

BOWN, H. 1998. "Selección y Evaluación Técnico-Financiera de Regímenes Silviculturales para Pino Radiata". Documento Técnico N° 122. Diciembre 1998. 11 p.

1. INTRODUCCION

El fin de la década de los sesenta trajo consigo significativos avances en investigación que revolucionaron la silvicultura de Pino Radiata en Nueva Zelanda. Esta acción fue liderada por un equipo del Instituto de Investigación Forestal Neozelandés (NZFRI), donde se destacaron los aportes de Robert Fenton y Wink Sutton. Lo novedoso de su enfoque fue el incorporar criterios financieros en forma adicional y complementaria a los criterios técnicos ya existentes. Una de las proposiciones vanguardistas decía que en los mejores sitios, los raleos comerciales no lograban el suficiente retorno intermedio, como para justificar la pérdida de crecimiento de los árboles al momento de la cosecha. Como consecuencia de ello, propusieron raleos tempranos que sólo proporcionarían trozas de pequeñas dimensiones.

Estos investigadores, probablemente jamás imaginaron que su modelo fuese a tener tal aceptación y un efecto tan vasto sobre la silvicultura de otros países como Australia, Sudáfrica y fundamentalmente Chile. A fines de la década de los setenta y principio de los ochenta, incorporamos este conocimiento tecnológico sin mayores cuestionamientos, y con justa razón, porque no teníamos ni las plantaciones ni los antecedentes técnicos como para realizar tales juicios. A la luz de los hechos, resulta evidente que se trató de la decisión más acertada.

Sin embargo la situación ha cambiado bastante. Nos encontramos con más de un millón y medio de hectáreas de Pino Radiata, de las cuales una proporción importante ha sido manejada intensivamente. Además, el nivel de la profesión forestal se ha ajustado a las necesidades de los nuevos tiempos en forma notable, logrando excelencia en el manejo de las plantaciones de la especie. Sumado a lo anterior, encontramos una capacidad prácticamente ilimitada de procesamiento de información y diversas herramientas de predicción y análisis que permiten asistir los procesos de toma de decisiones de mejor forma que en el pasado.

Debido a las razones anteriormente expuestas, es que resulta de particular importancia el evaluar, en forma periódica, la bondad de los regímenes silviculturales actualmente en uso, con el objeto de: (i) desechar aquellas actividades que no se justifiquen desde el punto de vista financiero, (ii) incorporar aquellas actividades que si lo hagan y fundamentalmente para (iii) proponer nuevas estrategias silviculturales que se adapten mejor a los nuevos tiempos.

El objetivo del presente documento, es plantear una metodología para la selección y evaluación técnico-financiera de regímenes silviculturales para Pino Radiata, aún cuando también podría ser aplicada a otras especies.

2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Un regimen silvicultural corresponde a una secuencia o programa de actividades culturales 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. Cada actividad silvícola se puede caracterizar mediante tres elementos fundamentales que son: *oportunidad*, *intensidad* y *atributos técnicos*. Por ejemplo, la *oportunidad* para realizar una primera poda en un rodal de Pino Radiata, se podría definir como el momento en que la altura dominante de los árboles alcanza los 5 m; mientras que su *intensidad*, como la eliminación de las ramas, en la sección inferior del fuste, hasta un 50 % de la altura total de los individuos. Además, esta operación se practicaría en los mejores 600 individuos presentes en la hectárea. Dentro de los *atributos técnicos*, se tendría que dicha faena se realizaría simultáneamente al primer raleo y la selección de los individuos consideraría criterios predefinidos como vigor, rectitud, estado sanitario y hábito de las ramas.

La labor de encontrar un regimen silvicultural apropiado a un rodal específico no es trivial. Esto se debe a que existen numerosos factores asignables al bosque, a la industria y al mercado que interactúan e influyen de manera compleja en la selección de la mejor alternativa. Además, la gama de posibles regímenes es tan amplia que se requiere forzosamente una metodología para reducir el universo de posibilidades.

Los posibles regímenes son una consecuencia de las combinaciones factibles de tiempo e intensidad de las actividades silvícolas. Así, la solución del problema pasa por restringir el universo de posibilidades a un tamaño manejable, y posteriormente mediante aproximaciones sucesivas, llegar a determinar aquel regimen que satisfaga a un mejor nivel los objetivos del manejo.

Otra parte del problema consiste en contar con información confiable de mercados actuales y futuros y con una predicción relativamente precisa de rendimientos por tipo de producto. Esto no es tan fácil como parece, debido a que no siempre se cuenta con modelos de crecimiento lo suficientemente confiables, como tampoco de una “bola de cristal” para predecir los altos y bajos del mercado. Adicionalmente, pueden existir algunos problemas en la estimación relativamente precisa de los costos involucrados en el proceso productivo.

3. REQUERIMIENTOS DE INFORMACION

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. A continuación se detalla el contenido de estas:

Variables de estado de rodal y otras características

Las variables de estado se requerirán por lo general a alguna edad alrededor de los 4 años, una vez producida la diferenciación de copas, de manera de proporcionar una referencia al modelo de crecimiento para sus proyecciones. Dichas variables son básicamente la altura dominante (e.g. 5.9 m), área basal (e.g. 6.3 m²/ha), densidad (e.g. 1250 árb/ha), diámetro cuadrático medio (e.g. 8 cm) y eventualmente algunos antecedentes sobre el manejo histórico del rodal. Además se debiera contar con información confiable acerca de otras características tales como el grado de mejoramiento genético de las plantas a utilizar.

Costos de Producción

Para la evaluación financiera de regímenes silviculturales, se deberán conocer todos los costos de producción involucrados, tanto directos como indirectos, de manera de construir los flujos de caja, que permitan determinar la rentabilidad de la alternativa propuesta. 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, mantención de accesos, reparación de cercos y control de conejos, entre otros. Además de lo anterior, se deben considerar los costos de cosecha, construcción de caminos, transporte e incluso, de mercadeo de las trozas.

Dentro de los costos de las actividades culturales se encuentra los de preparación del sitio, control de malezas pre y post-plantación, plantación, fertilización, control de plagas y enfermedades, podas, raleos, etc.

Especificación de Productos y Precios

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. Las especificaciones para cada tipo de troza son fijadas por los compradores y cambiarán año a año. Sin embargo, éstas por lo general son especificadas en términos de: (i) largo mínimo y máximo aceptable (o bien fijo), (ii) diámetro menor mínimo y máximo aceptable, (iii) diámetro máximo aceptable, (iv) calidad de la troza medida a través de diferentes atributos y, por supuesto, (v) precio por metro cúbico. Dentro de la calidad de las trozas, se incluyen atributos tales como: diámetro máximo de ramas, rectitud del fuste, defectos tales como pudrición, bolsillos de resina, nudos muertos, etc. A modo de ilustración, la Tabla 1 presenta una clasificación utilizada en Nueva Zelanda para productos de consumo doméstico.

Tabla 1.-Especificación de productos domésticos en Nueva Zelanda.

Calidad	Podado (P) o No Podado (NP)	Min d (mm)	Max d (mm)	Diámetro Máximo de Rama (cm)	Longitud (m)	Max posición de la troza	Precio (NZ\$/m3)
PR1	P	400	-	-	3 – 6	1	300
PR2	P	300	399	-	3 – 6	2	260
PR3	P	300	-	-	3 – 6	-	160
S1	NP	400	-	6	3 – 6	-	130
S2	NP	300	399	6	3 – 6	-	130
S3	-	200	299	6	3 - 6	-	85
S4	-	150	199	6	3 – 6	-	50
L1	NP	400	-	14	3 - 6	-	70
L2	NP	300	399	14	3 – 6	-	70
L3	NP	200	299	14	3 – 6	-	85
L4	NP	150	199	14	3 – 6	-	50
PULP	-	100	-	-	-	-	50

FUENTE: Maclaren (1993)

Nota: d corresponde al diámetro menor de una troza

Estos productos pueden ser agregados con el objetivo de simplificar la predicción de rendimientos y el análisis técnico y financiero. En el ejemplo desarrollado en páginas posteriores, se realiza la siguiente agregación de productos: PR1, PR2, PR3, S1+S2, S3+L3, L1+L2, PULP.

La definición de productos es una etapa crucial para lograr evaluar correctamente un regimen silvicultural. Para ello se requiere que el mercado reconozca calidades de trozas, asignándoles precios distintos. Un mercado que no diferencia calidad de madera, o que la establece en términos de diferenciales despreciables de precios, tiende hacia una menor intensidad silvícola y al hecho que resulte inoficioso la evaluación de regímenes silviculturales. Por otro lado, un mercado que reconoce distintas calidades de trozas, permite encontrar cambios en la rentabilidad del cultivo, producto de cambios en la programación de las actividades silvícolas. Los cambios de rentabilidad vienen dados por las distintas proporciones del volumen bruto que se asignan a los distintos productos.

La estimación del volumen total no es suficiente para evaluar la bondad de un regimen. Se requiere determinar en forma precisa como cambian los rendimientos por tipo de producto al variar la silvicultura.

Modelos de Crecimiento

Para la selección y evaluación de regímenes silviculturales, se requiere contar con un modelo confiable para la predicción de crecimientos y rendimientos. Antes de adoptar uno, se debiera chequear que el modelo se encuentra suficientemente documentado y que los datos usados en su construcción son representativos del sitio a predecir. Además, se debiera chequear que las variables de estado y el esquema de manejo propuesto, se encuentran dentro de los rangos de diseño del modelo. Finalmente, se requiere que los resultados entregados por el simulador sean coherentes y con un nivel de detalle apropiado al tomador de decisiones.

Hoy en Chile se cuenta con un modelo de crecimiento y rendimiento, que es el resultado del Proyecto Nacional de Simulación de Pino Radiata, coordinado por Fundación Chile y con la participación de diversas empresas forestales del país. Esta herramienta puede ser utilizada para seleccionar regímenes apropiados a las condiciones del sitio.

4. PROPOSICIÓN METODOLÓGICA

La selección y evaluación de regímenes silviculturales, debiera considerar fundamentalmente aspectos técnicos y aspectos financieros. La evaluación técnica, analiza la factibilidad biológica de realizar ciertas intervenciones y de obtener los resultados previstos. La evaluación financiera, define criterios de decisión y analiza la factibilidad financiera, de realizar un regimen técnicamente factible. Por lo general, aspectos técnicos y financieros deben ser conciliados.

El análisis de la factibilidad técnica, debiera comenzar por una clara descripción del problema y de los objetivos del manejo. Generalmente la maximización de los retornos financieros se encuentra dentro de los *objetivos* más importantes, no siendo necesariamente el único. Un regimen silvicultural, puede ser diseñado además, con la intención de proteger el suelo, proteger los recursos hídricos o mejorar los valores escénicos de un área determinada, entre otros.

Desde un punto de vista financiero, la práctica común para evaluar la bondad de un regimen silvicultural, es evaluar diferentes alternativas, y elegir aquella que reditue 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 regimen. Por lo general, y en forma complementaria, también se estima la Tasa Interna de Retorno (TIR) la cual representa el retorno periódico medio porcentual sobre cada unidad monetaria invertida. La fórmula del VES para este caso particular es la siguiente:

$$VES = VPN (1+i)^R / [(1+i)^R - 1]$$

donde : VES = Valor Esperado del Suelo (\$/ha)
 VPN = Valor Presente Neto para una rotación (R) (\$/ha)
 i = Tasa de descuento (e.g. i = 0.07 = 7%)

La metodología propuesta se basa en prueba y error, de manera que el regimen seleccionado no representa necesariamente el óptimo, pero sí aquel mejor entre las alternativas probadas. Por esta razón, un número relativamente alto de pruebas debieran ser realizadas en todo el rango de la silvicultura, de manera de lograr un acercamiento al óptimo teórico. La metodología propuesta implica las siguientes etapas:

- a. **Definición de Objetivos y Formulación del problema.** Se debe identificar el o los objetivos perseguidos, al igual que las restricciones de tipo económico, social y ambiental que condicionan la silvicultura en el lugar.
- b. **Proposición y evaluación técnico-financiera de orientaciones silviculturales generales para el sitio en cuestión.** En el ejemplo que se presenta en páginas posteriores, se evaluaron técnica y financieramente cuatro orientaciones silviculturales generales: pulpable, estructural, libre de nudos y silvopastoral.
- c. **Determinación del espacio alrededor del cual se mueve la solución.** Esto se refiere a encontrar la orientación o estrategia silvicultural a seguir. En el ejemplo, se determinó que se debiera explorar los regimenes orientados a la producción de madera libre de nudos, por sobre los regimenes pulpables, estructurales o silvopastorales.
- d. **Generación de regímenes alternativos que mejoren el performance técnico y financiero de la solución.** Se debiera analizar la influencia de las variables silviculturales más relevantes sobre el desempeño del sistema. Algunas de las ellas son: (i) densidad inicial y final, (ii) oportunidad e intensidad de podas y raleos, (iii) calidad de la poda y (iv) longitud de la rotación, entre otras.
- e. **Evaluación financiera del mejor regimen silvicultural para el sitio en cuestión.** Esta etapa consiste en construir un flujo de caja para el regimen seleccionado y determinar el valor del criterio de decisión (VPN ó VES).
- f. **Análisis de sensibilidad.** Esta etapa, consiste en identificar aquellas variables que tengan mayor relevancia sobre el desempeño del regimen seleccionado, y explorar su efecto bajo diferentes escenarios. Generalmente, dentro de las variables más influyentes se encuentran los precios, los rendimientos, los costos y la tasa de descuento.
- g. **Elaboración de un plan de establecimiento.** La planificación del establecimiento se debiera realizar con posterioridad a la selección del mejor regimen, por cuanto éste depende de la estrategia silvicultural adoptada. Por ejemplo, la selección de un regimen de orientación silvopastoral, condiciona el tipo de espaciamiento y la densidad inicial, el tipo de planta a utilizar (a raíz desnuda o en contenedores, con o sin mejora genética, plantas de semilla o cuttings, etc), los métodos de control de malezas, etc.

La metodología propuesta enfatiza la necesidad de elaborar regimenes silviculturales que se adecuen a los requerimientos de sitios específicos. Es por esto, que hoy en día el uso de regimenes “tipo” no resulta apropiado, sobretodo cuando consideramos la disponibilidad de herramientas de planificación y tecnología computacional.

5. DESARROLLO DE UN EJEMPLO

A continuación, se plantea un ejemplo que sirve el propósito de ilustrar la metodología propuesta. Se trata del diseño y selección de un regimen silvicultural capaz de aumentar significativamente el retorno financiero de un terreno al considerar una plantación forestal. El regimen silvicultural debiera proveer el mejor retorno posible, optimizando la longitud de la rotación, la densidad final y las operaciones silviculturales. Se estima que los árboles alcanzarían 28 m a los 20 años (Índice de sitio = 28 m). Este ejemplo fue desarrollado para una pequeña propiedad forestal ubicada en la parte central de la Isla Norte de Nueva Zelanda.

Inicialmente, se probaron cuatro orientaciones silviculturales con el objeto de encontrar aquella que se ajustara en mejor forma al ejemplo desarrollado. Ellas corresponden a orientaciones: pulpable, estructural, libre de nudos (clearwood) y silvopastoral, desde menos intensivas a más intensivas correlativamente. A modo de aclaración, sin embargo, resulta importante destacar que la orientación de un regimen, no implica la producción de sólo un tipo de producto, sino que también una cierta proporción de otros. Por ejemplo un regimen orientado a la producción de madera libre de nudos podría generar, a grandes razgos, un 30% de madera clear, un 40 % de madera aserrable con nudos y un 30 % de madera pulpable. Estos porcentajes pueden y por lo general van a ser desglosados de acuerdo a un mayor número de productos.

Tabla 2.- Orientaciones silviculturales generales evaluadas para una propiedad en la parte central de la Isla Norte de Nueva Zelanda.

Pulpable (1)			Estructural (2)			Clearwood (3)			Silvopastoral (4)		
Altura (m)	Densidad árb/ha	Poda árb/ha, hpoda (m)	Altura (m)	Densidad árb/ha	Poda árb/ha, hpoda (m)	Altura (m)	Densidad árb/ha	Poda árb/ha, hpoda (m)	Altura (m)	Densidad árb/ha	Poda árb/ha, hpoda (m)
0	1250		0	1250		0	1250		0	800	
			6.0	750		6.0	750	600,2.2	5.0	300	300,2.4
						9.0		350, 4.0	9.0	250	250,4.2
			12.0	370		12.0	300	300,6.0	12.0	200	200,5.8
28.3	C/F								33.3.	C/F	
			36.3	C/F		36.3	C/F				

FUENTE : Williams (1982)

La Tabla 2 presenta cuatro orientaciones silviculturales generales, que fueron evaluadas desde el

punto de vista técnico y financiero, como primera aproximación a la solución del problema. Cada régimen silvicultural se caracteriza por la información que aparece en tres columnas. La primera columna representa la altura dominante que los árboles debieran alcanzar antes de realizar podas, raleos o la corta final. La segunda corresponde al número de árboles por hectárea a lo largo de la rotación. La tercera columna representa el número de árboles podados y la altura a la cual se realizó dicha poda (i.e. 600, 2.2. significa que se podan 600 árboles por hectárea a 2.2 m)

Los regímenes mostrados en la Tabla 2 fueron evaluados utilizando el modelo de crecimiento STANDPAK desarrollado por el Instituto Forestal de Nueva Zelanda (NZFRI), determinándose así, rendimientos y otros parámetros dasométricos. Posterior a ello, se efectuó un análisis silvicultural, para evaluar la factibilidad técnica de los regímenes. Por ejemplo, se chequeó que el diámetro sobre el muñón fuese aproximadamente el mismo y lo más pequeño posible, para los diferentes levantes de podas en los regímenes (3) y (4).

Una vez chequeados que los regímenes fuesen técnicamente factibles, ellos fueron evaluados desde un punto de vista financiero. Se construyeron flujos de caja para cada régimen, con el objetivo de estimar el valor presente neto (VPN). Debido a que los regímenes presentan diferentes horizontes de planificación (rotación), no siendo comparables entre sí, es que el VPN de cada uno de ellos se agregó en una serie periódica infinita de valores iguales, constituyendo el valor esperado del suelo (VES), que sí resulta comparable. Los resultados se presentan en la Figura 1.

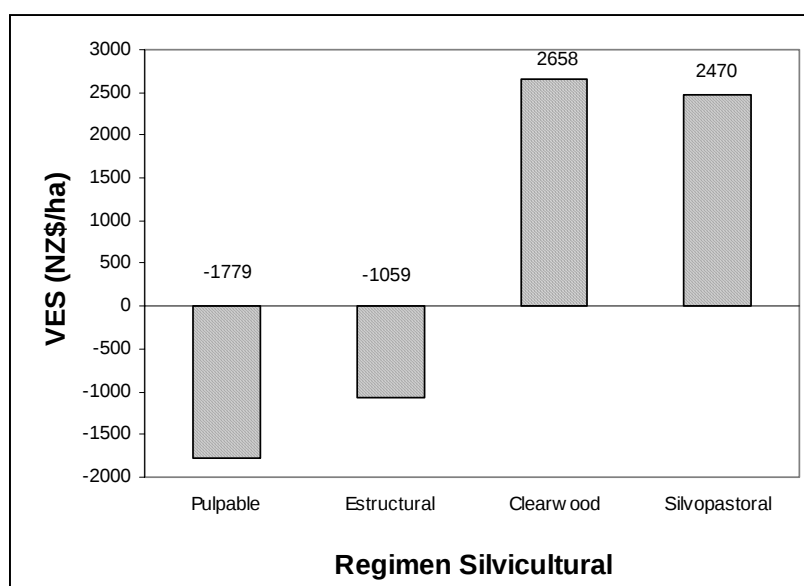


Figura 1.- Valores esperados del Suelo para cuatro regimenes silviculturales

La Figura 1 muestra un crecimiento del VES al aumentar la intensidad de la silvicultura, hasta cierto punto en el cual empieza a decrecer. El máximo valor entre los regímenes probados, fue el orientado a la producción de madera libre de nudos, que alcanzó un valor esperado del suelo de 2658 NZ\$/ha. El régimen silvopastoral, que posee una mayor intensidad silvícola, entregó un VES ligeramente inferior (2470 NZ\$/ha). Esto sugiere que el mejor régimen para este sitio, se podría encontrar mediante iteraciones sucesivas sobre el régimen orientado a la producción de

madera clear. Los regimenes orientados a la producción de madera pulpable y estructural se descartaron debido a que presentaron rentabilidades negativas.

Utilizando prueba y error, se analizó la influencia de calidad de poda, la rotación y la densidad final sobre la rentabilidad del cultivo. Como resultado de ello se elaboró una nueva proposición silvicultural, que reflejara estos aspectos. No obstante, en un análisis más acucioso, otros elementos adicionales debieran ser considerados, como por ejemplo la densidad inicial e intermedia, el tipo de mejora genética de las plantas y las técnicas más apropiadas de control de malezas.

Calidad de Poda

La calidad de la poda, fue evaluada a través de un índice propuesto originalmente por Park (1980). Este índice cuantifica la calidad de la poda a través de la siguiente formula:

$$\text{Pruned Log Index (PLI)} = \text{DAP} \times \text{FC} / \text{DCD}$$

Donde	DAP	= Diámetro a la altura del pecho (mm)
	FC	= Factor de Conversión en aserradero (%) e.g. 65 %
	DCD	= Diámetro del Cilindro Defectuoso (mm)

Este índice asume que la calidad de poda es directamente proporcional al DAP y al factor de conversión e inversamente proporcional al diámetro del cilindro defectuoso. Así, mientras mayor sea el valor del índice mayor será la calidad de la poda. El diámetro del cilindro defectuoso puede ser estimado mediante una relación lineal en función del diámetro sobre el muñón (DOS). A modo de ejemplo, Park (1980) ajustó la siguiente ecuación:

$$\text{DCD} = 0.975 \text{ DOS} + 59.411 \quad (\text{aprox. DOS} + 6 \text{ cm})$$

El mismo autor encontró empíricamente la siguiente interpretación del índice:

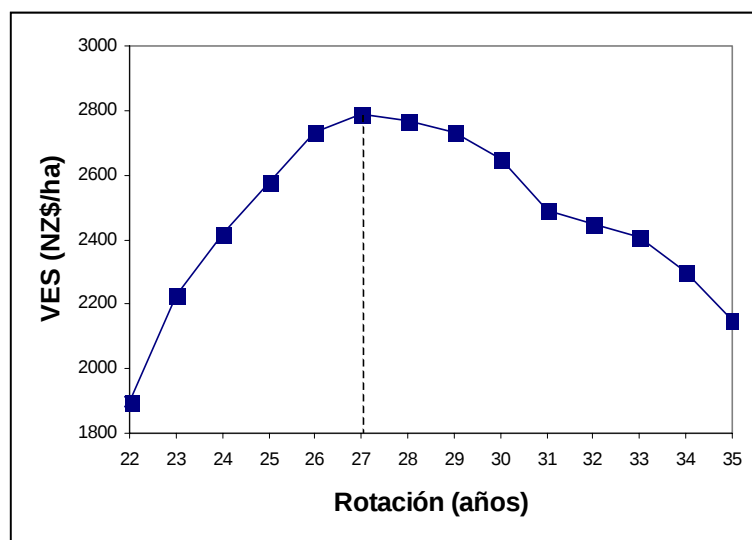
PLI < 0.75	Poda inefectiva
PLI < 1.00	Poda insatisfactoria
PLI > 1.40	Buena calidad de poda
PLI > 1.70	Excelente calidad de poda

El regimen seleccionado mostró un ICP de 1.30 para un DOS de 17.6 cm a una edad de 27 años. De acuerdo a la clasificación, este valor sería aceptable pero no completamente satisfactorio y por tanto el regimen debería ser modificado. De esta forma, se redujo el DOS de 17.6 a 15.4 cm cambiando la intensidad de la poda de fija a variable (Tabla 3), con lo cual el ICP aumento de 1.30 a 1.44, logrando una buena calidad de poda.

Longitud de la Rotación

Para determinar aquella longitud de rotación que proporcionara el mayor retorno financiero, se calculó el valor esperado del suelo (VES) para posibles rotaciones entre los 22 y los 35 años. Como resultado de ello, se eligió aquella que reportara la mayor rentabilidad. La Figura 2 muestra la evolución del valor esperado del suelo en función de la longitud de la rotación.

Figura 2.- Cálculo de la rotación óptima para el ejemplo desarrollado.



Se puede apreciar que la curva es relativamente unimodal con un único valor máximo, logrando el mayor valor esperado del suelo para una edad de rotación de 27 años.

Densidad Final

Para evaluar la influencia del espaciamiento sobre la rentabilidad, se probaron densidades finales de 200, 250, 300, 350 y 400 árb/ha de manera de encontrar aquella que proporcionara el mayor valor. En este caso, se puede utilizar indistintamente el VPN o el VES, debido a que todas las alternativas tienen el mismo horizonte de planificación (rotación de 27 años).

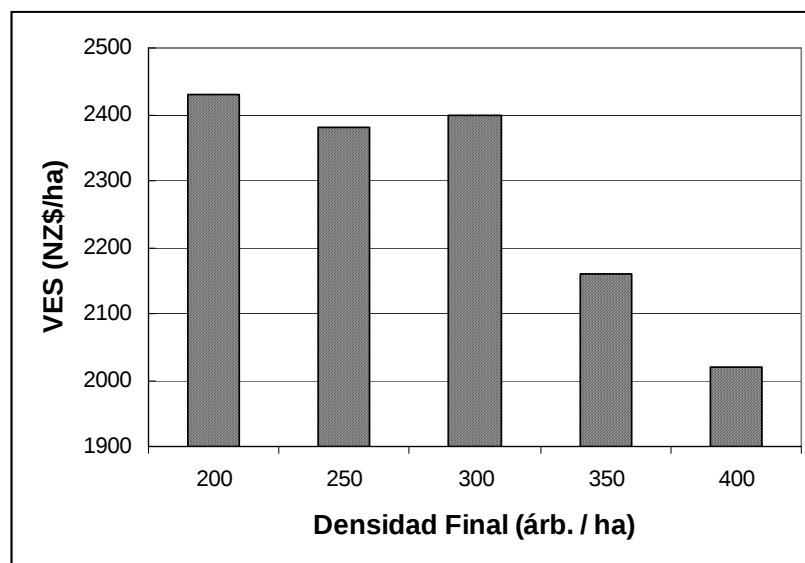


Figura 3.- Influencia de la densidad final sobre el Valor Presente Neto

La Figura 3 muestra la influencia de la densidad final sobre la rentabilidad del cultivo. Se puede apreciar una tendencia bimodal de la curva con máximos para las densidades finales de 200 y 300 árb/ha. Personalmente, me inclino a pensar que una densidad final de 300 árb/ha sería más apropiada, debido a que: (i) no existe una diferencia de significancia entre los VES de ambas densidades, (ii) la tendencia global muestra que una densidad 300 árb/ha sería la mejor y (iii) desde la perspectiva del riesgo financiero parece más apropiado invertir el capital sobre 300 árb/ha que sobre 200 árb/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 del tomador de decisiones.

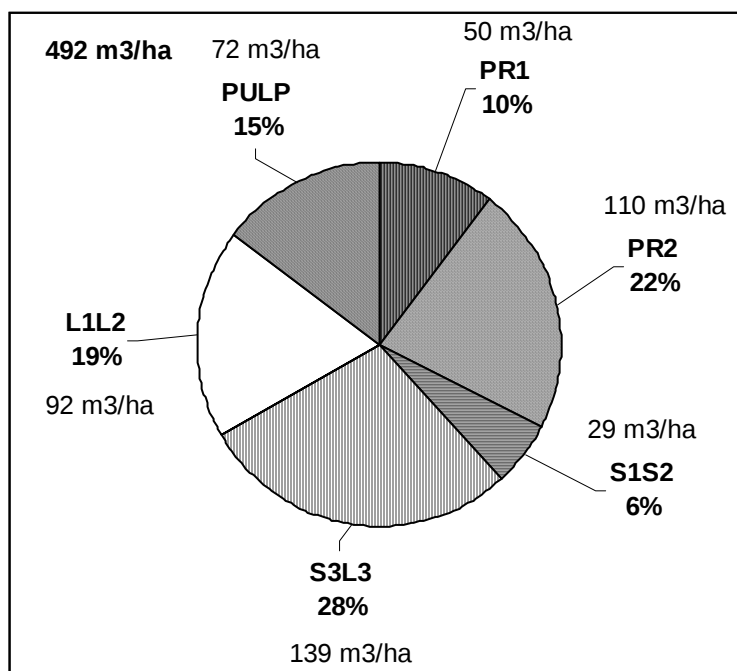
La Tabla 3 resume las modificaciones finales al regimen silvicultural seleccionado para el ejemplo, describiendo prescripciones y valores dasométricos promedios. El regimen seleccionado se caracteriza por dos raleos y tres podas, que se realizan entre los 5 y los 9 años de edad. La primera poda coincide con el primer raleo, al igual que la tercera poda con el segundo raleo. La intensidad de las podas se establece en términos porcentuales, no superiores al 60 % de la altura de los árboles. La intensidad de los raleos establece un razón de selección de 4 (sólo 1 de cada 4 árboles llegará al final de la rotación), lo que coincide con los valores empíricamente aceptados para plantaciones de Pino Radiata manejadas intensivamente (valores entre 2 y 4). El objetivo de esta estrategia silvicultural, es obtener 492 m³/ha concentrados sobre 293 árb/ha a los 27 años.

Tabla 3.- Regimen silvicultural seleccionado para una pequeña propiedad en la parte central de la Isla Norte de Nueva Zelanda.

Año	Altura Dominante (m)	Raleo		Poda			
		árb. /ha	Volumen extraído	árb./ha	Altura (m)	Altura (%)	DOS (mm)
Densidad Inicial 1250 árb./ha							
5	6	750	5	600	2.8	50	14.4
7	9	-	-	350	5.2	60	15.4
9	12	300	53	300	6.8	60	15.4
Densidad final 293 árb./ha a edad 27 años ; Volumen 492 m3/ha DAP = 46.3 cm; DOS = 15.4 cm; Cilindro defectuoso = 20.9 cm; Indice de Calidad de Poda = 1.44 (Bueno)							

La Figura 4 muestra la proporción esperada de productos para este regimen a la edad de 27 años. Se puede apreciar, que las trozas podadas representan un 32 % del volumen comercial (PR1+PR2 = 160 m3/ha), las trozas aserrables no podadas, sobre los 30 cm, un 25 % (S1S2+L1L2 = 121 m3/ha), las trozas aserrables de pequeñas dimensiones, (entre 20 y 30 cm) un 28 % (S3L3 = 139 m3/ha) y finalmente, las trozas pulpables, con un diámetro inferior a 20 cm, representan el 15 % (PULP = 72 m3/ha).

Figura 4.-Proporción de productos para el regimen seleccionado a una edad de 27 años



La Tabla 4 muestra el flujo de caja para el regimen seleccionado, el cual se caracteriza por alcanzar un valor presente neto (VPN) de NZ\$ 2500 /ha y una tasa interna de retorno (TIR) del 9,61 % p.a. Como resultado de ello, y especificamente para el sitio en cuestión, se recomendaría invertir en el regimen propuesto.

Tabla 4. Flujo de Caja para el Regimen Seleccionado orientado a la producción de madera CLEAR para una pequeña propiedad en la parte central de la Isla Norte de Nueva Zelanda

[illegible]

6. PLAN DE ESTABLECIMIENTO

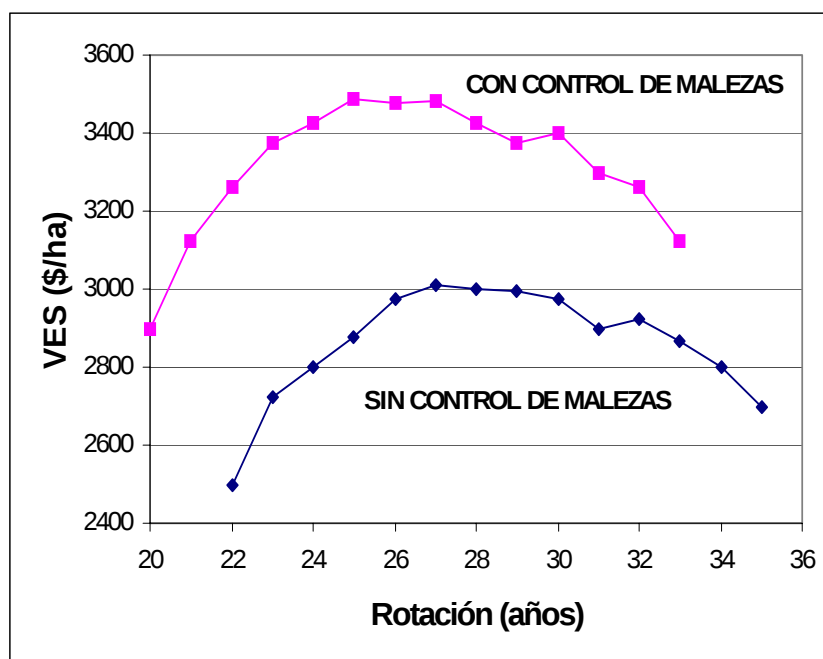
Las técnicas de establecimiento de la plantación debieran ser planeadas con posterioridad a la selección del mejor régimen silvicultural. Esto se debe, a que el plan de establecimiento, tendrá que ser ajustado, dependiendo de la orientación del manejo y de las condiciones del sitio. Es necesario tener presente, que del establecimiento depende en gran medida el éxito del proyecto y por lo tanto se debiera planear cuidadosamente posterior a la selección del mejor régimen.

El establecimiento, es la etapa que va desde la preparación del sitio hasta que los árboles se han liberado de la competencia inter-específica. En el caso particular de Pino Radiata, esta etapa puede concluir alrededor de los tres años. El establecimiento, comprende las actividades de preparación del sitio, plantación, control de malezas (pre y post-plantación), fertilización y control de plagas y enfermedades, entre otras.

El plan de establecimiento se basa en la búsqueda de las mejores alternativas silvícolas, a través de prueba y error. Esto quiere decir que, se deben analizar desde un punto de vista técnico y financiero las diferentes alternativas, en cada una de las actividades que comprende el establecimiento. A continuación, se presentan dos ejemplos que ilustran el tipo de análisis requerido.

Una de las actividades más críticas, entre las diferentes actividades que comprenden el establecimiento, es el control de malezas, que puede incidir directamente sobre la sobrevivencia y calidad del futuro rodal. La Figura 5, muestra una forma conveniente de representar la ventaja de usar control de malezas.

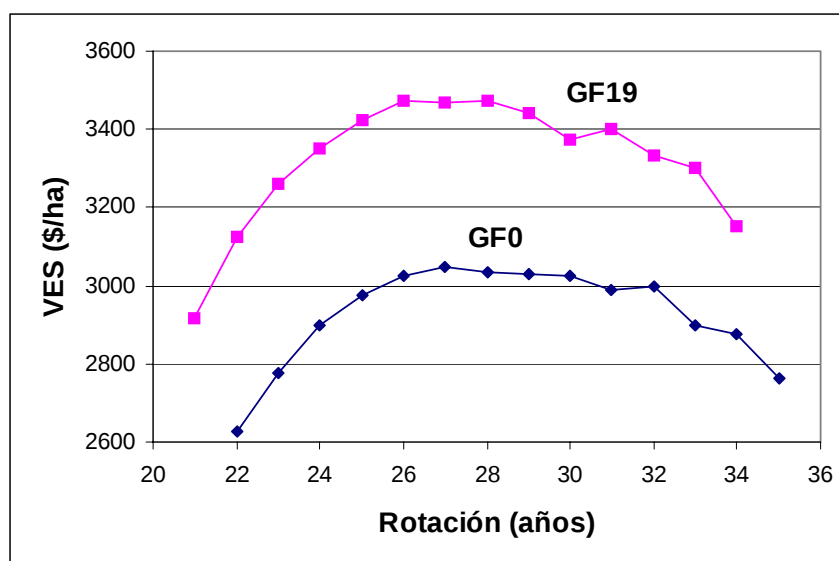
Figura 5.- Comparación del Valor Esperado del suelo con y sin control de malezas (referencial)



Los valores en la Figura 5, son solo referenciales, pero muestran como el uso de técnicas adecuadas de control de malezas puede aumentar significativamente la rentabilidad de la operación. Además, se aprecia como la rotación se logra acortar en uno o dos años producto de esta operación.

En un ejemplo similar se puede analizar la conveniencia de usar material genéticamente mejorado. La Figura 6, muestra como plantas mejoradas genéticamente (19-23 % ganancia en volumen bruto al final de la rotación), pueden aumentar significativamente la rentabilidad por sobre el material sin mejorar.

Figura 6. Comparación del Valor Esperado del suelo con y sin plantas mejoradas genéticamente (referencial).



Los ejemplos presentados anteriormente, ilustran la metodología a seguir, para la elección de la mejor alternativa de establecimiento. A mi juicio, el plan de establecimiento debiera pronunciarse sobre las técnicas más apropiadas de: (i) preparación del sitio, (ii) control de malezas, (iii) mejora genética en las plantas a utilizar, (iii) viverización y acondicionamiento (iv) plantación, (v) fertilización, (vi) control sanitario, y otras.

Algunas veces se tiende a pensar que existe un virtual cambio en la calidad del sitio producto de las actividades de establecimiento. Personalmente tiendo a pensar que no existe tal, y que resulta conveniente utilizar supuestos conservadores al momento de realizar la evaluación financiera. Las tendencias de las curvas de rendimiento entre rodales tratados y no tratados al momento del establecimiento han sido clasificadas como paralelas, divergentes o convergentes. Mason (1995) propone la adopción de trayectorias paralelas y cambios en la longitud de la rotación, para evaluar desde un punto de vista financiero la conveniencia de realizar determinadas intervenciones durante el establecimiento. Así, resulta conveniente pensar en términos del número de años en los cuales se acorta la rotación producto de la intervención. El asumir cambios en la calidad del sitio puede llevar a justificar desde un punto de vista financiero intervenciones que al final de la rotación demuestren no serlo.

7. DISCUSIÓN

La toma de decisiones en cuanto a estrategias silviculturales debiera partir por el sólido conocimiento de los principios silviculturales y de las relaciones causa/efecto de las actividades silvícolas versus su comportamiento financiero. Adicionalmente, resulta conveniente conocer la relación entre la intensidad de la silvicultura y los diversos factores atribuibles al sitio, a la industria y al mercado que inciden sobre la rentabilidad del cultivo.

La intensidad de la silvicultura es un concepto que se refiere a la cantidad de capital o trabajo que se invierte por hectárea. Así, mientras mayor sea la inversión mayor será la intensidad de la silvicultura y viceversa. Algunas de las consideraciones en este tema son las siguientes:

- Se justifica una mayor intensidad de la silvicultura mientras mayor sea la productividad de una especie y el valor de su madera.
- Se justifica una mayor intensidad de la silvicultura mientras mejor sea la calidad de los sitios. Sitios de baja productividad generalmente no justifican silvicultura intensiva.
- Se justifica una mayor intensidad de la silvicultura mientras mayor sea el valor que los consumidores estén dispuestos a pagar por el producto.

A modo de conclusión, se puede decir que la adopción de un regimen silvicultural para un sitio determinado, no puede ni debe obedecer a "recetas" que han resultado ser exitosas en otras localidades. Cada sitio, corresponde a una combinación única de factores atribuibles al bosque, a la industria y al mercado; lo que hace de la selección de un regimen apropiado para un sitio determinado un proceso independiente para cada situación. Además, el método a seguir para la elección del mejor regimen silvicultural y plan de establecimiento, pasa por un análisis exhaustivo y sistemático del efecto de las variables silviculturales más relevantes sobre el comportamiento del sistema y sobre el logro de los objetivos del manejo.

Lecturas Recomendadas

MACLAREN, J.P. (1993). "Radiata Pine Growers' Manual". FRI Bulletin No 184. 140 p.

MASON, E. (1995). "Planning forest establishment operations with a computerised decision-support system: A case study analysis of decision making over a full rotation". Second International Conference on Forest Vegetation Management". NZFRI. Rotorua, Nueva Zelanda. Marzo de 1995.

PARK, J.C. (1980). "A grade index for pruned buttlogs". New Zealand Journal of Forestry Science 10(2):419-438.

WILLIAMS, F.J.N. (1982). "Review of 1979 New Zealand radiata pine management practices". FRI Bulletin No 11. 23 p.