

ARTICULOS

Evaluación de pérdidas en volumen comercial de *Pinus radiata* por efecto de *Dothistroma septospora* en distintos escenarios de manejo y control químico, en la provincia de Valdivia

Evaluation of commercial volume losses to *Pinus radiata* caused by *Dothistroma septospora* under varying forest management and chemical control conditions in the province of Valdivia

ROSA M^a ALZAMORA¹, PABLO HAUER², HERNAN PEREDO³

^{1, 2}Instituto de Manejo Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

³Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

This study involves the physical and economic evaluation of varying situations within silviculture schemes in which a chemical control for *Dothistroma* is applied in a *Pinus radiata* trial. The trial examined several management and control methods. The objective was to evaluate the efficiency of these methods in limiting damage caused by *Dothistroma* in the context of overall practical and economic effectiveness. The results indicate that chemical control was effective, but the higher costs involved meant that they exceeded the value of the recovered volume of timber.

Key words: *Pinus radiata*, *Dothistroma septospora*, damage economic evaluation.

RESUMEN

Este estudio presenta la evaluación física y económica de distintos regímenes silviculturales que consideran la aplicación de pesticidas para controlar *Dothistroma* en un ensayo de *Pinus radiata*. En el ensayo están representadas varias situaciones de manejo y control químico. En tal sentido, el objetivo fue evaluar la eficiencia de este control sobre el daño de *Dothistroma* en términos del desempeño físico y económico de las plantaciones al turno de la rotación. Los resultados indican que el control químico aplicado fue eficaz en salvamento de volumen; no obstante, al evaluar dicha decisión desde el punto de vista económico, resulta inconveniente, siendo los costos del control muy superiores a los beneficios del salvamento en volumen.

Palabras claves: *Pinus radiata*, *Dothistroma septospora*, evaluación económica del daño.

INTRODUCCION

Dothistroma septospora (Dorog.) Morelet es el agente causal de daño biótico con mayor superficie impactada de *Pinus radiata* D.Don en Chile (1). Así, las condiciones climáticas que son favorables para el crecimiento del pino, lo son también para el desarrollo y propagación del hongo, que

ahora se presenta a lo largo de toda la distribución de *P. radiata* en el país (2). El daño al follaje producido por *D. septospora* puede causar retardo en el crecimiento y en casos extremos la muerte de los árboles. La magnitud del daño dependerá de la severidad de la defoliación que es producto de la relación tasa de crecimiento del follaje y tasa de establecimiento del hongo (3).

Las primeras investigaciones realizadas en *P. radiata* de menos de un año mostraron una relación lineal entre la disminución del crecimiento en altura y la defoliación (4). De este modo, una pérdida de superficie foliar mayor a 25% tiene un efecto significativo sobre el incremento diametral. Por otra parte, efectos importantes sobre el incremento en altura sólo ocurren cuando la necrosis afecta al 50% del follaje o más, y a niveles del 80% el incremento en altura se reduce a un 50% (3).

Se ha comprobado que árboles jóvenes, entre 4 y 9 años, son los más susceptibles al ataque de la enfermedad, no así los árboles con oportunidad de cosecha (5). *P. radiata* comienza a mostrar resistencia al patógeno entre los 12-14 años de edad, dependiendo del sitio donde se encuentre (6). En términos de área basal, White en 1976 (7) obtuvo regresiones que indican pérdidas de 28%, 34% y 48% respecto del incremento anual periódico en tres períodos consecutivos. Para el mismo lapso, las pérdidas en volumen bruto fueron de 18%, 26% y 38% respectivamente. Asimismo, Woollons y Hayward en 1984 (8) encontraron al cabo de cinco años pérdidas de 15% en el área basal para un rodal con 25% de infección, y de 19% para un rodal con 50% de infección; ambos porcentajes están referidos al área basal de un rodal que fue tratado todos los años con fungicida.

Trabajando en rodales de *P. radiata*, Woollons y Hayward, al igual que Van der Pass (8, 9), no se encontraron pérdidas de crecimiento en los árboles dominantes del rodal infectado con *D. septospora*. Este hecho es relevante, pues cuestiona la aplicación de fungicidas en plantaciones con manejo intensivo para protegerlas de la infección. Las pérdidas volumétricas ocasionadas en *P. radiata* se asocian de un modo lineal creciente con los niveles de ataque, alcanzando valores de importancia (aproximadamente de un 50%) cuando el nivel de ataque es de 50% (9). En términos del control de *D. septospora*, además de las aplicaciones de fungicidas, se hacen esfuerzos en el ámbito de las prácticas de manejo. Así, el control silvicultural se basa en modificar las condiciones ambientales que le son favorables al patógeno.

Según Rojas (10) los tratamientos silviculturales, tales como raleo y poda, optimizan el producto de la cosecha final, mejorando la proporción entre madera aserrable y madera pulpable sin evidenciar mayormente un control directo sobre *D. septospora*, por lo que sólo es aconsejable su

aplicación en aquellas situaciones en que el rodal sea capaz de responder satisfactoriamente a la inversión que significan estas intervenciones. Por otro lado, mediante tratamientos culturales, tales como podas, desbroces, abonos, raleos, se obtiene una mayor resistencia de los árboles al ataque, y, por otra parte, se dificulta la propagación del parásito (11). No obstante, la evidencia de resultados, a corto plazo, con la aplicación de fungicidas, hace que esta estrategia de control siga siendo preferida en Chile.

Estudios realizados en Nueva Zelanda, en plantaciones de 13 años de edad, estiman que la cosecha final en rodales tratados químicamente supera en 30-40 m³/ha a la de rodales no tratados (6). No obstante, es posible pensar que medidas indirectas que vigoricen el desarrollo de los árboles puedan resultar en aumentos de resistencia al ataque del hongo (12). Esto es, con la aplicación de herbicidas que reducen la competencia con las malezas por agua y nutrientes y con fertilizaciones que fortalecen el desarrollo de los árboles (13). En tal sentido, Rojas (10) encontró que la aplicación de fertilizantes y herbicidas actúan positivamente, potenciando el desarrollo de las plantas mejor calificadas, con lo cual, se favorece la resistencia natural de las plantas al ataque de *D. septospora*. Por su parte, Contreras (12, 14) encontró, al cabo de dos años de estudio, que sólo la aplicación anual de fungicida reduce significativamente el ataque. Además, el autor concluye que la aplicación de herbicida al establecimiento y fungicida resulta muy ventajosa en términos de crecimiento diametral. De este modo se obtuvo un 20% más de crecimiento en diámetro que en la condición testigo sin aplicación. Otros estudios indican que en Nueva Zelanda algunas medidas silviculturales no tendrían un efecto significativo en el desarrollo de la enfermedad, debido a que rodales con y sin poda son indistintamente atacados. Asimismo, se determinó que la elección de sitios como medida de control resultó prácticamente impracticable por el gran número de factores que intervienen en el desarrollo del hongo.

La mayor consecuencia de *D. septospora* sobre *P. radiata*, es la pérdida de volumen comercial al turno de rotación (15). Es por ello el creciente interés por controlar la enfermedad, cuidando que la asignación de recursos para este fin se aplique con criterios de eficiencia económica (16). En este sentido, las medidas de control tienen por

objeto minimizar los niveles de daño causado por el hongo, con el fin de disminuir las pérdidas económicas. Esto es particularmente importante en la X Región, donde se ha detectado el desarrollo de *D. septospora* en el 100% de los predios prospectados. Además, es importante considerar que las medidas de control se realizan para regular la enfermedad y no para erradicarla, y que es el umbral de daño económico el que debería guiar y justificar el costo de las medidas de control (14).

Así, ante el consenso de que el daño causado por *D. septospora* a *P. radiata* justifica la aplicación de técnicas de control, es prioritario diseñar y decidir un control eficiente, de manera de procurar consecuencia con las estrategias actuales en el manejo de esta conífera (12).

Este estudio analiza los resultados de un ensayo de 12 años en la provincia de Valdivia, con diferentes escenarios de manejo silvícola y control químico, con el fin de capturar el efecto de los distintos tratamientos en diferenciales de volumen comercial. Para ello, se comparan rendimientos entre una plantación testigo *generada con procesos de simulación* con y sin tratamientos, con cuatro situaciones con daño bajo distintos tratamientos de manejo y control químico del ensayo. Luego, se realiza la evaluación económica privada del proyecto *bosque*, en términos de ingresos netos percibidos a la edad de cosecha por concepto de madera. Por último, y con el fin de complementar el análisis económico, se realiza un análisis de sensibilidad de la evaluación privada ante cambios en la tasa de interés y variaciones en el costo del control químico.¹

MATERIAL Y METODOS

Area de estudio. La información utilizada proviene del ensayo que sustenta el Proyecto de investigación: "Modelo de crecimiento para plantaciones jóvenes de *P. radiata* con distintos tratamientos para el control de *D. septospora*". El ensayo se ubica en los rodales 4 y 17 del predio "Las Palmas" de la Universidad Austral de Chile, provincia de Valdivia, X Región.

El ensayo total consta de 17 tratamientos con un diseño experimental aleatorio dirigido con tres repeticiones, lo que totaliza 51 parcelas. Las parcelas permanentes tienen forma cuadrada con una superficie de 400 m² (20 x 20 m) orientadas de norte a sur. No obstante, para fines de este estudio se analizan los siguientes tratamientos:

Tratamiento N° 2: Aplicación química¹ todos los años, raleo y poda².

Tratamiento N° 3: Sin tratamiento, ni manejo.

Tratamiento N° 4: Raleo y poda.

Tratamiento N° 13: Aplicación química cada dos años, raleo y poda.

Estos tratamientos son comparados sobre la base de dos situaciones, donde sólo se hace variar la patología por *D. septospora*. Primero, una situación sana, ya que su proyección de crecimiento y manejo ignora el efecto del patógeno; esto se logra proyectando crecimiento y manejo a partir de los primeros años de la plantación, en función de la información de calidad de sitio y prácticas de establecimiento y manejo programadas en cada tratamiento.

Por su parte, la situación enferma está condicionada a la información de los parámetros de crecimiento que se han recogido del ensayo. Así, se plantea que a los 12 años (edad del ensayo) ya se ha manifestado el daño más significativo en términos de impacto en los parámetros de crecimiento y existencias volumétricas. De este modo, las proyecciones de la condición enferma se desarrollan a partir de los 12 años, con el objeto de capturar el impacto de la enfermedad y hacerlo patente en las proyecciones de crecimiento y volumen.

Las proyecciones se realizan con el programa de simulación, RADIATA v4.01 plus versión estudiantil. Esta herramienta, a pesar de que no considera efectos de enfermedades en el crecimiento de *P. radiata*, permite diferenciar crecimientos a través de variables de estado que describen exis-

¹ Aplicación química consistente en 2,5 kg/ha de fungicida (65% Cupravit Forte y 35% Antracol 70, MR Bayer) disueltos en 40 litros de agua y aplicado con bomba pulverizadora.

² Tanto la poda como el raleo se realizan cuando la altura dominante del rodal alcanza los 5 metros. La poda será a altura variable, extrayendo el 50% de la copa verde. Esta intervención será utilizada como marcación de raleo, por lo cual el criterio de selección obedecerá a la siguiente jerarquización: Dominancia, forma, sanidad, ángulo de inserción de ramas, distancia internodal. El raleo, por su parte, será de una intensidad suficiente como para dejar 700 árboles por hectárea.

tencias y productividad del rodal. Luego, por medio de esa información, se compararán las tendencias de crecimiento en la condición sana y en la condición enferma.

Procesamiento de los datos. Se utilizó información de una base de datos depurada por Elmudesi en 1992 (17) para el mismo ensayo. El primer proceso fue la estimación de los parámetros medios. Para ello, se calcularon los promedios de la densidad, en arb/ha, diámetro a la altura de pecho (DAP) expresado en centímetros, altura dominante en metros y área basal en m²/ha, de cada tratamiento utilizado. Una vez obtenidos los parámetros medios para cada uno de los tratamientos, se proyecta el crecimiento.

Para las situaciones enfermas, las proyecciones se realizan desde los 13 a los 30 años de edad. En el caso de las situaciones testigo –sanas–, dicha proyección se realiza a partir de los 4 años. Luego, para fines de cosecha, se ingresó un esquema de trozado representativo de exigencias a escala operacional, priorizando las dimensiones mejor valoradas por el mercado. La definición de los productos solicitados a la edad de cosecha fue: i) Trozas aserrables (4,1 m); ii) Trozas aserrables (3,3 m); iii) Trozas pulpables (2,44 m). En la simulación también se ingresa la información de las prácticas de manejo involucradas en el lapso de interés.

Poda: edad de la poda, altura de la poda, número de árboles podados por hectárea, diámetro sobre muñón y altura del diámetro sobre muñón.

Raleo: edad de la intervención, árboles remanentes, área basal extraída, d/D, altura dominante.

Las simulaciones generaron tablas de rendimiento expresadas en m³ de trozas por hectárea, diferenciadas en los tres productos antes mencionados. Luego estos rendimientos, en conjunto con la información de costos y precios, permitieron estimar edades de rotación mediante el cálculo de los indicadores económicos Valor Potencial del Suelo “VPS” y Valor Actual Neto “VAN”. Por otra parte, con el fin de obtener diferenciales de daño entre los tratamientos y su condición sana se realizaron dos simulaciones sin daño, es decir –testigos–, una sin manejo, para compararla con el tratamiento 3 y otra con los esquemas de manejo utilizados en los tratamientos 2, 4 y 13. Dichas simulaciones se generan con la información de sitio

y densidad de plantación a los cuatro años, edad mínima de simulación para el programa.

Información de costos y precios de productos. Los valores para los diferentes productos a extraer en la cosecha final se presentan a continuación en el cuadro 1; estos valores fueron recopilados de distintas empresas forestales de la zona y se presentan en dólares. Los costos de establecimiento, manejo, control químico y cosecha se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 1

Precios por producto.
Prices by products.

Producto	Precio*
Troza aserrable 4,1 m	US\$/m ³ 34
Troza aserrable 3,3 m	US\$/m ³ 24
Troza pulpable 2,44 m	US\$/m ³ 20,4

* Valor referencial dólar \$ 520, diciembre 1999.

CUADRO 2

Costos de establecimiento, manejo y cosecha.
Plantation, management and harvesting costs.

Item	Costo*
Establecimiento y plantación	US\$/ha 250
Administración	US\$/ha/año 20
Raleo	US\$/ha 65
Poda	US\$/ha 75
Control químico	US\$/ha 45
Cosecha	US\$/m ³ 6,5
Transporte	US\$/m ³ 5,5

* Valor referencial dólar \$ 520, diciembre 1999.

Estimación de indicadores económicos. La estimación de los indicadores de rentabilidad neta se calcularon por medio de una planilla electrónica (Excel 97), con el fin de obtener los costos por hectárea de cada tratamiento (establecimiento, manejo, tratamientos, etc.), el ingreso bruto y el ingreso neto y finalmente VPS y VAN.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los parámetros de entrada requeridos por el software Simulador Radiata para la proyección del crecimiento de las situaciones con daño a partir de los 12 años de edad, se presentan en el cuadro 3.

CUADRO 3

Valores promedio de los parámetros de cada tratamiento.
Mean treatment parameter values.

Trata- miento	Arb/Ha	Area basal (m ² /ha)	Altura dominante (m)
2	517	21,25	17,8
3	1.083	22,76	17,2
4	450	14,87	17,9
13	475	13,7	17,3

Observando la trayectoria del volumen total en los distintos tratamientos entre los 15 y 27 años de edad, se desprende que la simulación testigo sin manejo se separa del resto de las curvas por su mayor volumen, seguido luego por los tratamientos 2, 3 y situación testigo con manejo que se

agrupan durante todo el período. Para los tratamientos restantes las curvas de volumen total se posicionan más abajo, indicando menores volúmenes.

El tratamiento 2 alcanza los valores más altos con respecto a los otros tratamientos, excepto a la edad de 27 años, donde este tratamiento y el 3 alcanzan aproximadamente el mismo valor de 642m³/ha (figura 1). En adelante, la descripción de los volúmenes se realizará a una edad de referencia de 20 años, debido a que en ese momento las prácticas de manejo han cesado definitivamente y ya existe opción de cosecha para objetivos de producción maderera.

Las simulaciones testigos con manejo y sin manejo presentan los mayores volúmenes, con 421 m³/ha y 510,6 m³/ha respectivamente. Para el tratamiento 2 el valor alcanza a 401,5 m³/ha, seguido por el tratamiento 3 con 399 m³/ha, el tratamiento 4 con 355,2 m³/ha y, por último, el tratamiento 13 con 330,6 m³/ha. De este modo, la reducción porcentual en volumen varía en 5 y 21% para todos los tratamientos evaluados.

Al comparar los volúmenes comerciales totales de los tratamientos con las simulaciones testigo, se estudia en primer término a los tratamientos 2, 4 y 13 con la simulación testigo con manejo, observándose que los volúmenes alcanzados por los tratamientos son menores a los de la simulación testigo con manejo en 11,5 m³/ha, 65,8 m³/ha

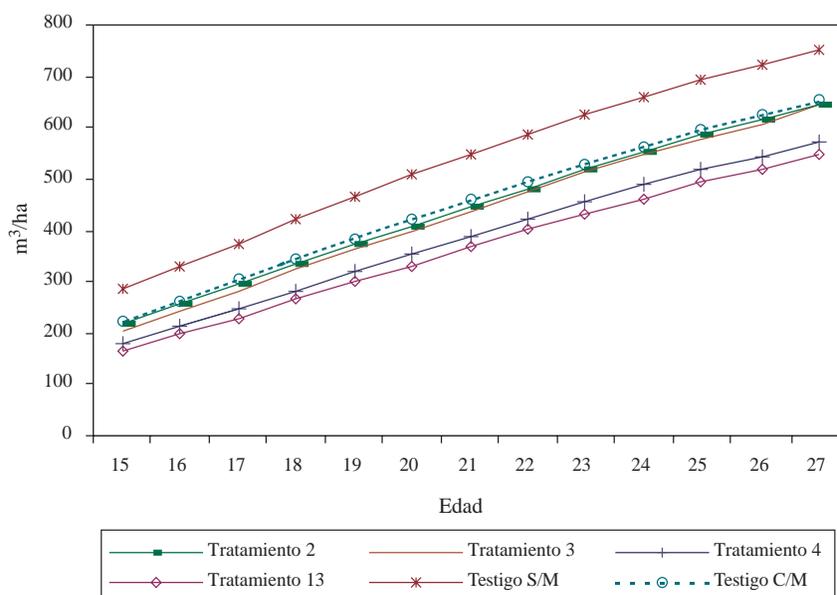


Figura 1. Volumen total por tratamiento.
Total gross volume by treatment.

y 90,4 m³/ha respectivamente. Por su parte, el tratamiento 3, que es comparado con la simulación testigo sin manejo, muestra una diferencia de 111,6 m³/ha menor a la condición testigo. De esta forma, todas las situaciones (con y sin control) generan menos volumen que sus condiciones testigo.

En cuanto a los tratamientos con manejo, el 2 alcanza un volumen similar al obtenido por la simulación testigo; esta situación se genera por la aplicación de control químico, lo que influye en menores pérdidas de volumen. El tratamiento 3 tiene un volumen muy bajo comparado con la simulación testigo sin manejo; esta diferencia está dada por el ataque del patógeno; su volumen se acerca al del tratamiento 2 y al de la simulación testigo con manejo. Cabe mencionar que los tratamientos 2 y 3 presentan, en sus parámetros de estado inicial, áreas basales mayores, aproximadamente 31% superiores que los tratamientos 4 y 13, los cuales influyen directamente en los volúmenes finales y agrupan las dos trayectorias en el tiempo. El tratamiento 4 se separa del resto, y se ubica en quinto lugar en importancia volumétrica, esto se produce por el efecto de retardo en el crecimiento ocasionado por el patógeno, traduciéndose directamente en un área basal inferior al rango que utiliza el Simulador Radiata para realizar la proyección. El tratamiento 13 es el que muestra menor volumen respecto a todas las demás situaciones, a pesar de tener control químico cada dos años. Esta condición puede estar motivada en la poca efectividad del control químico cada dos años, en la baja respuesta del rodal a dicha aplicación, además del bajo rendimiento de las parcelas estudiadas en relación con los parámetros dasométricos. De hecho, este tratamiento presenta un área basal de 13,7 m²/ha, lo cual ocasiona problemas en el ingreso de dicho parámetro en el Simulador Radiata, pues éste no admite información que esté fuera de ciertos rangos dasométricos que le competen a cada zona de crecimiento. Con ello, se debió proyectar con la información que el software sugirió.

Es importante agregar que, a pesar que la versión del programa es de tipo estudiantil y que las proyecciones de crecimiento resultan en valores promedio respecto a las principales zonas de crecimiento de *P. radiata* en Chile, las tendencias resultantes son de plena validez para los objetivos de este trabajo.

Al realizar la comparación de los volúmenes comerciales en los tratamientos sin manejo a los 20 años, se tiene que el tratamiento 3 es 28,1% menor que la simulación testigo sin manejo. Estudiando ahora las diferencias volumétricas por tipo de producto, se observa que para el producto aserrable 4,1 m, el tratamiento 3 presenta un déficit de 1,2 m³/ha con relación a la simulación testigo sin manejo; esto representa una disminución del 9,9%. En el producto aserrable 3,3 m la diferencia entre ambas situaciones es mayor, ya que el tratamiento 3 presenta un volumen de 234,7 m³/ha, inferior en 30,8% al de la simulación, que obtiene 339,2 m³/ha; esto constituye una pérdida de 111,6 m³/ha por efecto del patógeno. El producto pulpable 2,44 m advierte una diferencia mínima, y esta es de 5,9 m³/ha, a favor de la simulación testigo sin manejo (figura 2).

Respecto a los volúmenes comerciales en los tratamientos con manejo, la figura 2 también permite observar la distribución de productos en m³/ha para los tratamientos 2, 4, 13 y simulación testigo con manejo, de la cual se desprende:

Troza aserrable 4,1 m. A la edad de 20 años la simulación testigo con manejo logra un volumen de 70,1 m³/ha, siendo únicamente superado por el tratamiento 2 que alcanza un valor de 87,6 m³/ha, esto representa una diferencia a favor del tratamiento 2 de 17,5 m³/ha. Este es el único caso en

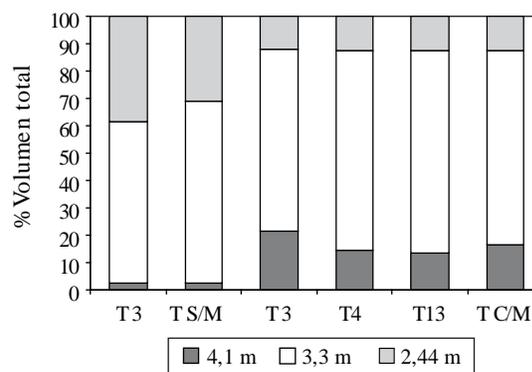


Figura 2. Distribución de volumen por producto a los 20 años en los tratamientos 2, 3, 4, 13 y en la simulación testigo con manejo (T C/M) y testigo sin manejo (T S/M).

Product distribution at 20 years old, treatments 2, 3, 4, 13 and control sample with management (T C/M) and without management (T S/M).

que un tratamiento supera al valor obtenido por la simulación testigo con manejo para el mismo producto. El tratamiento 4 alcanza un volumen de 51,8 m³/ha, siendo un 26,1% inferior que el testigo. Para el tratamiento 13, que resultó tener el menor volumen de todos los tratamientos, el valor alcanzado es de 43,9 m³/ha, representando una disminución de 37,3% con respecto a la simulación testigo.

Troza aserrable 3,3 m. Este producto posee, en términos de participación relativa, el mayor volumen comercial tanto para la simulación testigo como para todos los tratamientos realizados.

Al comparar el volumen obtenido por la simulación testigo con manejo (298 m³/ha) con los demás tratamientos, se puede visualizar que el tratamiento 2, con un volumen de 272,1 m³/ha, presenta una disminución de 25,9 m³/ha; para el tratamiento 4 la variación es de 38,8m³/ha, es decir, un 13% menor, y finalmente el tratamiento 13 alcanza un valor de 246 m³/ha, con una diferencia de 52 m³/ha que representa un 17,4% menos de volumen.

Troza pulpable 2,44 m. Este producto representa proporcionalmente el menor volumen a la edad de 20 años en todos los tratamientos. La simulación testigo con manejo es la que presenta el mayor volumen con relación al de todos los tratamientos con 52,9 m³/ha; es así como el tratamiento 2, con 49,8 m³/ha, es un 5,8% menor que el testigo; para el tratamiento 4 la diferencia porcentual es de 16,4%, con un valor de 44,2 m³/ha, y, por último, el tratamiento 13 posee un volumen de 40,7 m³/ha o un 23% de diferencia con el testigo. En términos generales, los productos se distribuyen en los tratamientos en el siguiente orden: producto aserrable 3,3 m, luego aserrable 4,1 m y, por último, el producto pulpable 2,44 m, como se esperaba por efecto del raleo. Esto corrobora lo que dice Rojas (10) con respecto a la aplicación de manejo silvicultural y la mejora en la participación de madera aserrable.

Los tratamientos 2, 4 y 13 presentan un mayor volumen final de producto 4,1 m con respecto al producto 2,44 m; esto se debe al raleo a desecho, práctica que favorece a los árboles remanentes, los cuales aumentan sus diámetros elevando también su participación en los mejores productos del

trozado. Cabe destacar que el volumen alcanzado por el producto 2,44 m en el tratamiento 3 es 4 veces superior al resto de los tratamientos estudiados, siendo sólo superado por la simulación testigo sin manejo. Esta situación se origina, puesto que a este tratamiento no se le aplica raleo, quedando un mayor número de individuos en la edad de cosecha.

Según Kershaw (6) los rodales tratados con control químico superan en 30-40m³/ha a rodales no tratados. Esto ocurre con el tratamiento 4, el cual posee 54,3 m³/ha menos que el tratamiento 2. En cambio, en el tratamiento 3 este diferencial es solamente de 10,5 m³/ha. En todos los escenarios atacados por *D. septospora* se observa una disminución del volumen de cosecha con respecto al volumen obtenido por una condición sana (simulaciones testigo con y sin manejo); sin embargo, este descenso no afecta las proporciones obtenidas para los tres productos.

Evaluación económica privada. Los resultados obtenidos para la evaluación económica privada se presentan a continuación a través de los indicadores VPS y VAN para una tasa de descuento de 10%. La maximización del Valor Actual Neto (VAN) indica la máxima rentabilidad monetaria que se obtiene para un proyecto y el VPS indica la máxima cantidad de dinero que se puede pagar por la tierra, realizando una forestación con infinitas rotaciones (18). El año en que se produce este valor máximo corresponde a la edad a la cual la plantación debería ser cortada, es decir, la rotación óptima. La figura 3 presenta el comportamiento de las curvas de VPS y VAN para el tratamiento 2.

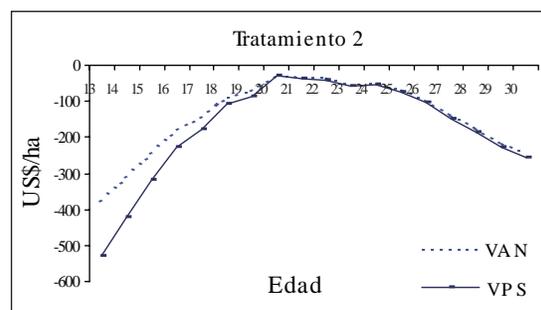


Figura 3. VPS y VAN (US\$/ha) para el tratamiento 2. LEV and NPV (\$US/ha) for treatment 2.

Como se aprecia, ambos indicadores son negativos durante todo el período. A la edad de 20 años se alcanza el mayor valor para VPS y para VAN; los valores obtenidos son US\$ -29/ha y US\$ -24,6/ha respectivamente. Ambos indicadores tienden a no presentar diferencias significativas después de la edad de rotación óptima; esto se debería al factor de interés compuesto, ya que después de cierto número de años el factor de descuento $(1+i)^t$ no presenta diferencias tan significativas con el factor de descuento $(1+i)^{t-1}$.

Por otra parte, el tratamiento 3 se comporta de manera distinta, ya que posee valores positivos para los dos indicadores; la edad de rotación para VPS es de 19 años con US\$ 266,8/ha y para VAN es de 23 años con US\$ 230,3/ha, tal como se aprecia en la figura 4.

A continuación la figura 5 muestra para el tratamiento 4 que la edad óptima de rotación se alcanza a los 21 años, tanto para VPS como para VAN, con valores de US\$ 248,8/ha y US\$ 15,1/ha respectivamente.

Así como en el tratamiento 2, en el tratamiento 13 los valores alcanzados por ambos indicadores son negativos. La figura 6 representa ambas tendencias y de ellas se desprende que la edad de rotación para ambos indicadores es de 23 años con valores de -49,7 US\$/ha para VPS y de -44,2 US\$/ha para VAN.

Las figuras 7 y 8 exhiben las proyecciones testigos (sanas) con las cuales se cotejaron los tratamientos estudiados. Así, el VPS para el testigo sin manejo es de US\$ 504,8/ha, valor que se alcanza a la edad de 18 años; por otro lado, el VAN alcanza a los 20 años su máxima estimación con un valor de US\$ 423,8/ha. Para el testigo con manejo el VPS es de US\$ 393,1/ha a los 22 años y a esa

misma edad, el indicador VAN se hace máximo con US\$ 344,1/ha.

Respecto a la edad de rotación por tratamiento, ésta fluctúa entre 18 y 23 años, siendo la más temprana para la simulación testigo sin manejo y la más tardía para el tratamiento 13, lo que demuestra el efecto de retraso en la rotación propiciado por la enfermedad provocada por el hongo. El tratamiento 2 alcanza la edad de rotación a los

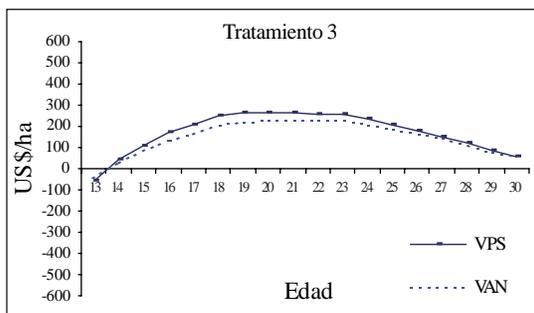


Figura 4. VPS y VAN (US\$/ha) para el tratamiento 3. LEV and NPV (\$US/ha) for treatment 3.

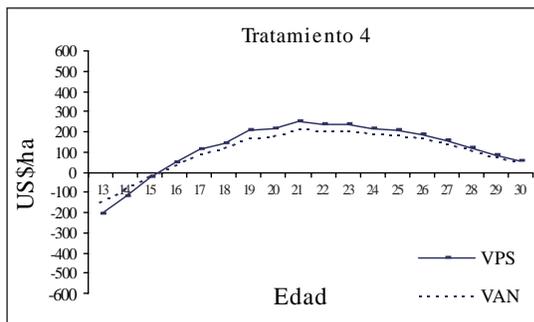


Figura 5. VPS y VAN (US\$/ha) para el tratamiento 4. LEV and NPV (\$US/ha) for treatment 4.

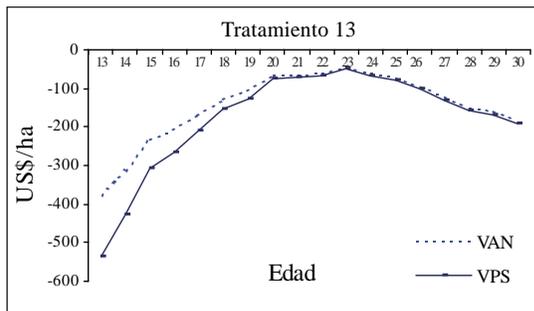


Figura 6. VPS y VAN (US\$/ha) para el tratamiento 13. LEV and NPV (\$US/ha) for treatment 13.

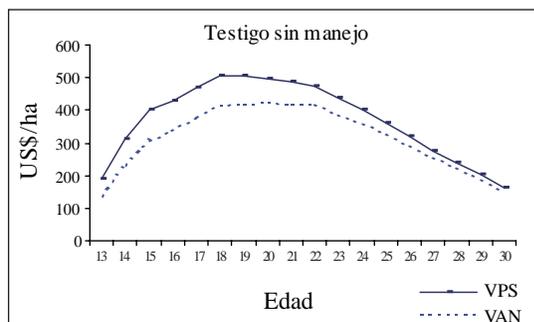


Figura 7. VPS y VAN (US\$/ha) para la simulación testigo sin manejo. LEV and NPV (\$US/ha) for control sample without management.

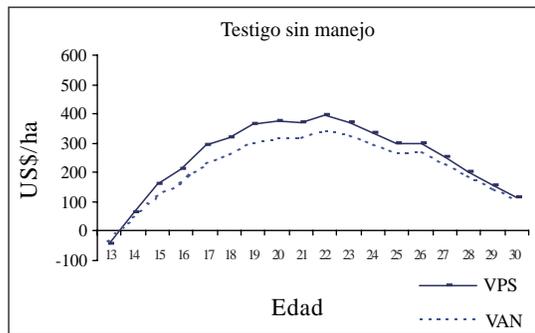


Figura 8. VPS y VAN (US\$/ha) para la simulación testigo sin manejo.

LEV and NPV (\$US/ha) for control sample with management.

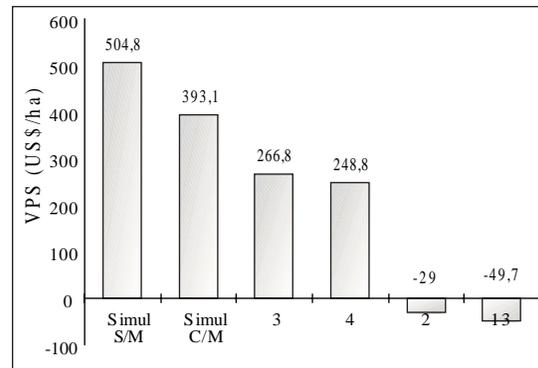


Figura 9. VPS por tratamiento a la edad de rotación.

LEV by treatment at rotation age.

20 años, para el tratamiento 4 la rotación óptima es a los 21 años y para la simulación testigo con manejo la edad del turno es 22 años.

Comparando ahora los valores obtenidos de VPS de los cuatro tratamientos en estudio, con las simulaciones testigo, se desprende que el tratamiento 3 es US\$ 238/ha menor que la simulación testigo sin manejo esto representa una pérdida económica de un 47,1%. Se observa una tendencia parecida para el tratamiento 4 con una diferencia de US\$ 144,3/ha; porcentualmente esta diferencia se traduce en un 36,7% de disminución en las utilidades con respecto a la simulación testigo con manejo. Los tratamientos 2 y 13 no alcanzan valores positivos y, por lo tanto, no resultan económicamente rentables. Las diferencias con respecto a la simulación testigo con manejo son del orden de US\$ 422,1/ha para el tratamiento 2 y de US\$ 442,8/ha para el tratamiento 13.

La poda en los tratamientos 2, 4 y 13 significó solamente un aumento en el costo del manejo, haciendo decrecer los valores del VPS. Esto se produce, porque, al no realizarse una segunda poda de levante, no aumenta la calidad de los productos finales y no se justifica el costo desembolsado.

La figura 9 muestra una estructuración decreciente de los valores de rentabilidad por VPS a los 20 años. Así, el mayor VPS lo obtiene la simulación testigo sin manejo con US\$ 504,8/ha, seguido por la simulación testigo con manejo con US\$ 393,1/ha; en tercer lugar, el tratamiento 3 con US\$ 266,8/ha; luego, el tratamiento 4 que alcanza los US\$ 248,8/ha; por último, los tratamientos 2 y 13 con montos negativos de US\$ -29/ha y US\$ -49,7/ha respectivamente.

Contrariamente a lo que se podría esperar por el costo del control químico, es el tratamiento 13 el que presenta el VPS más bajo y no el tratamiento 2. Esta situación se produce, porque el tratamiento 13 tiene un menor volumen comercial (diferencia de 100 m³/ha), lo cual ocasiona una merma en sus utilidades.

Los tratamientos 3 y 4, que tienen una diferencia de 18 m³/ha a favor del primero, alcanzan valores muy similares; esto se produce por la intervención raleo, que agrupa para el tratamiento 4 mayor cantidad de volumen en los productos aserrables de mayor valor.

La superioridad en los VPS de las simulaciones testigos se debe, a que las proyecciones de los cuatro tratamientos en estudio capturan el efecto inhibitorio de la enfermedad durante 12 años en las variables que describen el rodal (área basal, altura dominante), permitiendo así captar las diferencias entre una condición sana y una enferma.

Análisis de sensibilidad. Se analiza la variación de la rentabilidad en función de cambios en los costos del control químico y costo de oportunidad del capital. Se consideraron variaciones en ambos costos, ya que son estos ítemes los que más inciden en el cálculo de rentabilidad. Así, en primer término, se aplicaron distintos valores de la tasa de interés (9% y 11%) con el fin de observar el efecto de tasa de descuento en la rotación y en las utilidades percibidas.

De esta forma, en el tratamiento 2, a una tasa de interés de 9%, se atrasa la edad de rotación en dos años respecto a la tasa de 10%. Por otro lado, si el interés aumenta a 11%, la edad de rotación

del rodal se mantiene en 20 años, tal como ocurre a la tasa de 10%. El VPS cambia de US\$ -29/ha con interés igual a 10% a US\$ 136,9/ha con una tasa de 9%; esto representa un aumento en el valor de US\$ 165/ha; por otro lado, con una tasa de 11%, el VPS alcanza un valor negativo de US\$ -152,3/ha, esto es, US\$ 123,3/ha de disminución. Para el tratamiento 3, las variaciones en la tasa de interés no hacen descender los valores de VPS bajo el umbral de rentabilidad mínima. La edad de rotación obtenida para un interés de 9% es de 23 años, con US\$ 429,2/ha; esto representa un aumento del VPS de 60,8% y cuatro años de atraso en la rotación con respecto del valor US\$ 266,8/ha a un interés de 10% y 19 años como edad de rotación. Si observamos la curva del VPS para una tasa de 11%, se produce una disminución de 42,3%, llegando a un valor de US\$ 153/ha, con rotación de 19 años. En el tratamiento 4, las tres tasas de interés evaluadas resultan en la misma edad de rotación: 21 años.

El máximo valor alcanzado por el VPS para una tasa de 10% es de US\$ 248,8/ha, y para las tasas de 9% y 11% los montos alcanzan a US\$ 420,3/ha y US\$ 118,2/ha, representando para el primer caso un aumento de 42,3% y una disminución de 52,5% para el segundo.

Así como en el caso anterior, para el tratamiento 13 la edad de rotación se mantiene en 23 años, sin importar la tasa de interés; para las tasas de 10% y 11% los valores obtenidos caen bajo cero, siendo estos US\$ -49,7/ha y US\$ -159,2/ha respectivamente. Caso distinto es para un 9% de interés anual, ya que el valor es positivo y asciende a US\$ 97,7/ha. Los tratamientos 2 y 13, que presentan valores de VPS negativos con tasas de interés de 10% y 11%, adquieren valores positivos con una tasa de interés del 9%, haciendo rentables ambos manejos, debido a que el VPS es inversamente proporcional al costo de oportunidad del capital. Para los tratamientos 4 y 13, la variación de la tasa de interés mantiene la edad de rotación, y solamente cambia el VPS, aumentando la utilidad para un 9% y disminuyéndola para un 11%. Esto denota poca sensibilidad de la edad de rotación ante los cambios en las tasas de interés.

Los tratamientos 2 y 3 presentan, en términos de edad de rotación, una mayor sensibilidad a la disminución de la tasa de interés que a un aumento de la misma. Esto significa que la exigencia hacia el proyecto es más baja con un interés me-

nor, es decir, se es más paciente en la espera de la rotación óptima de los árboles en pie.

Con las tendencias de volumen y valor antes presentadas, se hace interesante analizar la participación relativa del costo del control químico en el ítem de costo total para los tratamientos 2 y 13, que son los que consideran aplicaciones para controlar *D. septospora*. Así, para el tratamiento 2, en el cual se realizó un control químico todos los años, el costo de éste representa un 24% del total; en cambio, el tratamiento 13, en el cual se aplicó control químico cada dos años, la participación relativa es de un 17%. Cabe destacar que la proporción aquí utilizada es la obtenida a la edad de rotación, y que ésta se mantiene en el tiempo. Se podría esperar que el costo del control químico en el tratamiento 13 representara la mitad (12%) del costo del control que se aplica en el tratamiento 2; esto no se cumple debido a que difieren los costos expresados en m³ (cosecha y transporte), los cuales para cada tratamiento son distintos, ya que tienen volúmenes diferentes. El costo del control químico hace que los tratamientos 2 y 13 no alcancen valores positivos de VPS para una tasa de interés de 10%. Para el tratamiento 2 el valor del control químico debe disminuir en 7,01%, es decir, a US\$ 41,85/ha para llegar a un VPS igual a cero. Para el tratamiento 13 este valor debe disminuir a US\$ 34,59/ha, o sea, un 23,13%, como se muestra en el cuadro 4. En el caso de ser más exigentes y evaluar la disminución del costo para obtener rentabilidades normales (TIR 15%), dichas reducciones deberían ser de 22% y 61% respectivamente.

Se ha demostrado que en *P. radiata* existe una relación directa entre la disminución del crecimiento en altura y la defoliación (3). Lo mismo ocurre con las tasas de crecimiento; así una pérdida de superficie foliar mayor a 25% tiene efectos significativos sobre el incremento diametral, a la vez que un 50% puede conducir a la reducción del mismo a la mitad. Para el caso de este estudio, el daño causado por *D. septospora* se reflejó en una pérdida significativa de volumen comercial al turno de rotación. Así, en el tratamiento 3, sin control químico ni manejo, las diferencias en volumen total respecto a su homólogo sano son de aproximadamente 100 m³/ha.

Respecto a la variante manejo, al comparar el tratamiento 4 (raleo y poda) con su correspondiente condición testigo sana, la diferencia en volu-

CUADRO 4

Costo máximo del control químico.

Maximum cost chemical control.

	Tratamiento N° 2	Tratamiento N° 13
Costo actual	US\$/ha 45	US\$/ha 45
Costo máximo	US\$/ha 41,85	US\$/ha 34,59
% de disminución	7,01%	23,13%

men total es de 65 m³/ha. Es decir, que aun sin aplicación de control químico el manejo y especialmente la práctica de raleo mejoran la condición final del bosque respecto a un bosque atacado por *D. septospora* pero sin manejo. Así, es posible contribuir a la resistencia del patógeno con prácticas silviculturales. En 1993, Rojas (10) encontró que las prácticas de raleo y la aplicación de fertilizantes y herbicidas actúan positivamente, potenciando el desarrollo de las plantas mejor calificadas, con lo cual se favorece la resistencia natural de las plantas al ataque de *D. septospora*. De esta manera, la opción de control silvícola se plantea como desafío de investigación en las estrategias de sanidad forestal. Sin embargo, sólo es aconsejable su aplicación en aquellas situaciones en que el rodal sea capaz de responder satisfactoriamente a la inversión que significan estas intervenciones (19).

En el diseño de manejo de los tratamientos de este estudio, la poda es cuestionable, ya que resultó ineficaz en términos de mejorar la calidad de los productos y sólo implicó un ítem de costo del manejo sin producir mayores impactos en la distribución de los productos (15).

Al realizar un análisis comparativo entre los efectos ocasionados por *D. septospora*, y *Rhyacionia buoliana*, otro problema sanitario que presentan las plantaciones de *P. radiata* en Chile, se observan diferencias interesantes. Así, la repercusión de *D. septospora* resulta en mermas del volumen comercial total sin mayor impacto sobre la participación relativa de los productos en la condición sana. En cambio, el daño ocasionado por *R. buoliana* deja resultados contrarios, es decir, que no causa pérdidas tan significativas en el volumen total; no obstante, sí hay impacto en la distribución de productos en el trozado. Así, debido a la

localización y forma de los defectos que el insecto ocasiona en el fuste, en la generalidad de los casos, la primera troza, la de mejor precio, queda descalificada de su mejor opción comercial, lo que resulta en importantes diferencias de rentabilidad respecto a la condición sana (sin defectos). Por otra parte, las malformaciones que el insecto desencadena fuerzan a una redistribución tal en el trozado, que se termina favoreciendo la frecuencia de aquellos productos de menores dimensiones y, por supuesto, de menor precio (20).

Las indicaciones de daño hacen que los agentes relacionados a la producción maderera de *P. radiata* busquen medidas de control eficientes para mejorar la rentabilidad de la condición enferma. En tal sentido, el control químico es una de las herramientas más demandadas, debido principalmente al conocimiento de resultados en condiciones a fines. Estudios realizados en Nueva Zelanda, en plantaciones de 13 años de edad, estiman que la cosecha final en rodales tratados químicamente supera en 30-40 m³/ha a la de rodales no tratados (6). Por su parte, Contreras (12, 14) encontró que al cabo de dos años de crecimiento sólo la aplicación anual de fungicida redujo significativamente el ataque. Además, el autor concluye que la aplicación de herbicida en el establecimiento y fungicida un año más tarde supera en 20% al diámetro obtenido por el testigo. En el caso de los tratamientos de este estudio, el control químico fue efectivo para disminuir el efecto inhibitor del hongo en el crecimiento de los árboles. Así, al comparar el tratamiento 2 con el 4, donde ambos poseen el mismo manejo, no obstante el 2 presenta aplicación de fungicida todos los años, se tiene que este último alcanza alrededor de 50 m³/ha más que el tratamiento 4. Estos diferenciales son muy alentadores, sobre todo en lo que dice relación con

fungicidas, ya que autores como Kershaw (6) han encontrado que los rodales tratados con control químico superan en valores similares de volumen a los rodales no tratados.

Además, la resultante en la aplicación de control químico dependerá de la edad. Se ha comprobado que árboles jóvenes, entre 4 y 9 años, son los más susceptibles al ataque de la enfermedad, no así los árboles en edad de rotación (5). Por otra parte, *P. radiata* comienza a mostrar resistencia natural al patógeno entre los 12-14 años de edad, dependiendo del sitio donde se encuentre (6). Tales resultados permitieron plantear, en este estudio, la hipótesis de trabajo relacionada a la proyección de rendimientos con daño a partir de los valores dasométricos a los 12 años. No obstante estos argumentos, la decisión definitiva respecto a la conveniencia del control químico, debe, necesariamente, pasar por un análisis de costo/beneficio. En tal sentido, para el caso de este estudio la aplicación de fungicida repercutió en rentabilidad negativa. Así, el tratamiento 2, con aplicación química todos los años más raleo y poda, presentó un valor de VPS de -29US\$/ha en una rotación de 20 años; por su parte, el tratamiento 13, con aplicación química cada 2 años, obtuvo un VPS de -49,7 US\$/ha a la rotación óptima de 23 años.

En cuanto a las diferencias de rentabilidad de los tratamientos 2 y 13, respecto a la simulación testigo, éstas son del orden de US\$ 422.1/ha para el tratamiento 2 y de US\$ 442.8/ha para el 13. Al revisar el desempeño económico de todos los tratamientos, el 3 resultó mejor con un VPS de 267 US\$/ha y una rotación de 19 años. En este tratamiento las estrategias de manejo fueron sin manejo ni aplicación de control químico. Si bien, el control químico y el manejo resultaron en ventajas volumétricas respecto a este tratamiento, al momento de evaluar costos e ingresos, ambas estrategias presentan una relación costo/beneficio que desestima su aplicación (15). Estos resultados coinciden plenamente con las evaluaciones realizadas para un estudio encargado por la Empresa Controladora de Plagas Forestales CPF, donde además se aplicó un componente de Incertidumbre y Riesgo para los costos y precios más relevantes de la evaluación (19). Además, desde el punto de vista de la evaluación privada, el costo de oportunidad del capital fue un factor de gran incidencia en la determinación de los indicadores de rentabilidad y edad de rotación y para estos

resultados, el costo de capital pertinente es la tasa de interés que habría que abonar sobre un crédito que se solicite para realizar el proyecto, o la rentabilidad de la mejor alternativa de inversión, si se emplea capital propio (21, 22).

Es claro que *D. septospora* provoca mermas, tal como ocurrió en los tratamientos de este estudio, como también lo es el hecho de que se generen decisiones de control para sustentar la cantidad y calidad del recurso. No obstante, dichas decisiones deben someterse al estudio de razones costo/beneficio, de modo que la estrategia de control silvícola, químico o integrado, resulte en beneficios que se midan en rentabilidad a través de indicadores que internalicen todos los costos de oportunidad que se presentan en el manejo de los bosques (23).

CONCLUSIONES

- En todos los escenarios atacados por *D. septospora* se observa una disminución del volumen comercial a la edad de cosecha con respecto a la condición sana (simulaciones testigo con y sin manejo), reducciones entre 5% y 21% para todos los tratamientos. Sin embargo, este descenso no afecta mayormente la participación relativa de los tres productos en el volumen total.
- El daño causado por *D. septospora* se ve reflejado en pérdida de volumen y valor al turno de rotación. Además, los tratamientos que consideran control químico en su diseño son los de peor desempeño económico. Así, aunque el control fue eficaz para fines de recuperar volumen, fue ineficiente desde la perspectiva económica, pues el valor descontado del volumen recuperado no cubrió el costo descontado del control.
- Los tratamientos 2 y 13, que contemplan aplicaciones de pesticidas, resultaron con rentabilidades negativas. En tal sentido, para que éstos obtengan rentabilidad cero, el costo de control debería disminuir en 7% y 23% respectivamente, en tanto que, para llegar a rentabilidades normales, la disminución debería ser de 22% y 61%.
- El tratamiento 3, que no presenta manejo ni control químico, es el que posee la mejor ren-

tabilidad y la rotación más breve, hecho que acentúa la desventajosa relación beneficio/costo del control.

- La decisión de control debe apoyarse en un análisis costo/beneficio *ex ante* para asegurar objetivos de eficiencia y rentabilidad en el control.

BIBLIOGRAFIA

- (1) RAMIREZ, O., J. F. GAJARDO, E. SOLIS. Informe final prospección fitosanitaria forestal temporada 81-82. Chile. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal. Gerencia Técnica. Documento de Trabajo N° 2. 1982. 111 p.
- (2) BARUDY, J. M. Estudio fenológico de la caída de acículas de Pino insigne (*Pinus radiata* D. Don.) infectadas por el hongo *Dothistroma pini*. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, 1980. 155 p.
- (3) GIBSON, I. Impact and control of *Dothistroma* blight of pines. 1974. *J. For. Path.* 4 (2): 89-100.
- (4) ———, P. S. CHRISTENSEN y F. M. MUNGA. First observations in Kenya of a foliage disease of pines caused by *Dothistroma pini* Hulbary. *Commonwealth Forestry Review*, 1964, 43: 31-48.
- (5) PEREZ, E. ¿Qué papel juega *Dothistroma pini* Hulbary sobre el pino insigne según nuestras experiencias hasta hoy en el sur de Chile? Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1973. 115 p.
- (6) KERSHAW, D. J., P. D. GADGIL, G. J. LEGGAT, J. W. RAY, J. B. VAN DER PAS. *Assessment and control of Dothistroma needle blight*. Revised Edition. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. FRI Bulletin 18. 1982. 17 p.
- (7) WHITE, A. Spraying pine plantations with fungicides. The manager's dilemma. *Forest Ecol. Manage.*, 1976, 1: 7-19.
- (8) WOOLLONS, R. C., W. J. HAYWARD. Growth losses in *Pinus radiata* stands unsprayed for *Dothistroma pini*. *N. Z. J. Forest. Sci.*, 1984, 14 (1): 14-22.
- (9) VAN DER PASS, J. B. Reduced early growth rates of *Pinus radiata* caused by *Dothistroma pini*. *N. Z. J. Forest. Sci.*, 1981, 11(3): 210-220.
- (10) ROJAS, B. A. Evaluación económica de tratamientos químicos y silviculturales para el control de *Dothistroma septospora* en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* en la provincia de Valdivia. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1993. 60 p.
- (11) HENRIQUEZ, A. Dendroclimatología del ataque de *Dothistroma septospora* sobre árboles jóvenes de *Pinus radiata* en la provincia de Valdivia. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1998. 51 p.
- (12) CONTRERAS, R. H. Evaluación de diferentes tratamientos para reducir el efecto de *Dothistroma septospora* en *Pinus radiata* de tres años. 1988 b). *Bosque* 9 (1): 45-51.
- (13) TURNER, J., M. J. LAMBERT. Sulphur nutrition of conifers in relation to response to fertilizer nitrogen, torrente fungal infections and torrente soil parent materials. In: Forest Soils and Land Use. Proceeding of the fifth North American Forest Soil Conference. Colorado State University. 1978. 5 p.
- (14) CONTRERAS, R. H. Epidemiología de *Dothistroma septospora* en los tres primeros años de una plantación de *Pinus radiata*. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile. 1988 a). 82 p.
- (15) HUER, P. Evaluación de pérdidas en volumen de *Pinus radiata* ocasionadas por *Dothistroma septospora* en distintos escenarios de manejo y control químico en la provincia de Valdivia. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2000. 61 p.
- (16) PEREDO, H., B. OLIVARES, M. MENESES, F. BELLO. Evaluación del daño y control químico de *Dothistroma pini*. Valdivia. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Serie Técnica, Informe final, Informe de convenio N° 141. 1987. 55 p.
- (17) ELMUDESI, F. Evaluación biológica de tratamientos químicos para controlar el daño causado por *Dothistroma septospora* al cabo de 5 años en una plantación joven de *Pinus radiata* en Valdivia. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1992. 33 p.
- (18) CHANG, S. J. Determination of the optimal rotation age: a theoretical analysis. *Forest Ecology and Management*. 1984. 8: 137-147.
- (19) PEREDO, H., R. ALZAMORA R., G. VERGARA, A. PINTO. *Módulo demostrativo para un futuro modelo predictor del impacto de Dothistroma septospora en plantaciones jóvenes de Pinus radiata*. Informe Convenio Controladora de Plagas Forestales S.A., Los Angeles (Chile). 2001. 30 p.
- (20) ALZAMORA, M. Opciones al diseño de esquemas de manejo en Plantaciones de *Pinus radiata* D. Don infestadas por *Rhyacionia buoliana* Schiff, en la décima región. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1995. 58 p.
- (21) ODEPLAN. *Preparación y Presentación de Proyectos de Investigación*. Oficina de Planificación Nacional. Chile, 1985. 138 p.
- (22) DAVIS, L., K. M. JOHNSON. *Forest Management*. 3rd Edition. MacGraw-Hill Book Company. Estados Unidos, 1982. 763 p.
- (23) PEREDO, H., F. BELLO, R. CONTRERAS. *Modelo de crecimiento para Pinus radiata, sometidas a diferentes tratamientos para el control de Dothistroma septospora. I. Diseño experimental*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Serie Técnica, Informe de convenio. Valdivia, 1985. 38 p.

Recibido: 21.08.02.

Aceptado: 04.12.03.