  : Costo en el período  $t$  (\$/ha)

$i$  : Tasa de interés anual expresada en decimal



### Tasa interna de retorno (TIR).

Este segundo indicador es prácticamente una derivación del anterior, con la diferencia de que se expresa bajo la forma de una tasa de ganancia en vez de un monto de dinero (Chacón, 1995)

Matemáticamente la TIR es aquella tasa que hace el VAN igual a 0. Por lo tanto, si la ecuación del VAN se iguala a cero, dejando la tasa como incógnita, se obtiene la TIR.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} = 0$$

Donde:

$I_t$  : Ingreso en el período  $t$  (\$/ha)

$C_t$  : Costo en el período  $t$  (\$/ha)

$i$  : Tasa de interés anual expresada en decimal

### Valor potencial del suelo (VPS).

Según Chacón (1995), corresponde al valor actual de una serie infinita de pagos que ocurren cada cierto número de periodos, el planteamiento matemático se presenta a continuación.

$$VPS = \frac{P(t) * Q(t) - \sum_j SC_j * (1+i)^{t-j} - C}{(1+i)^t - 1} - C_o - \frac{a}{i}$$

Donde :

$P_t$  : Valor de la madera en pie en la edad de rotación  $t$  (\$/m<sup>3</sup>)

$Q_t$  : Rendimiento del rodal a la edad  $t$  (m<sup>3</sup>/ha)

$SC_j$  : Costos silvícolas (podas, raleos, fertilización, etc.) a la edad  $j$  (\$/ha)

$C$  : Costo de reforestación (\$/ha)

$C_o$  : Costo de forestación (\$/ha)

$a$  : Costo de administración anual (\$/ha /año)

$i$  : Tasa de interés anual expresada en decimal

Según Chang (1984), el VPS es un indicador clásico dentro de los criterios de inversión en proyectos forestales. Fue desarrollado por Faustmann en 1849, durante la búsqueda de un indicador adecuado para la determinación de la edad de rotación óptima para rodales coetáneos. Presenta como ventajas principales:

- Al igual que el VNP, considera los ingresos y costos en el tiempo durante toda la vida del proyecto, además del costo del capital.

- El VPS, a diferencia del VNP, considera el costo de oportunidad de permanecer como dueño de la tierra, en vez de venderla y destinar esos recursos a la mejor alternativa reflejada por la tasa de descuento (Chang, 1984).
- Entrega fácil y directa comparación para varios escenarios de evaluación como los son: diferentes especies, una especie con diferentes proyectos, o distintos largos de rotación, dado que el horizonte de comparación es el mismo, es decir, infinitas rotaciones (Davis y Johnson, 1987).

Este modelo de Faustmann se diferencia del primero en que toda la renta económica se le acredita a la tierra y tiene como su objetivo maximizar la renta de la tierra. Por otra parte, el modelo general otorga a la tierra sólo su valor de mercado actual; cualquier excedente se trata como la renta capturada por el empresario por sobre su propio valor de mercado. La existencia de tal excedente, posiblemente conduzca al ajuste del precio de mercado de los factores productivos hasta que la renta económica o el excedente se iguala a cero (Morales, 1983).

Desde un punto de vista financiero, la práctica común para evaluar la bondad de un régimen silvicultural, es evaluar diferentes alternativas, y elegir aquella que reditúa la mayor rentabilidad. Con este propósito, usualmente se construyen flujos de caja, representando para cada período los costos e ingresos hasta el final del horizonte de planificación (usualmente una rotación). Posterior a ello, se calculan los retornos netos descontados al presente, sumándose para formar el Valor Presente Neto (VPN). Este valor puede ser agregado en una serie periódica infinita de valores iguales, constituyendo el valor esperado del suelo (VES), el que representa el principal criterio para la selección del mejor régimen (Bown, 1998).

### **Renta del suelo (RS)**

Corresponde simplemente a una renta anual perpetua, se estima como un valor anual a partir del Valor Potencial del Suelo.

$$RS = VPS \times i$$

Donde:

*VPS* : Valor potencial del suelo (\$/ha)

*i* : Tasa de interés anual expresada en decimal

De acuerdo a la teoría expuesta maximizar la Renta del Suelo es análogo a maximizar el Valor Potencial del Suelo, lo que varía es la unidad de tiempo en la que se observa la rentabilidad.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El siguiente trabajo se realizó en el marco del proyecto FONDEF denominado: “Desarrollo de un Sistema Tecnológico Industrial y Silvícola para mejorar la competitividad en la producción de maderas aserradas clear (moulding & better, shop y remanufacturas) de *Pinus radiata*” (Fondef D00I1159).

De acuerdo a este proyecto se obtuvo la información requerida, que trata de simulaciones de crecimiento de ocho esquemas de manejo intensivo, en dos condiciones de productividad de sitio.

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1 Simulaciones de crecimiento

Las simulaciones obtenidas fueron logradas mediante el simulador RADIATA, el cuál permite modelar el crecimiento y manejo de *P. radiata* de acuerdo a funciones específicas para una zona de crecimiento en particular, en este caso corresponde a la zona 07 perteneciente al secano interior de la VIII región (Río Itata–Hualqui).

##### 3.1.2 Diseños de esquemas de manejo

Es sabido que la eficiencia silvícola en la producción de madera clear aumenta en relación con la intensidad de la silvicultura aplicada, pero en la mayoría de las veces se habla sólo en términos de rendimientos al final de la edad rotación, sin tomar en cuenta aspectos económicos, como los costos involucrados en cada actividad silvicultural, que en definitiva pueden hacer de un régimen menos rentable.

En el presente estudio se realizaron las proyecciones de los ocho esquemas de manejo diferenciados según su modalidad de raleo, entonces tenemos:

- Dos que consideran podas y sólo raleos comerciales.
- Tres que consideran podas y un raleo a desecho y uno comercial.
- Tres que consideran podas y sólo raleos a desecho.

Una descripción más detallada con la edad e intensidad de cada régimen se muestra en el cuadro 2, donde cabe mencionar que el régimen 3 presenta en su diseño árboles seguidores, lo que ha sido una tendencia en Chile dejando estos árboles hasta el final de la edad de rotación en esquemas que poseen raleos comerciales y a desecho.

Por el hecho que este régimen de manejo (R3) considera árboles seguidores o acompañantes, no pudo ser proyectado fielmente con el Simulador RADIATA. Así para sobrellevar este problema, se aplicó un castigo al volumen, basándose en información de empresas forestales chilenas que aplican tales esquemas de manejo, y la información experimental y operativa de Nueva Zelanda.

### *3.1.3 Calidades de sitio*

La calidad de sitio, determina la capacidad de reacción de la plantación a algún tipo de intervención, de esta forma mientras esta sea mejor, mayor es la capacidad para producir productos de calidad. Según Meneses y Guzmán (2000) en sitios de mala calidad ( $IS \leq 29$ ) la situación es completamente desfavorable para la producción de madera clear.

En este trabajo, las proyecciones de crecimiento y calidad obtenidas mediante la simulación, se realizaron en base a dos índices de sitio específicos; 28 y 32, donde el primero representa una condición de regular a mala en la producción de madera libre de nudos, y de buena a óptima en el caso del segundo.

### *3.1.4 Productos obtenidos en la simulación*

Según Bown (1998), uno de los requerimientos más importantes, para evaluar la bondad de un régimen silvicultural dado, es conocer claramente los probables productos a obtener a base de una caracterización precisa de ellos. Estos se clasifican según sus dimensiones externas, es decir largos mínimos y máximos, diámetros mínimos, curvatura, nudosidad, etc.

Los productos podados, además son clasificados mediante indicadores de calidad, como el índice de troza podada (PLI). Ya que la magnitud del volumen de la troza no guarda directa relación con la calidad de la madera de ésta, debido a que características internas del rollizo como el DCD, tienen una relación directa con la producción de madera libre de nudos.

La información adquirida corresponde a volumen podado y no podado de cada régimen de manejo a una edad determinada, en el caso del volumen no podado este se encuentra clasificado por índice de utilización. Ver anexo 2.

Cuadro 2. Regímenes silviculturales a evaluar.

		Regímenes de manejo <sup>1</sup>							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Densidad inicia (árb/ha)		1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
DOS (cm)		15-17	15-17	15-17	15-17	15-17	15-17	15-17	15-17
Podas									
1	árb.pod/ha	700	700	600	600	750	750	380	380
2	árb.pod/ha altura poda (m)	500	500	500	600	550	750	380	330 5.5
3	árb.pod/ha altura poda (m)	500	550 5.5	250	600 5.5	400 5.5	500 5.5	330 5.5	
4	árb.pod/ha altura poda (m)	500 5.5		200 5.5					
Raleos									
1	Edad árb/residuales	9 600	9 600	1ª Poda 750	1ª Poda 600	1ª Poda 750	1ª Poda 750	1ª Poda 380	1ª Poda 380
2	Edad árb/residuales	12 400	12 400	12 400	12 350	12 400	3ª Poda 330	3ª Poda 330	2ª Poda 330

## 3.2 MÉTODO

### 3.2.1 Simulaciones

El resultado de la simulación permitió obtener proyecciones de crecimiento de los ocho diseños, además se obtuvieron variables cuantitativas como incremento volumétrico, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro sobre muñón (DOS), lo que permitió analizar los regímenes de acuerdo a su desempeño físico.

### 3.2.2 Productos a considerar para la evaluación de los esquemas

Para evaluar el desempeño físico de los esquemas de manejo en ambas condiciones de sitio, se consideraron tres productos.

- Volumen Podado
- Volumen aserrable grueso (Diámetro menor > 32 cm)
- Volumen total a la edad de cosecha

<sup>1</sup> 1 y 2 Sólo raleos comerciales  
3, 4 y 5 Raleos a desecho y comerciales  
6, 7 y 8 Sólo raleos a desecho

### 3.2.3 Evaluación de calidad de las trozas podadas

Para ver la calidad de los productos podados obtenidos por cada régimen de manejo, se determinaron indicadores de calidad, a partir de variables arrojadas en los resultados de la simulación.

- a) Estimación del *small end diameter (SED)* :El SED se calculó a partir de las clases diamétricas de cada diseño, la cual se pondero con el volumen podado, obteniendo un SED promedio para cada régimen y para cada edad.
- b) Estimación del índice de troza podada (PLI): Para lograr este indicador calidad, fue necesario obtener la variables que definen su formula (Park, 1989).

Para eso el diámetro medio cuadrático obtenido por cada régimen se considero como el  $D_{1.3}$  , para así obtener un indicador a nivel de rodal.

El diámetro del cilindro con defectos (DCD), se estimó a partir del DOS de los árboles dominantes y codominantes de la primera poda, ya que Según Olivares *et al.*, (1984), una buena estimación para el DCD resulta de la suma del DOS, más tres centímetros por efecto de cicatrización de la poda y tres por efecto de la sinuosidad de la medula. Esta fue la metodología que se utilizó para obtener un valor de DCD a nivel de rodal.

En cuanto al  $Cvol / Lvol$  se utilizó la siguiente función, correspondiente a la zona de simulación.

$$Cvol / Lvol = -A + B \times Ln(Edad) + C \times Ln(IS)$$

Donde:

- $A, B$  y  $C$  : Coeficientes
- $Ln$  : Logaritmo natural
- $Edad$  : Edad (años)
- $IS$  : Índice de sitio (m)

### 3.2.4 Evaluación económica de los regímenes silviculturales

Para la determinación de la mejor opción de manejo, es necesario identificar todos los costos e ingresos relevantes en el desarrollo de la plantación, desde el establecimiento de la especie hasta la comercialización de los productos. En la evaluación propiamente tal, el indicador de rentabilidad utilizado corresponde al valor potencial del suelo (VPS).

### **Definición de costos.**

Para la evaluación es necesario saber todos los costos de producción involucrados, tanto directos como indirectos. Según Bown (1998), se requiere conocer el costo de oportunidad de la tierra, el valor de las plantas, el costo de las actividades culturales, el costo de administración, los impuestos, seguros, reparación de cercos y control de conejos entre otros. Además de lo anterior se deben considerar los costos de cosecha, construcción de caminos y transporte.

Para el presente trabajo se consideró costos estándar que fueron entregados por las empresas que participaron en el proyecto (Fondef D00I1159). Ver anexo 3.

### **Determinación de ingresos.**

Los precios por producto utilizados en la evaluación, se obtuvieron mediante funciones de valor de trozos podados (de acuerdo a su SED y PLI) realizadas en el marco del proyecto (Fondef D00I1159). Estos se encuentran diferenciados tanto por índice de sitio como por volumen podado y no podado, estos últimos se clasifican de acuerdo a su índice de utilización. Ver anexo 3.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Desempeño físico de las alternativas de manejo intensivo

Para evaluar los resultados de orden volumétrico, en sentido cuantitativo y cualitativo, se utilizará el sustantivo desempeño, de modo de dar a entender las expectativas de cantidad y calidad de productos troza que se han generado en torno a su diseño.

#### 4.1.1 Tendencia en el volumen total

A continuación se presenta los rendimientos volumétricos totales, obtenidos por cada régimen de manejo a través del tiempo, en ambas condiciones sitio (IS 28; 32).

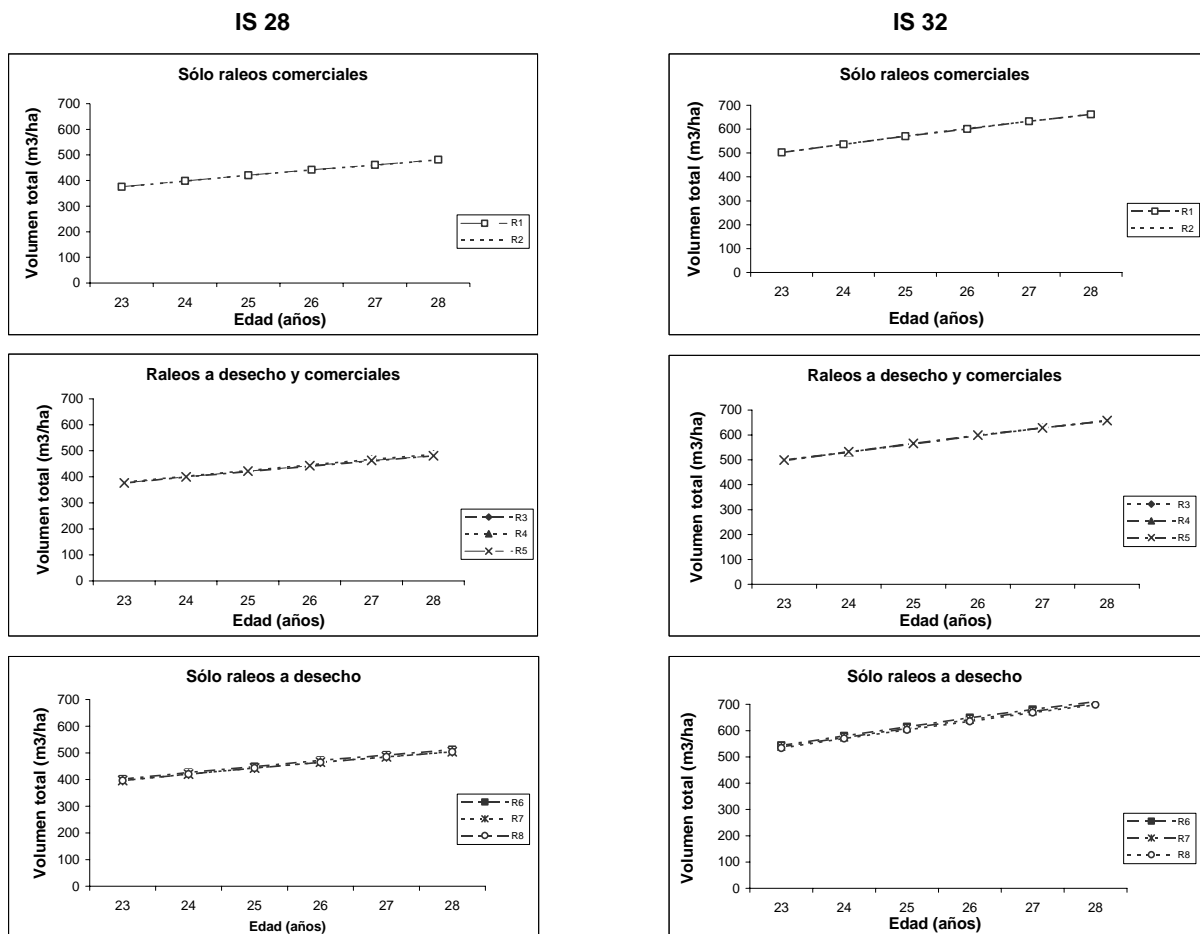


Figura 1. Volumen total para cada régimen de manejo, en las dos condiciones de sitio.



En la figura 1 se puede observar que no hay mayores diferencias entre los esquemas, no obstante es posible diferenciar los diseños que sólo realizan raleos a desecho (R6, R7 y R8), ya que aventajan a los demás esquemas en volumen comercial total, en ambas condiciones de sitio.

Tomando en cuenta que las rotaciones en Nueva Zelanda fluctúan entre 25 a 28 años, y en Chile entre 22 y 25 años (Bown, 1997), para fines de facilitar el análisis se hará referencia a una edad de 25 años, para mediar en una edad de cosecha comparativa.

Así, a esta edad el régimen que presenta el mayor volumen total en las dos condiciones de sitio es el R6, caracterizado por presentar tres podas y dos raleos a desecho, el primero junto con la primera poda y el segundo junto con la tercera, llegando a una densidad final de 330 arb/ha. En tal sentido, en el IS 28 se obtiene un valor de 448.7 m<sup>3</sup>/ha, cifra que supera en un 6% a los mejores exponentes de las otras modalidades de manejo (R1 y R4), del mismo modo en el IS 32 éste régimen obtiene un valor de 614.9 m<sup>3</sup>/ha, superando en un 8% a los mejores diseños que consideran raleos comerciales (R2 y R5) (Ver anexo 4).

Cabe señalar que los regímenes con sólo raleos a desecho llegan con un menor número de árboles residuales, por lo que queda de manifiesto el mayor crecimiento que éstos logran. Además con lo observado, se ratifica lo dicho por Meneses y Guzmán (2000b), respecto a la realización temprana y oportuna de los raleos para alcanzar densidades de 300 – 350 árb/ha, obteniéndose con ello un mayor crecimiento en diámetro, al final de la edad de rotación.

#### 4.1.2 Volumen aserrable grueso

El volumen aserrable grueso se obtuvo de los trozos que presentaban un diámetro menor superior e igual a 32 cm. A continuación se presenta el comportamiento que tiene cada régimen de manejo.

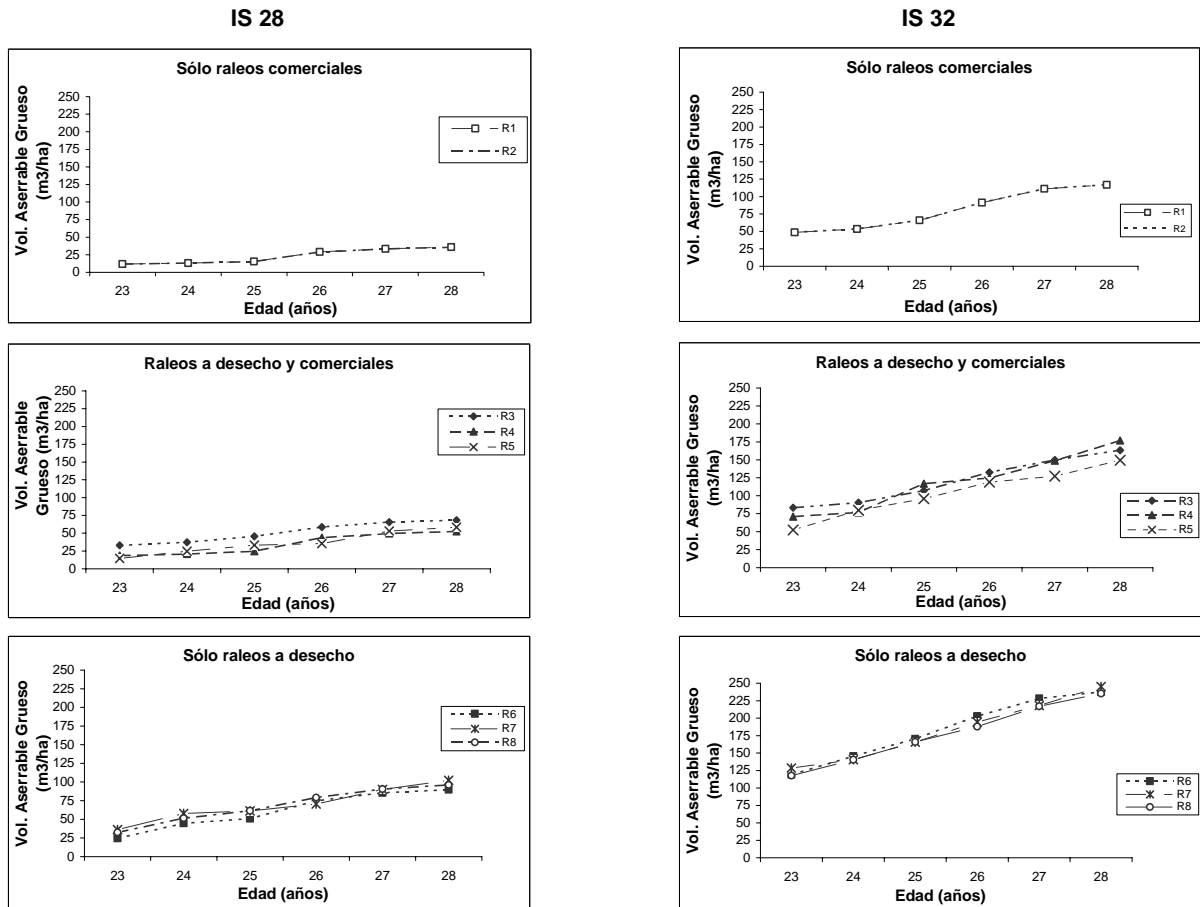


Figura 2. Volumen aserrable grueso (SED>32 cm) por régimen de manejo, en ambas calidades de sitio.

En la figura 2 se puede observar que los mejores rendimientos de volumen aserrable grueso se obtienen en los regímenes R6, R7 Y R8, en ambas condiciones de sitio. Si consideramos la rotación de referencia (25 años), el esquema R8 es el que presenta el mayor valor ( $61.47 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) en el IS 28. Su diseño considera dos podas y dos raleos, llegando a una densidad final de 330 árb/ha. Siendo así, los mejores exponentes de las otras modalidades de manejo R1 y R3, resultan en menores volúmenes de trozas aserrables (SED>32), en 75% y 26% respectivamente (Ver anexo 4).

Para el mismo producto, el régimen 6 es el de mejor desempeño en el IS 32 presentando un volumen de  $170.37 \text{ m}^3/\text{ha}$  a los 25 años. En los otros esquemas los más destacados son los regímenes 1 y 4, sin embargo R6 los supera por 104.5 y  $53.3 \text{ m}^3$  los cuales son 61% y 31% menor.

En la figura 2, se observa además que R3 a pesar de contar con árboles seguidores o acompañantes no luce muy diferente, como podría esperarse, lo que se puede explicar por el menor diámetro de estos árboles, obteniendo su mayor incremento en

el aserrable delgado. Según Maclaren (1993), este tipo de manejo es desfavorable para la producción de madera clear. Así, aunque la ramificación de los seguidores ejerce un efecto positivo inhibiendo el desarrollo de ramas grandes en los árboles podados, hay una pérdida de crecimiento en diámetro de éstos últimos.

#### 4.1.3 Tendencia en el volumen de trozas podadas

Uno de los indicadores más relevantes en relación a la evaluación de un régimen de manejo es el volumen podado, ya que ese es uno de los objetivos que caracteriza a los esquemas intensivos. En tal sentido, la figura 3 presenta el volumen podado para cada régimen y en los dos sitios.

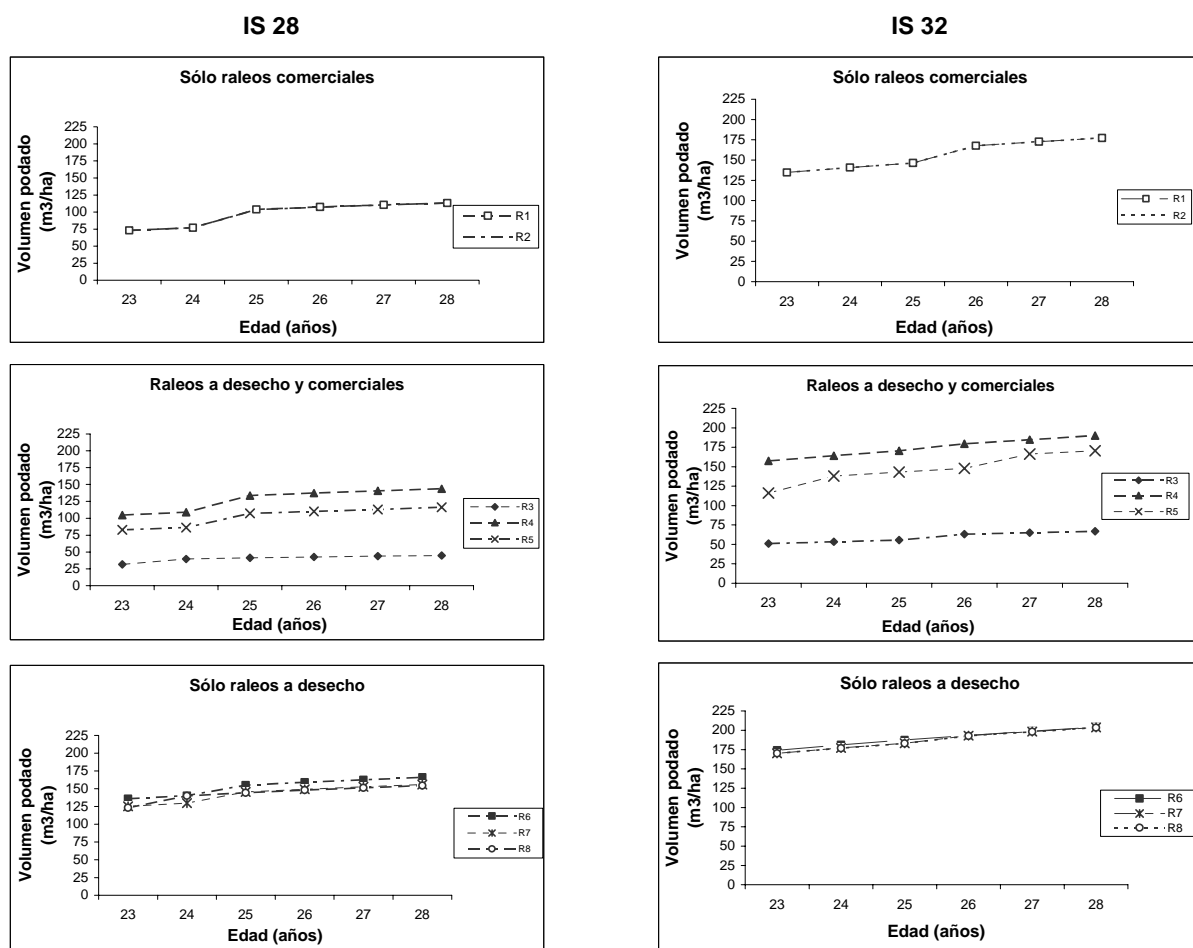


Figura 3. Volumen podado por cada régimen de manejo, en las dos calidades de sitio.

Se puede observar que se mantiene la misma tendencia que el volumen total y aserrable grueso, vale decir que los regímenes de manejo que consideran sólo raleos a desecho son los de mejor desempeño en volumen podado, en ambas condiciones de sitio.

En la condición de IS 28, los regímenes con sólo raleos comerciales (R1 y R2) presentan el mismo valor de volumen podado. Estos esquemas se diferencian solamente en que R1 tiene una poda más, ya que ambos consideran dos raleos uno a los 9 y otro a los 12 años de edad, llegando a una densidad final de 400 arb/ha.

En la modalidad donde se aplican raleos a desecho y comerciales, R4 es claramente superior a los otros dos regímenes, sobretodo al esquema con árboles seguidores, que notoriamente presenta valores muy bajos como consecuencia de los factores que determinan su diseño y de la forma en que se manejó la proyección de productos en este rodal (60% de castigo al volumen podado). Así en el régimen 3 el volumen podado representa sólo alrededor del 9% del volumen total del rodal (Ver anexo 4).

Los esquemas que sólo involucran raleos a desecho, presentan valores muy similares en los tres regímenes, destacándose R6 como el de mejor desempeño con un volumen podado de 155 m<sup>3</sup>/ha a los 25 años de edad, siendo superior a R1 y R4 en 49% y 16% respectivamente.

Con respecto a la condición del IS 32, los regímenes mantienen las mismas tendencias que el IS 28, así como también R6 es el de mejor desempeño, obteniendo un valor de 187.5 m<sup>3</sup>/ha a los 25 años de edad, el cuál es 28% superior a R1 y R2 y sólo un 10% mayor que R4. En cuanto en el esquema de manejo que considera árboles seguidores, se ratifica lo dicho por Maclaren (1993), que en buenos sitios el efecto neto resulta negativo para el stock de árboles podados, en este caso el volumen podado también representa sólo el 9% del volumen total.

#### *4.1.4 Calidad del producto podado por tipo de manejo*

Otra información de carácter cualitativo, pero muy importante para calificar el desempeño de un esquema intensivo es el valor del índice de troza podada (PLI), el que refleja la potencialidad dimensional de una troza para producir madera libre de nudos (Park, 1989).

A continuación, en la figura 4 se observa el comportamiento del PLI en el tiempo, para cada régimen de manejo, con su respectiva modalidad de raleo.

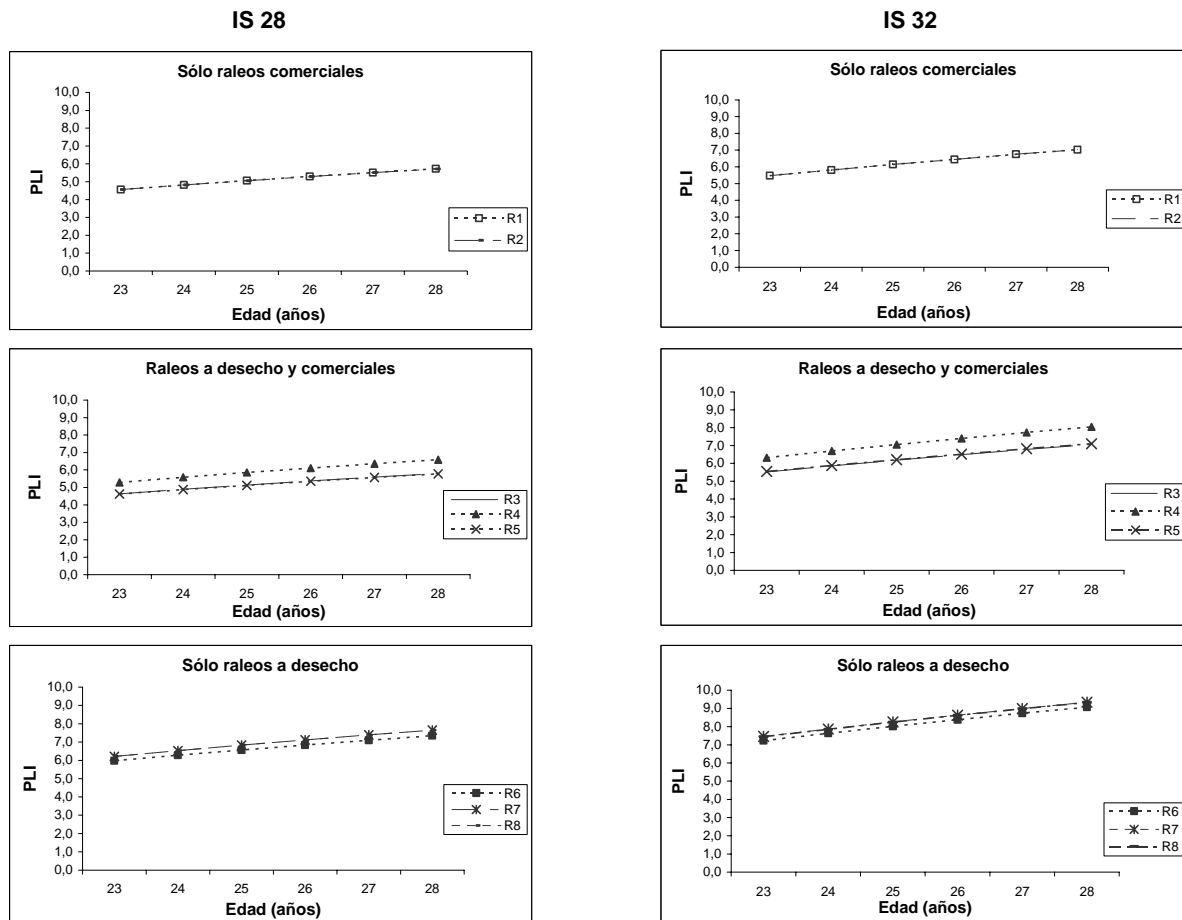


Figura 4. Tendencias de PLI en función del manejo y la calidad de sitio, para un rango de edad entre 23 y 28 años.

Como se puede observar los regímenes de manejo donde se aplican sólo raleos a desecho (R6, R7 y R8) obtienen un producto podado de mayor calidad. En tal caso los PLI por rodal fluctúan entre 6.0 y 7.6 (IS28), mientras que en el IS 32 entre 7.2 y 9.3 para el rango de edades presentado.

Esta ventaja se explicaría debido a que en el diseño de estos esquemas sólo hay raleos a desecho con objetivos de una selección más cuidadosa e intensa del Stock final, y de los retornos que éste representa.

En estos esquemas el segundo raleo se realiza junto con la tercera poda lo que es a una edad mas temprana y oportuna que los otros regímenes, quienes tienen un segundo raleo a una edad fija de 12 años, la que es muy retrasada y traería como consecuencia una perdida de crecimiento en diámetro, que con lleva a valores más bajos de PLI. Según Meneses y Guzmán (2000a) la edad del segundo raleo es fundamental para obtener altos valores, ya que se maximiza el diámetro de cosecha final.

Por otro lado, a los 25 años de edad los mayores valores de PLI lo obtiene los regímenes 7 y 8 en ambas condiciones de sitio, con cifras de 6.8 (IS 28) y 8.3 (IS 32), mientras que los menores lo obtienen los regímenes 1 y 2, con valores de 5.1 y 6.1 (Ver anexo 5).

Cuadro 3. Relación entre el DAP, DCD Y PLI para cada régimen de manejo a los 25 años de edad, en el rodal con IS 28.

Régimen	DMC (cm)	DCD (cm)	PLI	Vol. Podado (m <sup>3</sup> )	Vol. Total (m <sup>3</sup> )
R1	36.6	19.6	5.1	103.84	420.7
R2	36.6	19.6	5.1	103.7	420.2
R3	36.8	19.6	5.1	41.44	420.2
R4	39.3	19.6	5.9	133.7	424.4
R5	36.9	19.7	5.1	107	422.1
R6	41.8	19.7	6.6	155	448.7
R7	41.7	19.1	6.8	145.5	443.4
R8	41.7	19.1	6.8	144.3	443.3

Cuadro 4. Relación entre el DAP, DCD Y PLI para cada régimen de manejo a los 25 años de edad, en el rodal con IS 32.

Régimen	DMC (cm)	DCD (cm)	PLI	Vol. Podado (m <sup>3</sup> )	Vol. Total (m <sup>3</sup> )
R1	39.7	20.0	6.1	146.4	570.8
R2	39.7	20.0	6.1	146.4	571
R3	39.8	20.0	6.2	55.5	565.2
R4	42.5	20.0	7.1	170.5	563.7
R5	39.9	20.0	6.2	143.1	565.9
R6	45.5	20.0	8.0	187.5	614.9
R7	45.5	19.6	8.3	183.2	608.5
R8	45.4	19.6	8.3	183	603.4

Al estudiar los cuadros 3 y 4 se puede observar que los regímenes tienen un diámetro del cilindro con defectos (DCD) equivalente en cada condición de sitio, esto se debe a que el procedimiento de las podas es similar en todos los regímenes (control DOS), por lo que el DAP se torna una variable decisiva en los valores de PLI. Por otra parte, para esta misma variable, queda de manifiesto la mejor calidad que se logra en los regímenes con sólo raleos a desecho (R6, R7 y R8). Además éstos son superiores en diámetro alrededor de un 15 %, siendo esto la respuesta de PLI más altos.

En Nueva Zelanda el PLI mínimo esperado para calificar como satisfactorio un esquema de manejo intensivo en función de sus productos podados es de 5.5 (Meneses y Guzmán, 2000a). En tal sentido, los esquemas que consideran raleos comerciales en el IS 28 (a excepción de R4) no calificarían, obteniendo un producto podado con menor potencial de producción de madera clear.

En la figura 5 se presenta la relación existente entre el volumen podado y el PLI para cada régimen, a los 25 años de edad. Es posible observar que entre los regímenes que presentan raleos comerciales, el que más destaca es el Régimen 4 obteniendo valores de volumen podado y PLI muy superiores a los demás diseños de manejo.

Además en esta figura, es posible apreciar que en la condición de IS 28, los regímenes que obtienen más altos PLI son el R7 y R8, mientras que en el IS 32 es el R7. De acuerdo a la clasificación desarrollada por Park (1989) de calidad de la troza podada, estas serían calificadas como buena en el IS 28 y muy buena en el sitio 32.

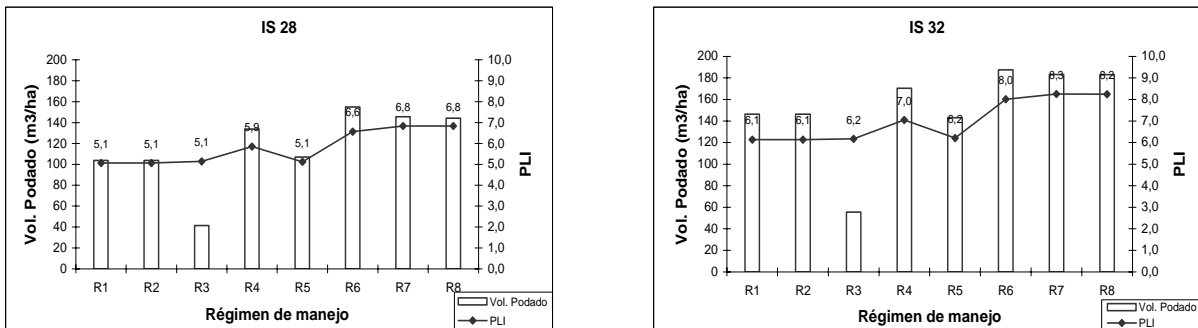


Figura 5. Volumen podado y PLI para cada régimen de manejo a los 25 años, en las dos condiciones de sitio.

#### 4.1.5 Comportamiento del SED de productos podados en los regímenes de manejo

Otra variable que expresa calidad en las trozas es el diámetro mínimo –*small end diameter (SED)*-. Así, al estudiar el SED del producto podado en la figura 6, se puede observar que su comportamiento mantiene la misma tendencia de las demás variables indicadoras de calidad, vale decir que los regímenes que sólo consideran raleos a desecho tienen mayores SED, para la edad de rotación de referencia. De este modo, R7 y R8 son los mejores exponentes en ambos índices de sitio, resultando superiores en un 5% a 10% sobre los regímenes que incluyen raleos comerciales (Ver anexo 6).

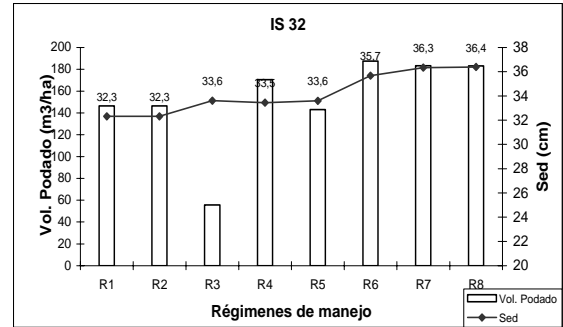
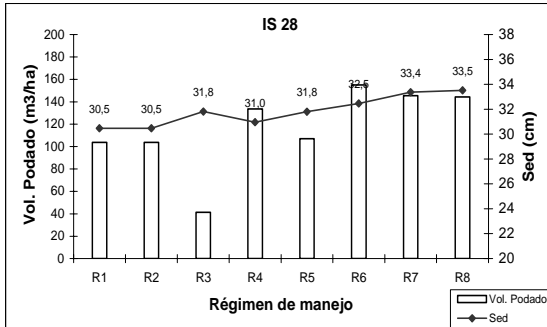


Figura 6. Volumen podado y SED para cada régimen de manejo a los 25 años, en las dos condiciones de sitio.

Además, los gráficos de la figura 6 permiten apreciar con mayor claridad, la diferencia de los regímenes R6, R7 y R8. Este mayor crecimiento se puede justificar por la edad del segundo raleo, así como también por la menor cantidad de árboles residuales que llegan a la edad de rotación, con lo que se promueve un mayor incremento en diámetro. Así, a pesar de llegar con una densidad final menor que los otros regímenes, se obtiene un mayor volumen, por efecto de una mayor eficiencia silvícola.

## 4.2 EFICIENCIA ECONÓMICA DE LOS DISEÑOS DE MANEJO

Analizado el desempeño físico de cada esquema de manejo, éstos se evaluarán desde un punto de vista financiero, de modo de dar a conocer la rentabilidad de los regímenes en estudio.

El indicador utilizado para ver la eficiencia económica de los diseños es el Valor Potencial de Suelo (VPS), que corresponde a un ingreso neto actualizado en infinitas rotaciones, además este determina la edad de rotación óptima de un rodal, como también la máxima cantidad de dinero que se puede pagar por la tierra, realizando una forestación con infinitas rotaciones.

La tasa de interés ocupada para ver la respuesta económica de los esquemas de manejo corresponde a un 10% real anual.

### 4.2.1 Evaluación de los regímenes de manejo aplicados en el IS 28

A continuación en la figura 7 se presenta la eficiencia económica de los esquemas de manejo a través del tiempo.



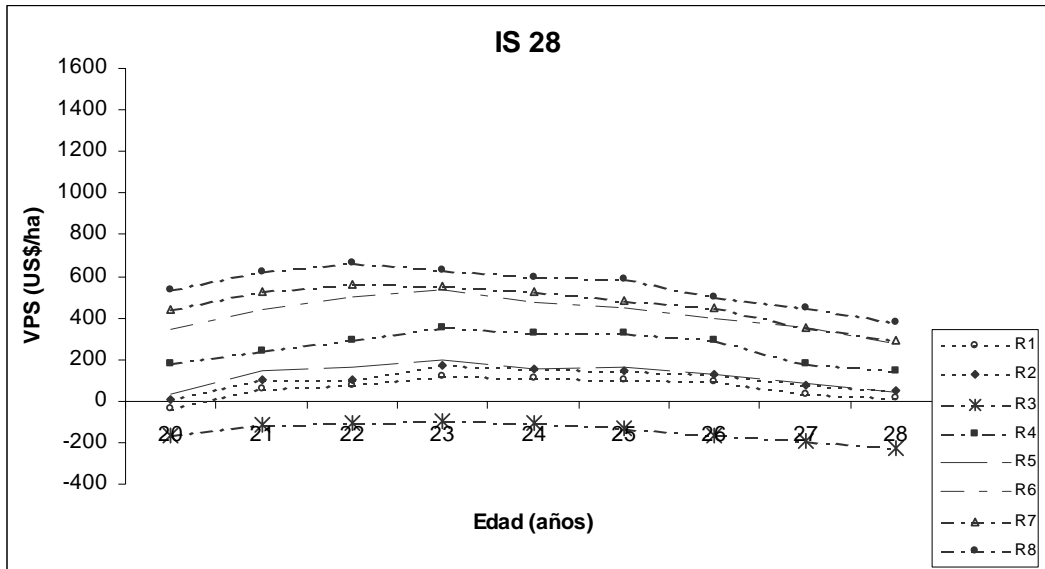


Figura 7. Comportamiento del VPS con la edad, por tipo de manejo, en IS 28.

En esta figura se puede observar que para esta condición de sitio la mejor opción es el régimen 8, presentando una rentabilidad positiva y superior a todos los demás esquemas en el rango de edades mostrado.

Este régimen alcanza su máximo VPS a la edad de 22 años con un valor de 668 US\$/ha, siendo seguido por el régimen 7 con un valor de 562 US\$/ha a la misma edad. Los demás regímenes alcanzan su edad de rotación óptima a los 23 años por lo que se atrasaría en un año el periodo de corta (Ver anexo 7).

Además en esta figura se aprecia la gran diferencia que existe entre los regímenes que contemplan sólo raleos a desecho y los que consideran raleos comerciales, obteniendo estos últimos VPS muy bajos, incluso llegando a rentabilidades negativas. También queda de manifiesto la ineficiencia del régimen 3 (árboles seguidores) resultando no viable para esta condición de sitio.

Para un mejor análisis a continuación se presenta el comportamiento de los regímenes de manejo, clasificados según su modalidad de raleo.

IS 28

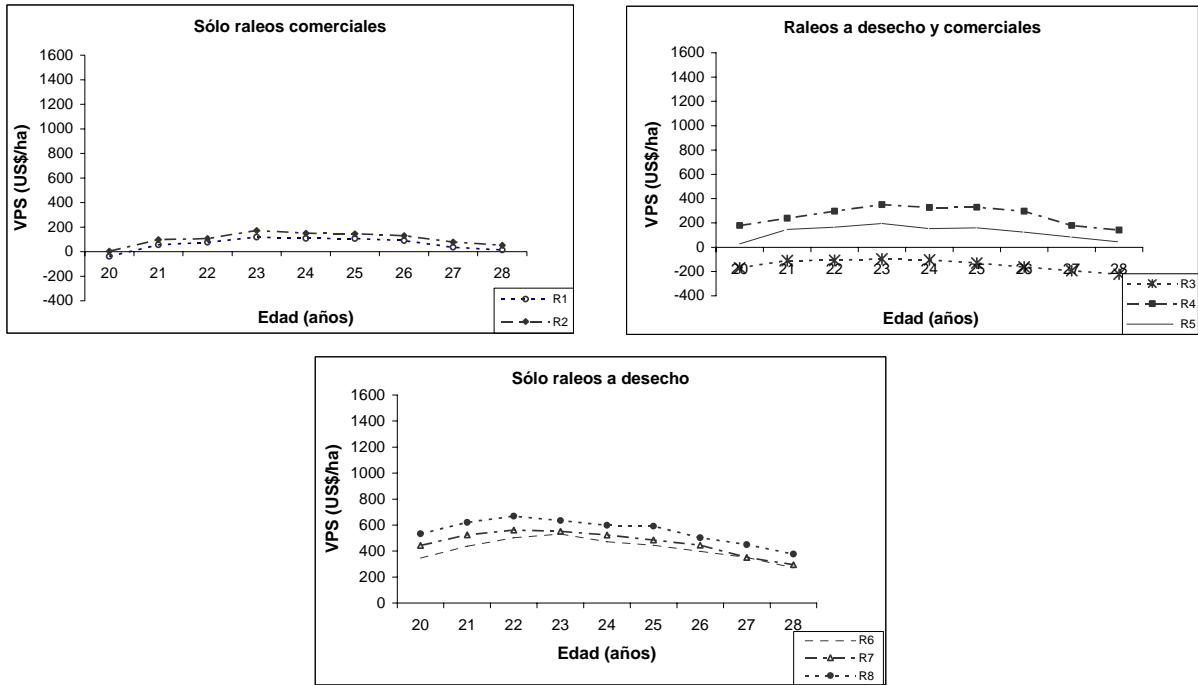


Figura 8. Comportamiento del VPS en cada régimen por tipo de modalidad de raleo, en IS 28.

En la figura 8 se observa que en la modalidad con sólo raleos comerciales, el régimen 2 es el que presenta el mayor VPS a lo largo del rango de edad, obteniendo su mayor valor a los 23 años con 172 US\$/ha. A pesar que estos regímenes (R1 y R2) tiene la misma condición de volumen podado y calidad de sus productos, la diferencia radica en que el régimen 1 tiene una poda más, con lo que aumentan los costos y por ende una menor rentabilidad.

En la modalidad con raleos a desecho y comerciales, el régimen 4 es el de mayor rentabilidad obteniendo un valor de 350 US\$/ha a los 23 años, la diferencia con los otros dos regímenes se debe principalmente a la calidad de sus productos (volumen podado y PLI), lo que significa un mayor ingreso por la venta de éstos. La rentabilidad negativa del régimen 3 radica principalmente por los factores que determinan su diseño, obteniendo una baja cantidad de volumen podado que resulta en menores ingresos, y por esto la no viabilidad de este esquema.

El régimen 8 es el de mayor rentabilidad en la modalidad con sólo raleos a desecho, y en la condición de sitio en general, superando al régimen 2 y 4 en 288% y 90 % respectivamente, lo que equivale a 496 US\$/ha y 318 US\$/ha extra de ingreso neto percibido a la edad de cosecha.

#### 4.2.2 Evaluación de los regímenes de manejo aplicados en el IS 32

Como se puede observar en la figura 9, en esta condición de productividad se genera un aumento sustancial en la rentabilidad de los esquemas de manejo, producto de los altos rendimientos volumétricos que se obtienen y por la buena calidad de sus productos, tornándose viables todos los diseños.

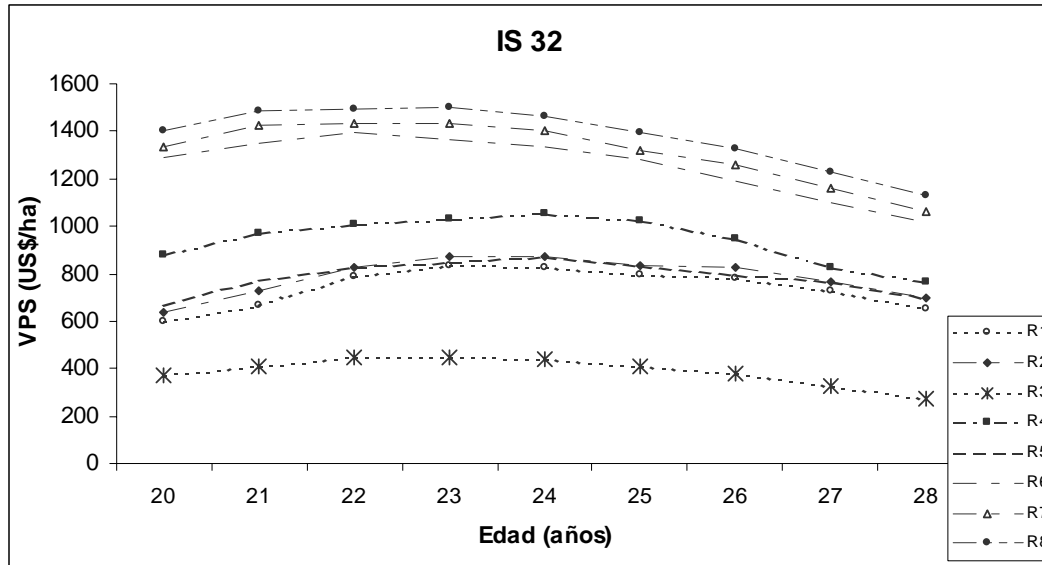


Figura 9. Comportamiento del VPS con la edad, por tipo de manejo y en el IS 32.

Además en esta figura se aprecian claramente dos grupos, uno donde se realizan raleos comerciales llegando a rentabilidades de 1000 US\$/ha, y el otro que considera sólo raleos a desecho, obteniendo rentabilidades muy por encima que el primero (alrededor de los 1500 US\$/ha).

En cuanto al esquema que presenta las mayores rentabilidades, se mantiene la tendencia, donde el régimen 8 nuevamente obtiene los máximos VPS con valores de 1498 US\$/ha a los 23 años de edad.

A continuación en la figura 10 se presenta en forma más detallada el comportamiento de cada régimen, de acuerdo a su modalidad de raleo.

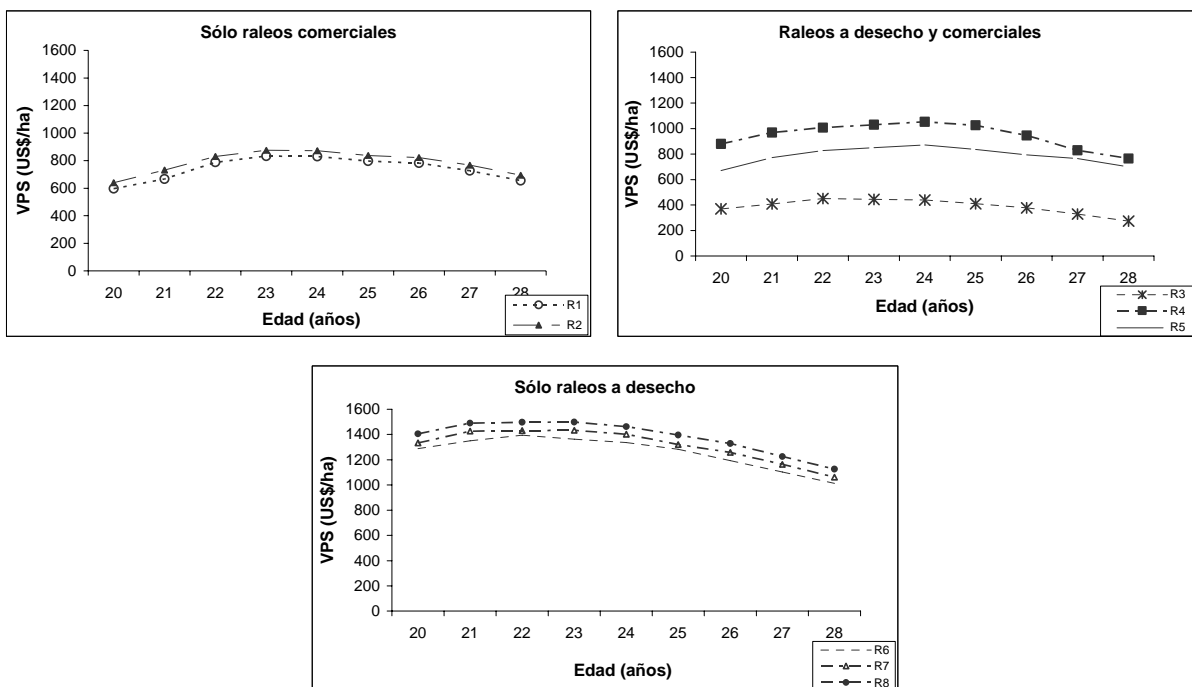


Figura 10. Comportamiento del VPS en cada régimen por tipo de modalidad de raleo, en el IS 32.

En esta figura se aprecia que en la modalidad con sólo raleos comerciales, se mantiene el régimen 2 como el de mayor rentabilidad obteniendo su mayor VPS a los 23 años de edad con un valor de 875 US\$/ha, pero superando a R1 por sólo un 5%.

En la modalidad con raleos a desecho y comerciales, el régimen 4 es el que logra el mayor VPS obteniendo su óptimo a los 24 años de edad, con un valor de 1053 US\$/ha. En esta condición de productividad el régimen 3 resulta viable, teniendo su máximo valor a los 22 años con 451 US\$/ha, cifra muy inferior a la obtenida por sus homólogos.

En la modalidad con sólo raleos a desecho, el régimen 8 es claramente el más eficiente, obteniendo un valor superior en 71% y 42% que R2 y R4, lo que equivale a 623 US\$/ha y 445 US\$/ha extra de ingreso neto percibido a la edad de cosecha.

#### 4.2.3 Relaciones entre valor del manejo (VPS) y calidad de los productos podados (PLI)

En la figura 11 se puede apreciar la relación directamente proporcional que existe entre el VPS y el PLI a los 25 años, donde los regímenes que consideran raleos a desecho (R6, R7 y R8) obtienen la mayor rentabilidad, dado principalmente por la alta calidad de sus productos.

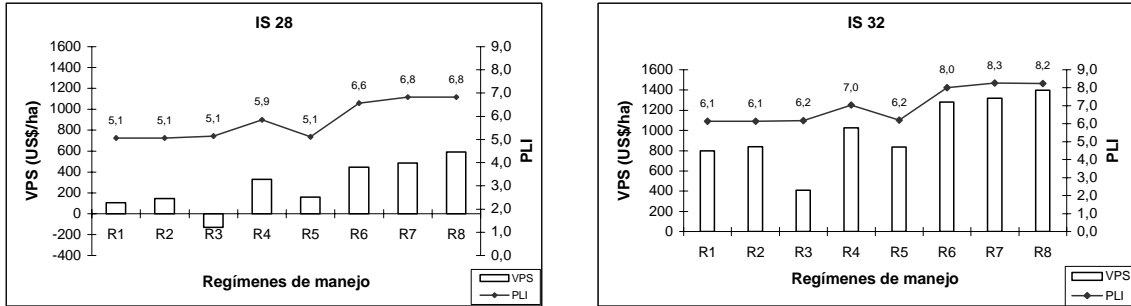


Figura 11. Comportamiento del VPS y PLI para cada régimen, a los 25 años y en las dos condiciones de sitio.

En la figura también se observa que las tendencias son similares en ambas condiciones de sitio.

En los esquemas que consideran raleos comerciales el régimen 4 es el que más destaca, esto se debe fundamentalmente a la mayor calidad de sus productos que con lleva a una mayor rentabilidad.

## 5. CONCLUSIONES

- El grupo de regímenes de manejo que consideran sólo raleos a desecho, obtienen un mejor desempeño en el volumen de mayor calidad y valor *aserrable podado y no podado*, ello se manifiesta en ambas condiciones de sitio.
- Entre los diseños con sólo raleos a desecho, el régimen 6 es el que alcanza el mayor volumen aserrable grueso y volumen podado. En este último supera a los mejores regímenes de las otras modalidades (R1 y R4) en ambas condiciones de sitio, así en el IS 28 R6 es superior en 49% y 16%, mientras que en el IS 32 es de 28% y 10% respectivamente.
- Los esquemas de manejo que consideran sólo raleos a desecho obtienen un producto podado de mayor calidad, en tal caso, los mayores PLI lo obtiene los regímenes 8 y 7 con cifras de PLI de 6.8 (IS 28) y 8.3 (IS 32) a los 25 años.
- Respecto al SED del producto podado se mantiene la tendencia, donde los esquemas con sólo raleos a desecho obtiene los mayores valores en ambas condiciones de sitio, en tal sentido R7 y R8 son los más aventajados, superando al otro diseño del grupo R6 en un 3%, y a los mejores exponentes de las otras modalidades R5 y R1 en 5 y 10% respectivamente.
- Con los diseños que sólo contemplan raleos a desecho, se persigue una selección más cuidadosa e intensa del stock residual, de forma tal que se generen los productos de mayor calidad al final de la edad de rotación, sin interrumpir este proceso por intervenciones que estén sujetas a compromisos de volumen o ingresos.
- En las dos condiciones de productividad, el régimen más rentable es el R8, él que alcanzan un VPS de 668 US\$/ha a los 22 años (IS 28) y 1.498 US\$/ha (IS 32) a una rotación óptima de 23 años.
- En ambos sitios el régimen 8 logra un excedente de ingreso neto corriente, respecto a los mejores regímenes de las otras modalidades (R2 y R4), en el IS 28 este es de 496 US\$/ha y 318 US\$/ha, mientras que en el IS 32 de 623 US\$/ha y 445 US\$/ha respectivamente.
- En cuanto al valor de madera en pie, la ventaja recién descrita sobre R2 y R4 es de 4.196 US\$/ha y 1.090 US\$/ha en el IS 28, mientras que en el IS 32 es de 5.289 US\$/ha y 1.653 US\$/ha respectivamente.
- La presión por retornos intermedios, en los esquemas que consideran sólo raleos comerciales, resulta en una menor eficiencia en términos de maximizar la renta del suelo, así rankeando los 8 diseños, éstos esquemas (R1, R2) resultan en sexto y séptimo lugar.

- Para el caso de los diseños que aplican raleos comerciales y a desecho (R3, R4 y R5), sus puestos en el ranking de rentabilidad son de octavo para el caso de R3 siendo el más ineficiente, y de cuarto y quinto para R4 y R5.
- La representatividad del desempeño de los regímenes de este estudio, está sujeta a cambios, al superponer variables y escenarios que no se consideraron (polilla del brote por ejemplo).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Bown, H. 1997. Retrospectiva de la silvicultura de *P. radiata*. Doc. Técnico N° 104. Rev. Chile Forestal. Ed. CONAF. Santiago. 8 p
- Bown, H. 1998. Selección y Evaluación Técnico-Financiera de Regímenes Silviculturales para Pino Radiata. Doc. Técnico N° 122. Rev. Chile Forestal. Ed. CONAF. Santiago. 11 p
- Chacón, C. 1995. Decisiones Económico – Financieras en el Manejo Forestal. Ed. Universidad de Talca. 248 p.
- Chang, S. 1984. Determination of the optimal rotation age: A theoretical analysis. For. Ecol. Management 8: 137 – 147 p.
- Davis, L.; Johnson, N. 1987. Forest Management. Ed. McGraw-Hill. USA. 729 p.
- Fenton, R.; Sutton, W. 1968. Silvicultural Proposals For Radiata Pine on High Quality Sites. N.Z. J. For. 13(2): 220 – 228 p.
- Fernández, M. 2001. Evaluación de raleos tardíos mediante herramientas de simulación en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don pertenecientes a la empresa forestal Valdivia S.A en la novena y décima región. Tesis Ing. For. Valdivia (Chile), Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 31 p.
- Gutiérrez, L.F. 1985. Decisiones financieras y costo del dinero en economías inflacionarias. Ed. Norma. Colombia. 250 p.
- Instituto Forestal. 2005. Mercado Forestal N° 6. **INTERNET:** <http://infor.cl>. Julio 15, 2005.
- Loewe, V. 2002. Técnicas de poda para producir maderas duras de alta calidad y valor. Santiago, FIA. 59 p.
- Maclaren, J. P. 1993. Radiata Pine Growers' Manual. FRI Bulletin N° 184. New Zeland. 140p.
- Meneses, M.; S. Guzmán. 2000a. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención de madera libre de nudos en plantaciones de pino radiata en Chile. Bosque 21 (2): 85 – 93 p.
- Meneses, M.; S. Guzmán. 2000b. Productividad y eficiencia en la producción forestal basada en las plantaciones de pino radiata. Bosque 21 (2): 3 –11.



- Morales, E. 1983. Objetivos financieros de la producción de madera. Valdivia, Universidad Austral de Chile. 30p.
- Park, J. C. 1980. A grade index for pruned butt logs. Forest Research Institute. New Zealand Forest Science. 10(2): 419 – 438 p.
- Park, J. C. 1982. Occlusion and the Defect Core in Pruned Radiata pine. Forest Research Institute Bulletin N°2. New Zealand Forest Science. 15 p.
- Park, J. C.; C. Leman 1983. A sawing study method for evaluating timber from pruned logs. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. FRI Bulletin N° 47. 42 p.
- Park, J. C. 1989. Classing pruned logs en benchmarking sawmill recoveries. New Zealand Journal of Forestry Science. 19(1): 83 – 96.
- Park, J. C. 1994. Evaluating pruned sawlog quality and assessing sawmill recoveries in New Zealand. Forest Products Journal. 44 (4): 43 – 52.
- Quiroz, I. 2001. Tratamientos intermedios. Fac. Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Smith, N. 1964. Aspectos económicos del cultivo de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en la zona de Malleco. Tesis Ing. For. Santiago (Chile), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 79 p.
- Toro, J. 2004. Alternativas silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. Bosque 25 (2): 101 – 113 p.
- Velasco, R. 1992. Rendimiento de madera aserrada libre de nudos en trozas podadas de *P. radiata* D. Don. Fac. Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 74 p.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1**

### **Abstract and keywords**

**Economic evaluation of intensive silviculture on *Pinus radiata* D. Don,  
on two site qualities in VIII the Region.**

Eight silvicultural schemes were grouped according to three tendencies for intensive silviculture on *P.radiata*. First group considers only commercial thinning; second group considers commercial and no commercial thinnings (waste thinnings), both groups are representative of Chilean tendencies for making intensive silviculture. Finally, it evaluates evaluate 2 schemes that only involve not commercial thinnings, these designs are applied in New Zealand, where the wood quality is high-priority objective. The profitability it was evaluated by Land Expected Value.

The results indicated the best products quality and profitability were aimed for the silvicultural schemes that only consider waste thinnings in its design, so they were more efficient for maximizing the Land Expected Value and its perpetual Annual Rent on both site quality.

## **Anexo 2**

### **Especificaciones de productos obtenidos en la simulación**

Cuadro 1. Especificaciones técnicas de cada producto

Edad	PODADO	IUD40	IU36	IU32	IU28	IU24	IU20	IU18	PULPA IU10	TOTAL
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

Donde:

- $IU \geq 32$  : Aserrable grueso
- $IU < 32 \geq 18$ : Aserrable delgado

### **Anexo 3**

**Estructura de costos y precios considerados en la evaluación económica**

## Costos

<b>Costos fijos</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Valor (US\$/ha)</b>
Roce	52.6
Control de malezas pre-plantación	61.4
Construcción de cerco	74.6
Plantación	149.1
Fertilización	78.9
Control de malezas post-plantación	61.4
Raleo a desecho	105.3
Raleo comercial	70.2
Poda 1	101.8
Poda 2	96.5
Poda 3	87.7
Poda 4	87.7
Costo administración	35.1

<b>Costos variables</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Valor (US\$/m<sup>3</sup>)</b>
Raleo comercial	6.7
Transporte+carguío	8.3
Cosecha final+caminos	6.7

Valor del dólar : \$ 570, Julio, 2005

Cuadro 1. Costos ocupados en evaluación económica



## Precios

Precios productos podados (US\$/m <sup>3</sup> )								
Edad	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
20	55.7	55.6	58.5	59.9	58.0	65.4	67.8	68.1
21	62.8	62.7	62.1	67.1	62.6	72.9	74.4	71.6
22	62.7	61.6	66.3	67.3	66.2	73.0	74.4	76.6
23	66.6	67.8	69.5	70.8	70.3	76.5	77.6	77.8
24	68.0	67.9	68.4	72.3	70.9	78.1	80.2	77.7
25	67.3	67.2	71.4	72.0	70.6	78.1	79.8	81.5
26	70.7	70.7	73.5	75.3	73.8	80.9	83.4	82.0
27	70.8	70.8	75.1	77.0	74.2	82.6	83.6	84.0
28	73.4	73.4	76.5	78.4	77.4	84.4	85.6	85.9
29	75.2	74.9	77.5	77.8	77.2	83.8	86.9	85.5
30	73.4	73.6	76.7	79.6	78.8	85.9	86.7	87.0

Precios productos no podados IU>24 (US\$/m <sup>3</sup> )								
Edad	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
20	44.5	44.5	44.6	44.6	44.6	44.8	44.9	44.8
21	44.5	44.5	44.5	44.7	44.5	45.0	45.1	44.9
22	44.6	44.6	44.7	44.7	44.8	45.1	45.2	45.2
23	44.6	44.6	44.8	44.8	44.8	45.1	45.3	45.3
24	44.7	44.8	44.9	45.0	45.0	45.4	45.5	45.5
25	44.8	44.8	45.1	45.1	45.1	45.5	45.6	45.7
26	44.8	44.9	45.1	45.2	45.2	45.7	45.8	45.9
27	44.9	45.0	45.2	45.3	45.3	45.8	46.1	46.0
28	45.0	45.0	45.3	45.4	45.4	46.0	46.1	46.1
29	45.2	45.2	45.5	45.5	45.5	46.0	46.3	46.2
30	45.3	45.3	45.6	45.6	45.6	46.2	46.4	46.4

	US\$/m <sup>3</sup>
<b>SED 20</b>	30
<b>SED 18</b>	25
<b>Pulpa</b>	16

Cuadro 1, 2 y 3. Precios para rodal IS 28

<b>Precios productos podados (US\$/m<sup>3</sup>)</b>								
<b>Edad</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>R6</b>	<b>R7</b>	<b>R8</b>
<b>20</b>	62.5	62.5	65.0	66.6	65.7	73.3	76.5	76.6
<b>21</b>	64.0	64.0	67.5	69.6	67.4	77.5	79.2	78.8
<b>22</b>	68.1	68.1	70.5	72.6	70.8	79.9	81.8	81.7
<b>23</b>	69.3	69.3	72.5	74.9	74.1	82.8	84.0	84.0
<b>24</b>	72.4	72.4	74.9	78.2	75.3	85.8	86.9	86.3
<b>25</b>	74.8	74.8	77.5	80.5	77.6	87.8	88.9	88.9
<b>26</b>	75.9	75.9	78.5	82.2	80.3	89.6	90.6	90.6
<b>27</b>	77.6	77.6	81.0	84.1	80.9	91.5	92.3	92.3
<b>28</b>	79.6	79.6	82.3	86.0	82.8	93.1	94.1	93.9
<b>29</b>	81.5	81.5	84.0	87.7	84.2	94.6	95.6	95.6
<b>30</b>	83.2	83.2	84.9	89.3	86.1	96.0	96.9	96.9

<b>Precios productos no podados IU&gt;24 (US\$/m<sup>3</sup>)</b>								
<b>Edad</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>R6</b>	<b>R7</b>	<b>R8</b>
<b>20</b>	44.7	44.7	44.9	44.9	44.8	45.2	45.5	45.5
<b>21</b>	44.8	44.8	44.9	45.1	45.0	45.5	45.8	45.7
<b>22</b>	44.9	44.9	45.1	45.2	45.2	45.8	46.0	46.0
<b>23</b>	45.1	45.1	45.4	45.5	45.4	46.1	46.3	46.2
<b>24</b>	45.2	45.2	45.4	45.6	45.5	46.3	46.5	46.5
<b>25</b>	45.4	45.4	45.6	45.8	45.7	46.5	46.8	46.8
<b>26</b>	45.6	45.6	45.8	46.1	46.0	46.8	47.0	47.0
<b>27</b>	45.7	45.7	45.9	46.2	46.1	47.0	47.3	47.3
<b>28</b>	45.9	45.9	46.2	46.4	46.2	47.2	47.6	47.4
<b>29</b>	46.1	46.1	46.4	46.6	46.4	47.4	47.7	47.6
<b>30</b>	46.2	46.2	46.5	46.7	46.5	47.6	48.0	47.8

	<b>US\$/m<sup>3</sup></b>
<b>SED 20</b>	30
<b>SED 18</b>	25
<b>Pulpa</b>	16

Cuadro 3, 4 y 5. Precios para rodal con IS 32

#### **Anexo 4**

**Volumen podado, aserrable y total para cada régimen de manejo, en ambas condiciones de sitio.**

### Modalidad con sólo raleos comerciales

Cuadro 1. Volumen podado, aserrable y total para dos regímenes de manejo en un rodal con IS = 28

Edad (años)	R1			R2		
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total
22	68,67	4.25	350,45	68,55	4.23	350,04
23	73,24	11.71	375,35	73,12	11.67	374,93
24	77,08	13.21	398,78	76,96	13.18	397,81
25	103,84	15.51	420,69	103,71	15.46	420,24
26	107,45	29.02	441,7	107,32	28.94	441,25
27	110,53	33.45	460,62	110,4	33.37	460,14
28	113,31	35.78	481,17	113,18	35.71	480,7

Cuadro 2. Volumen podado, aserrable y total para dos regímenes de manejo en un rodal con IS = 32

Edad (años)	R1			R2		
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total
22	106,91	26.11	466,99	106,91	26.12	467,23
23	134,88	48.63	502,57	134,88	48.64	502,82
24	140,91	53.65	536,49	140,91	53.67	536,75
25	146,44	65.9	570,75	146,44	65.92	571,04
26	167,68	91.53	601,39	167,68	91.55	602,46
27	172,72	111.25	632,93	172,72	111.28	633,24
28	177,37	117.05	661,53	177,37	117.09	661,86

Cuadro 3. Proporción del volumen total podado respecto al volumen total del rodal para los dos regímenes en cada índice de sitio.

Edad (años)	IS 28		IS 32	
	VTP/VTR (%)		VTP/VTR (%)	
	R1	R2	R1	R2
22	19,59	19,58	31,07	31,29
23	19,51	19,50	31,63	31,88
24	19,33	19,35	30,83	31,04
25	24,68	24,68	30,10	30,33
26	24,33	24,32	30,09	30,32
27	24,00	23,99	29,49	29,67
28	23,55	23,54	28,95	29,12

### Modalidad con raleos a desecho y comerciales

Cuadro 4. Volumen podado, aserrable y total para tres regímenes de manejo en un rodal con IS = 28

Edad (años)	R3			R4			R5		
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total
22	29.43	20.70	351.49	99,87	7.32	355,18	79,07	13.4	352,2
23	31.61	32.84	376.20	104,65	18.68	379,8	82,73	14.66	376,67
24	39.68	37.46	399.28	108,99	20.8	402,53	86,05	24.64	400,09
25	41.44	45.69	420.22	133,69	24.59	424,38	107,03	33.18	422,11
26	42.66	58.69	440.77	137,42	43.66	445,93	110,09	35.32	442,78
27	43.76	65.74	460.90	140,78	49.63	466,62	112,83	53.14	462,72
28	44.76	68.46	480.85	143,81	52.51	486,54	116,34	58.52	480,76

Cuadro 5. Volumen podado, aserrable y total para tres regímenes de manejo en un rodal con IS = 32

Edad (años)	R3			R4			R5		
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total
22	41.80	55.16	464,12	138,53	39.21	461,54	110,61	48.25	462,67
23	51.08	83.46	499,01	157,67	71.1	497,07	116,11	52.35	499,34
24	53.28	90.39	532,27	164,27	76.82	530,99	137,89	79.86	533,06
25	55.52	107.09	565,23	170,45	116.74	563,68	143,08	95.89	565,9
26	63.24	132.62	596,95	179,4	124.83	597,47	147,87	118.85	598,92
27	65.12	149.69	628,55	184,89	148.76	628,14	166,22	127.24	628,23
28	66.96	163.36	657,05	190	176.8	656,65	170,6	149.3	658,1

Cuadro 6. Proporción del volumen total podado respecto al volumen total del rodal para los tres regímenes en cada índice de sitio.

Edad (años)	IS 28			IS 32		
	VTP/VTR (%)			VTP/VTR (%)		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5
22	8.37	28,12	22,45	9.01	30,01	23,91
23	8.40	27,55	21,96	10.24	31,72	23,25
24	9.94	27,08	21,51	10.01	30,94	25,87
25	9.86	31,50	25,36	9.82	30,24	25,28
26	9.68	30,82	24,86	10.59	30,03	24,69
27	9.50	30,17	24,38	10.36	29,43	26,46
28	9.31	29,56	24,20	10.19	28,93	25,92

### Modalidad con sólo raleos a desecho

Cuadro 7. Volumen podado, aserrable y total para tres regímenes de manejo en un rodal con IS = 28

Edad (años)	R6			R7			R8		
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total
22	130,7	20.58	377,13	120,66	33.39	371,46	118,46	29.85	370,96
23	135,8	24.53	401,79	125,3	36.11	396,09	123,11	32.49	396,2
24	140,4	44.56	426,23	129,96	57.71	420,42	139,97	51.36	420,53
25	155,01	51.04	448,73	145,5	61.16	443,39	144,25	61.47	443,31
26	159,01	74.74	471,94	149,2	70.45	464,82	147,94	79.3	464,43
27	162,64	85.53	491,78	152,75	90.1	485,09	151,27	90.59	484,87
28	165,95	89.71	511,85	155,78	102.1	504,41	154,46	96.07	504,09

Cuadro 8. Volumen podado, aserrable y total para dos regímenes de manejo en un rodal con IS = 32

Edad (años)	R6			R7			R8		
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total	Podado	Aserrable Grueso	Total
22	167,02	78.36	507,8	155,84	94.97	501,53	155,72	95.14	497,64
23	174,29	119.03	543,86	170,32	128.75	538,45	170,11	117.69	533,64
24	181,11	145.61	580,06	177,01	140.44	574,1	176,8	140.56	569,63
25	187,5	170.37	614,92	183,18	165.77	608,5	182,98	165.83	603,36
26	193,47	203.01	649,03	192,98	194.52	641,43	192,73	187.82	635,64
27	199,04	228.19	681,1	198,52	218.07	673,19	198,26	217.05	668,31
28	204,23	237.56	711,08	203,66	245.34	703,45	203,41	235.33	698,46

Cuadro 9. Proporción del volumen total podado respecto al volumen total del rodal para los tres regímenes en cada índice de sitio.

Edad (años)	IS 28			IS 32		
	VTP/VTR (%)			VTP/VTR (%)		
	R6	R7	R8	R6	R7	R8
22	34,66	32,48	31,93	32,89	31,07	31,29
23	33,80	31,63	31,07	32,05	31,63	31,88
24	32,94	30,91	33,28	31,22	30,83	31,04
25	34,54	32,82	32,54	30,49	30,10	30,33
26	33,69	32,10	31,85	29,81	30,09	30,32
27	33,07	31,49	31,20	29,22	29,49	29,67
28	32,42	30,88	30,64	28,72	28,95	29,12

# VTP/VTR

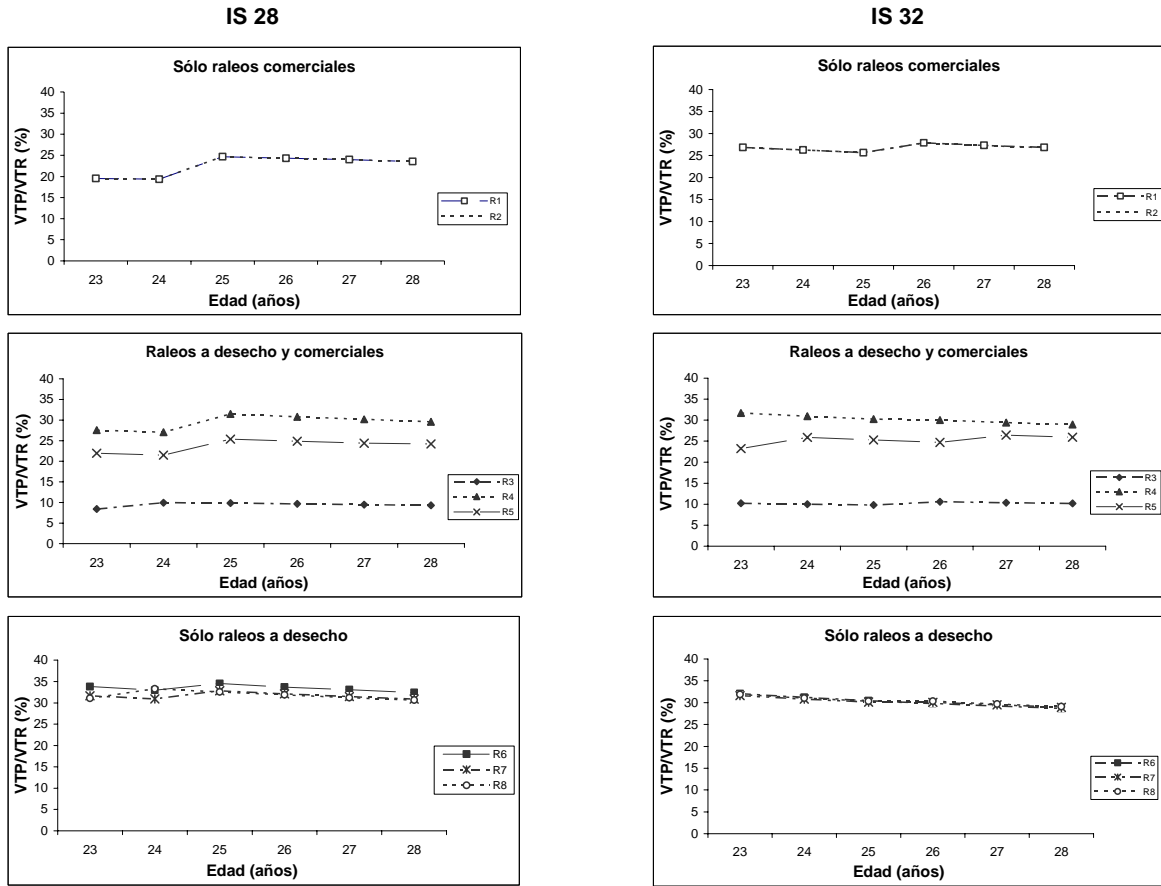


Figura 1. Relación VTP/VTR por cada régimen de manejo y para cada modalidad de raleo, en las dos calidades de sitio.

## **Anexo 5**

**Índice de troza podada para cada régimen de manejo, en ambas condiciones de sitio.**



## PLI

Cuadro 1. PLI para cada régimen de manejo respecto a la edad, en el rodal con IS 28.

Edad (años)	Sólo Raleos Comerciales		Raleo comercial y Raleo a desecho			Sólo Raleos a Desecho		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
<b>23</b>	4.6	4.6	4.6	5.3	4.6	6.0	6.2	6.2
<b>24</b>	4.8	4.8	4.9	5.6	4.9	6.3	6.5	6.5
<b>25</b>	5.1	5.1	5.1	5.9	5.1	6.6	6.8	6.8
<b>26</b>	5.3	5.3	5.4	6.1	5.4	6.8	7.1	7.1
<b>27</b>	5.5	5.5	5.6	6.4	5.6	7.1	7.4	7.4
<b>28</b>	5.7	5.7	5.8	6.6	5.8	7.3	7.6	7.6

Cuadro 2. PLI para cada régimen de manejo respecto a la edad, en el rodal con IS 32.

Edad (años)	Sólo Raleos Comerciales		Raleo comercial y Raleo a desecho			Sólo Raleos a Desecho		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
<b>23</b>	5.5	5.5	5.5	6.3	5.5	7.2	7.5	7.4
<b>24</b>	5.8	5.8	5.9	6.7	5.9	7.6	7.9	7.9
<b>25</b>	6.1	6.1	6.2	7.0	6.2	8.0	8.3	8.2
<b>26</b>	6.4	6.4	6.5	7.4	6.5	8.4	8.6	8.6
<b>27</b>	6.7	6.7	6.8	7.7	6.8	8.7	9.0	9.0
<b>28</b>	7.0	7.0	7.1	8.0	7.1	9.1	9.3	9.3

## **Anexo 6**

**SED del producto podado para régimen de manejo, en ambas condiciones de sitio**

## SED

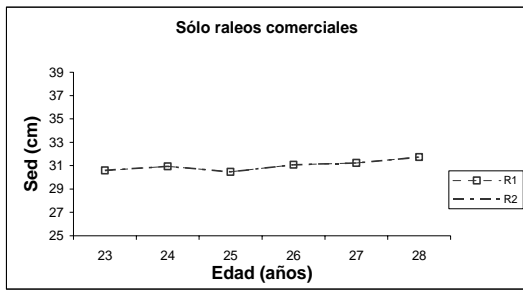
Cuadro 1. SED promedio para el producto podado, por edad y para cada régimen de manejo en el rodal con IS 28

Edad (años)	Sólo Raleos Comerciales		Raleo comercial y Raleo a desecho			Sólo Raleos a Desecho		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
<b>23</b>	30.59	30.59	31.59	30.82	31.72	31.94	32.65	32.81
<b>24</b>	30.94	30.94	31.28	31.2	32.08	32.41	33.34	32.8
<b>25</b>	30.47	30.47	31.81	30.96	31.8	32.46	33.37	33.52
<b>26</b>	31.07	31.07	32.36	31.55	32.38	32.97	34.12	33.81
<b>27</b>	31.23	31.23	32.85	32.08	32.6	33.49	34.35	34.3
<b>28</b>	31.73	31.73	33.27	32.53	32.34	33.04	34.85	34.89

Cuadro 2. SED promedio para el producto podado, por edad y para cada régimen de manejo en el rodal con IS 32.

Edad (años)	Sólo Raleos Comerciales		Raleo comercial y Raleo a desecho			Sólo Raleos a Desecho		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
<b>23</b>	31	31	32.4	31.93	33.15	34.21	34.85	34.89
<b>24</b>	31.79	31.79	32.94	32.9	33.05	35.16	35.85	35.49
<b>25</b>	32.32	32.32	33.61	33.45	33.59	35.68	36.33	36.38
<b>26</b>	32.33	32.33	33.55	33.78	34.43	36.13	36.76	36.81
<b>27</b>	32.65	32.65	34.31	34.24	34.22	36.77	37.26	37.28
<b>28</b>	33.18	33.18	34.55	34.82	34.76	37.21	37.91	37.77

IS 28



IS 32

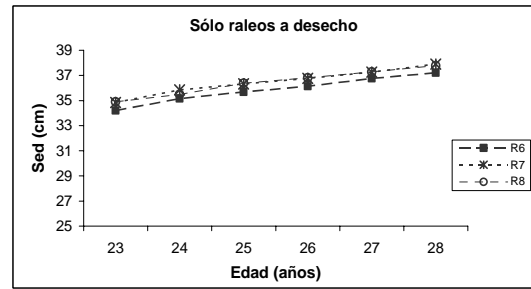
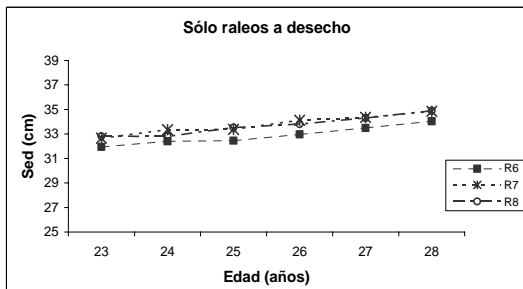
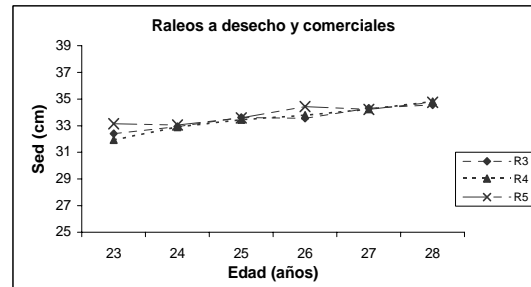
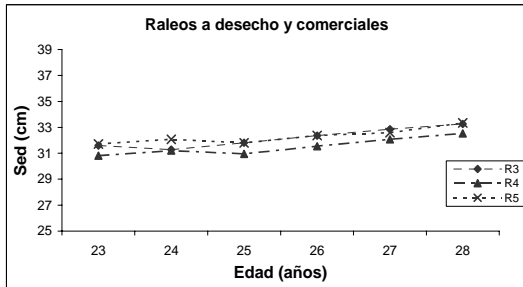
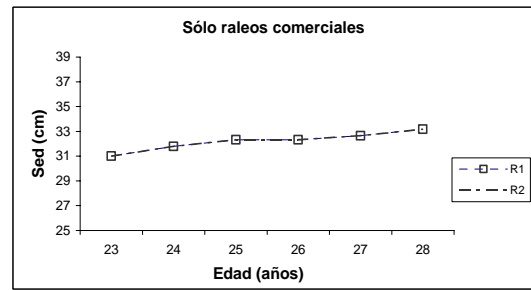


Figura 1. SED promedio para el producto podado, por edad y para cada régimen de manejo en las dos condiciones de sitio.

## **Anexo 7**

**Valor potencial del suelo, para cada régimen de manejo en ambas condiciones de sitio.**

## VALOR POTENCIAL DEL SUELO

Cuadro 1. VPS por edad y para cada régimen de manejo en el rodal con IS 28

Edad (años)	VPS (US\$/ha)							
	Sólo Raleos Comerciales		Raleo comercial y Raleo a desecho			Sólo Raleos a Desecho		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
<b>20</b>	-38	4	-170	179	29	346	443	533
<b>21</b>	56	99	-110	238	147	436	526	621
<b>22</b>	76	106	-108	297	165	502	562	668
<b>23</b>	119	172	-97	350	195	532	551	634
<b>24</b>	108	151	-105	326	153	472	523	598
<b>25</b>	106	146	-131	328	160	445	484	591
<b>26</b>	90	130	-163	297	124	397	444	503
<b>27</b>	36	77	-194	179	83	351	350	451
<b>28</b>	14	53	-223	142	44	272	295	377

Cuadro 2. VPS por edad y para cada régimen de manejo en el rodal con IS 32

Edad (años)	VPS (US\$/ha)							
	Sólo Raleos Comerciales		Raleo comercial y Raleo a desecho			Sólo Raleos a Desecho		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
<b>20</b>	596	640	369	880	670	1288	1333	1405
<b>21</b>	667	732	409	968	772	1349	1426	1490
<b>22</b>	787	830	451	1007	828	1393	1432	1497
<b>23</b>	833	875	444	1030	850	1363	1434	1498
<b>24</b>	830	872	439	1053	872	1337	1402	1462
<b>25</b>	796	838	410	1026	835	1283	1320	1396
<b>26</b>	782	823	378	945	794	1193	1258	1328
<b>27</b>	726	767	330	830	765	1102	1163	1225
<b>28</b>	654	694	274	765	699	1013	1062	1126