



Bosque

ISSN: 0304-8799

revistabosque@uach.cl

Universidad Austral de Chile

Chile

ACUÑA CARMONA, EDUARDO; DRAKE ARANDA, FERNANDO

Análisis del riesgo en la gestión forestal e inversiones silviculturales: una revisión bibliográfica

Bosque, vol. 24, núm. 1, enero, 2003

Universidad Austral de Chile

Valdivia, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173114407009>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

 [Inicio Web Revistas](#)

 [Web Biblioteca](#) [Contacto](#)

Revistas Electrónicas UACH

→ Artículos → Búsqueda artículos

[Tabla de contenido](#) [Anterior](#) [Próximo](#) [Autor](#) [Materia](#) [Búsqueda](#) [Inicio](#) [Lista](#)



Bosque (Valdivia)

ISSN 0717-9200 *versión on-line*

 [Como citar este artículo](#)

 [Aregar a favoritos](#)

 [Enviar a e-mail](#)

 [Imprimir HTML](#)

Bosque (Valdivia) v.24 n.1 Valdivia ene. 2003

Bosque, Vol. 24 N° 1, 2003, pp. 113-124

REVISION BIBLIOGRAFICA

Análisis del riesgo en la gestión forestal e inversiones silviculturales: una revisión bibliográfica

Risk analysis in forest management and silvicultural investments: a literature review

EDUARDO ACUÑA CARMONA, FERNANDO DRAKE ARANDA

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Victoria 631, Casilla 160-C,
Correo 3, Concepción, Chile

Summary

The determination of optimum silvicultural regimes has been based traditionally on the assumption that all results from management activities are without risk. Decision strategies in forest management must be based on a solid knowledge of the cause and effect relationships between silvicultural requirements and financial dynamics. In this paper, the relevant literature is reviewed in order to incorporate risk analysis into both silvicultural investment and forest management.

Key words: forest economics, risk, forest management.

Resumen

La determinación de los regímenes silviculturales óptimos ha estado basada, tradicionalmente, en el supuesto de que todo resultado de las actividades de manejo sea seguro. La toma de decisiones en la gestión forestal debe partir por un profundo conocimiento en las relaciones causa/efecto que existen entre las prescripciones silvícolas y su comportamiento financiero. En este artículo se desarrolla una revisión bibliográfica para incorporar el riesgo en inversiones silviculturales, así como en el manejo forestal.

Palabras claves: economía forestal, riesgo, gestión forestal.

INTRODUCCION

La incertidumbre es omnipresente, existe por la variabilidad exógena de la naturaleza, la falta de conocimiento y el alto costo de adquirir y procesar información. Caulfield (1988) observó que la determinación de regímenes óptimos de manejo forestal está tradicionalmente basada en la suposición de que el resultado de la actividad de manejo es segura.

A pesar de que los silvicultores han estado por mucho tiempo conscientes del riesgo en las inversiones silviculturales, por lo regular éste no ha estado formalmente incorporado en los análisis de la inversión. Los modelos determinísticos normalmente usados están basados sobre las suposiciones de conocimiento completo y certeza de eventos futuros. Aunque el modelo puede ser matemáticamente preciso, predice sólo una proporción del retorno económico para ser considerado como "la mejor estimación".

En muchas situaciones de decisión, ignorar la incertidumbre se justificaría puesto que una simplificación del problema produce significativas economías en el proceso de decisión. Tales situaciones surgen cuando las decisiones sólo involucran marginalmente opciones entre las opciones con resultados diferentes, o involucran opciones repetidas cuyos resultados son independientes, diversificándose, por consiguiente, y alejando el riesgo.

Mason y Mitroff (1973), continuando el trabajo de Churchman (1971), distinguen cualitativamente entre diferentes tipos de situaciones de decisión que involucran riesgo que merecen aproximaciones significativamente diferentes: problemas estructurados, y problemas no-estructurados. Los problemas estructurados son aquellos donde todos los resultados de una acción dada y condición del mundo son conocidos. En cambio, donde los problemas involucran riesgo, la relación entre una acción dada y su resultado puede ser descrita por una distribución de probabilidad conocida, así como aquellos donde la distribución es desconocida.

Los problemas no-estructurados son aquellos problemas donde todos los resultados de una acción dada y condición del mundo son desconocidos y así la relación entre una acción y su resultado no puede conocerse de antemano. Estos problemas son difíciles de manejar usando herramientas analíticas convencionales.

La toma de decisión en el manejo silvícola involucra dos problemas: estructurados y noestructurados. Muchas decisiones silviculturales rutinarias involucran opciones en las cuales se comprenden bien sus resultados.

Sobre la base de tales planteamientos un modelo silvicultural óptimo requiere, en primer término, definir los productos a producir y luego elaborar las estrategias para lograrlos,

atendiendo a las características y limitaciones del medio, no solamente físico sino también económico.

Para los silvicultores la tarea es integrada, por cuanto deben adoptar acciones que sólo podrán evaluarse en 20 o más años, en que el producto de su decisión intentará acceder a un mercado que, aunque se estudie hoy, sigue siendo incierto y especulativo.

De acuerdo a [Sutton \(1997\)](#), el sector industrial argumenta que debido a las dificultades e incertidumbres para predecir los mercados futuros y porque el avance tecnológico es probable que continúe a una tasa más rápida, la calidad de la madera será de menor importancia en el futuro.

La proposición anterior sugiere que el silvicultor no debiera preocuparse en exceso por la calidad, especialmente si se aumenta el costo del manejo y/o se reduce la producción derivada de éste. Así, en la cosecha, la madera de menor calidad puede ser usada o remanufacturada en productos demandados por el mercado que entonces exista.

Otro punto de vista es que la calidad continuará siendo fundamental en el futuro y el esfuerzo desplegado en alcanzar madera aserrada sin desperfectos será un producto que los mercados recompensen con un mayor precio.

En el manejo silvícola se reúne una serie de componentes que interactúan para generar los productos deseados al momento de la cosecha, y que en último término determinan el éxito económico de la actividad forestal.

El propósito de esta revisión es proveer antecedentes bibliográficos sobre la evaluación del manejo bajo análisis de riesgo del recurso forestal.

ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

1. EL MANEJO FORESTAL

El manejo forestal puede pensarse como el negocio de los árboles en crecimiento. Tradicionalmente, el manejo del bosque ha involucrado las labores de establecimiento, podas, raleos y protección de la cosecha de los árboles. Los problemas técnicos incluyen procedencia de especies a los sitios adecuados; manejo en la producción de plantas y establecimiento; perfeccionamiento del árbol aplicando programas de mejoramiento genético; desarrollando y llevando a cabo espaciamientos y regímenes silviculturales; y protegiendo el cultivo silvícola y la tierra de alteraciones como fuego, animales, malezas y regulaciones legales.

El manejo forestal también es una actividad de inversión económica. Para ser sustentable debe retornar un valor económico al inversor. El retorno económico se deriva de una mezcla compleja de costos, ingresos, problemas de calidad y consumos en el tiempo. Estos factores son principalmente determinados a través de influencias fuera del bosque, y es el resultado de las tendencias en la política nacional e internacional y los eventos económicos que forman el ambiente comercial global.

2. ALGUNOS CRITERIOS CLASICOS PARA EVALUAR EL RIESGO EN INVERSIONES FORESTALES

Una inversión hecha hoy en preparación de sitio y plantación no producirá retorno económico hasta tal vez 20 ó 30 años en el futuro, y cualquier análisis de esta inversión requiere poder predecir en el futuro el rendimiento de la cosecha y los precios de la madera en pie. La incapacidad para estimar los flujos de caja futuros con certeza es la causa básica de riesgo en una inversión ([Mills 1988](#)).

Para ello, existen algunos sistemas clásicos, que presentan determinadas ventajas e

inconvenientes. La idea general, como se verá, es la de penalizar de alguna forma el resultado de la decisión en función del riesgo que aporta.

2.1. El ajuste del tipo de descuento. Si el costo de capital –deuda más costo de los fondos aportados por los inversionistas– se puede considerar como un dato determinado *a priori* para la firma y no sujeto a riesgo para ella, puesto que está determinado, entonces lo único que podría tener involucrado el riesgo es la tasa o costo de oportunidad del dinero, que sí debe ser considerado libre de riesgo ([Klemperer 1995, 1996, 2000](#)).

El método más comúnmente usado para ajustar por riesgo involucra la manipulación de la tasa de descuento. La tasa de descuento ajustada al riesgo es definida como $r = k + P$, donde k es la tasa libre de riesgo y P es un premio por riesgo. Esta aproximación está basada en la premisa de que los flujos de caja riesgosos tienen menor valor hoy que flujos de caja seguros y por consiguiente es descontado por una tasa más alta ([Row et al. 1981, Klemperer et al. 1994](#)). El uso de la tasa de descuento ajustada al riesgo tiene dos problemas asociados. Primero, el uso de esta herramienta asume que el riesgo se va componiendo con el tiempo. Y segundo, no existe una guía específica sobre cómo determinar el factor de ajuste apropiado ([Clutter et al. 1992](#)).

En definitiva, se trata de exigir a las inversiones arriesgadas un “premio por riesgo”. La ventaja radica en su sencillez en términos comparativos con el anterior. Por otro lado, considera el proyecto como un todo, y penaliza de forma creciente las generaciones de fondos más alejadas del momento actual, lo cual parece lógico en un entorno cambiante. El problema radica nuevamente en la forma de estimar esta prima por riesgo, que en muchas ocasiones es totalmente subjetiva.

2.2. El equivalente de certeza. Este procedimiento consiste en penalizar los flujos de caja en función de su riesgo (variabilidad). Así, se trata de buscar, para cada flujo de caja (FC) sujeto a riesgo, su equivalente de certeza, es decir, aquella cantidad segura que reporta la misma utilidad que el FC promedio con riesgo. Esto llevaría a aplicar a cada generación de fondos un coeficiente corrector α_i (que para inversores adversos al riesgo variaría entre 0 y 1), que dependería de la forma concreta de la función de utilidad del individuo ([Clutter et al. 1992](#)). Exigiría, pues, conocer la función de utilidad, y estimar la α_i correspondiente a cada FC_i .

Así, siendo:

$$FC' = \alpha_i FC_i \quad (1)$$

FC' = Flujos de caja equivalentes de certeza.

α_i = Coeficiente de equivalente de certeza para el período i .

FC_i = Flujo de caja riesgoso en el período i .

Dado que, una vez aplicado el sistema de penalización, se trabaja con cantidades equivalentes ciertas, el tipo de descuento a aplicar en el cálculo del VAN sería el tipo de interés sin riesgo.

Con esta aproximación el VAN es calculado como:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{\alpha_i FC_i}{(1+k)^i} \quad (2)$$

Donde:

FC_i = Flujos de Flujo de caja riesgoso en el período i .

α_i = Coeficiente de equivalente de certeza para el período i .

k = Tasa de descuento libre de riesgo.

Una aproximación al valor de k para la tasa libre de riesgo ([Klemperer 1996](#)) recomienda la exigida para proyectos públicos. De esta manera el uso de la tasa de descuento libre de riesgo es un caso especial del coeficiente de equivalente de certeza, entonces:

$$\alpha_i = \frac{(1+k)^i}{(1+r)^i} \quad (3)$$

Donde r es la tasa ajustada al riesgo, luego la ecuación anterior se reduce a:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i} \quad (4)$$

Donde:

$$r = \frac{1+k}{EC} - 1 \quad (5)$$

en que EC constituye una serie geométrica.

3. ALGUNOS INSTRUMENTOS Y TECNICAS MODERNAS PARA EL TRATAMIENTO DEL RIESGO

La economía de la empresa encuentra sus raíces teóricas en la teoría de interés que se origina con [Fisher \(1931\)](#). Una de las aplicaciones prácticas de esta teoría es el retorno sobre la inversión (ROI), concepto aceptado como una piedra angular de toma de decisión en negocios. En contraste, la teoría de la economía forestal entiende los bosques como recursos naturales en condiciones de una economía estable ([Speidel 1984](#)). [Newman \(1985\)](#) y [Löfgren \(1991\)](#), entre otros, establecen las bases teóricas y los supuestos detrás de los conceptos económicos como el valor actual neto (VAN). [Bare y Waggener \(1980\)](#), [Bilbis et al. \(1998\)](#) y [Dubois \(1998\)](#) estudiaron los precios de tierra forestal y los retornos de inversión usando el tradicional determinístico VAN.

3.1. *Modelo de Valoración de Activos de Capital* (CAPM). A partir del concepto de riesgo originado del trabajo de [Markowitz \(1952\)](#) en manejo de portafolios. Desde entonces el manejo de carteras y sus desarrollos se han estudiado extensivamente, y se han mencionado sus aplicaciones a la silvicultura en [Zinkhan et al. \(1992\)](#). El CAPM fue introducido por [Sharpe \(1964\)](#) para el análisis del riesgo sistemático. La mayoría de los estudios empíricos en el manejo de portafolio de activos forestales, como la estimación del riesgo de los retornos económicos y la aplicación de CAPM, se ha hecho en los estudios estadounidenses y escandinavos. Sin embargo, hay considerables problemas causados por limitaciones de los datos al no existir una extensa serie de tiempo que haga confiable las estimaciones.

[Olsen y Terpstra \(1981\)](#) estimaron los parámetros del CAPM y probaron la bondad del modelo, ajustándose a través de la variedad de madera rolliza, con datos del mercado de Oregon. [Cathcart y Klemperer \(1988\)](#) estudiaron el riesgo en inversiones forestales y aplicaron los procedimientos de la inversión para resolver preguntas sobre manejo de inversión. [Thomson \(1991a\)](#) examinó el riesgo sobre ingresos en recursos madereros junto con los recursos financieros de acciones ordinarias, bonos corporativos, bonos del Gobierno estadounidense y bonos de la Reserva Federal de los EE.UU. [Thomson \(1991a\)](#) también incluyó cambios en el precio de tierra, en cálculos sobre la propiedad forestal. Se encontraron activos forestales para ofrecer a retornos promedio altos y una desviación estándar alta para los ingresos anuales durante un período de 50 años (1937-1986). Sin embargo, un riesgo de la carpeta bajo podría lograrse a través de inversiones forestales.

[Thomson \(1991b\)](#) estimó el retorno económico en propiedades forestales para distintas especies para los años 1960-1980, y determinó una cartera óptima aplicando programación cuadrática. De igual manera, [Thomson \(1988\)](#) usó la programación cuadrática y minimización de las desviaciones absolutas para localizar una frontera eficiente del manejo de carpetas forestales. [Thomson \(1989\)](#) evaluó la incertidumbre usando CAPM y análisis de dominancia, incluyó el precio futuro de la madera en pie, al analizar inversiones en el mejoramiento del recurso forestal.

[Cubbage et al. \(1989\)](#) evaluaron el retorno económico y el riesgo forestal durante los años 1952- 1986, usando CAPM. Analizaron en los EE.UU. la medida del rendimiento de especies individuales, interpretando el retorno económico de la propiedad forestal como una manera de incluir el cambio en el precio de mercado y el incremento en los dividendos forestales, pero sin cosecha de árboles. Excluyendo en el análisis el precio de la tierra.

[Binkley y Washburn \(1990\)](#) evaluaron el retorno económico de las inversiones forestales y su riesgo durante los años 1956-1986, usando CAPM. Encontraron que, en promedio, el riesgo financiero, en términos del riesgo sistemático del Beta del CAPM, en inversiones forestales, fue una fracción más grande que el encontrado en bonos gubernamentales, y una fracción más pequeña que los bonos corporativos. Mientras el riesgo era comparable a estos instrumentos, los ingresos en propiedades forestales eran más altos. [Washburn y Binkley \(1990a\)](#) estimaron el CAPM de períodos promedios de valores de activos y precios promedios del valor de la madera en pie, para el cálculo usaron medias geométricas y aritméticas en intervalos de dos años. [Washburn y Binkley \(1990b\)](#) probaron la eficacia informativa de los mercados de valores de madera en pie para rollizo de pino en el sur de los EE.UU. Sobre una base anual y trimestral del mercado, los mercados resultaron ser débiles y poco eficaces, sin embargo, sin sostenimiento prolongado y constante sobre una base mensual.

[Redmond y Cubbage \(1988\)](#) evaluaron el riesgo forestal y el resultado del CAPM para especies individuales durante 1951-1985. Evaluaron un modelo con y sin un componente de crecimiento (el componente de crecimiento aumenta el promedio de los ingresos esperados anuales y el valor del Alfa).

[Wagner y Rideout \(1991\)](#) compararon las expresiones tradicionales versus las reales del CAPM y el modelo de crecimiento de los ingresos para evaluar la influencia de las decisiones en el manejo forestal, tales como el raleo. El resultado tradicional y real del CAPM ha sido comparado y complementado con análisis de sensibilidad y pruebas de cambio por [Wagner y Rideout \(1992\)](#). Asimismo, el riesgo y la incertidumbre en silvicultura han sido descritos por Cathcart y Klempner (1988). Las características del riesgo y el CAPM también han sido aplicadas a la agricultura por [Bengtsson \(1994\)](#). [Wagner et al. \(1995\)](#) compararon el CAPM y las técnicas del presupuesto de capital (PC) como el valor actual neto (VAN), valor esperado del suelo (VES) y la tasa interna de retorno (TIR). Debe recordarse que la alternativa de la tasa de descuento es crítica para el análisis del presupuesto de capital. Sin embargo, el CAPM ex-post fue propuesto para estimar la tasa de descuento ajustada al riesgo. [Zinkhan \(1988\)](#) modificó el CAPM ex-post para incluir la diferencia entre la tasa de retorno exigida y la tasa de retorno pasada.

3.2. *Arbitrage Pricing Theory* (APT). Como consecuencia de las limitaciones conceptuales del CAPM, así como los resultados empíricos obtenidos, han llevado a los investigadores a desarrollar modelos alternativos acerca del equilibrio en el mercado de capitales, y la consiguiente valoración de activos financieros. [Ross \(1976\)](#) propone el denominado "Arbitrage Pricing Theory" con las siguientes hipótesis:

- Los mercados de capitales son de competencia perfecta.
- Los inversores en condiciones de certeza siempre prefieren más riqueza que menos.
- La rentabilidad de los activos es generada por un proceso estocástico que representa un modelo lineal en el que intervienen k factores comunes, de media nula, que influyen en la

rentabilidad de los activos, aunque de forma diferente en los distintos activos de acuerdo con el correspondiente "coeficiente de reacción".

El modelo parte de la idea de que el rendimiento de las acciones no sólo depende del riesgo esperado, sino que también depende de ciertas variables económicas; otro supuesto es que en un mercado en equilibrio no deben existir oportunidades de inversión sin explotar, es decir, ningún inversor que cambie la composición de su cartera podrá conseguir mediante arbitraje una rentabilidad superior a la que ya venía obteniendo o, más concretamente, a inversión nula y riesgo nulo debe de corresponder una rentabilidad nula.

A pesar de las múltiples bondades del CAPM, [Sun y Zhang \(1999\)](#) evaluando el rendimiento financiero de inversiones forestales y usando una comparación entre éste y APT encontraron que este último era más robusto.

3.3. La simulación y los árboles de decisión. El beneficio de análisis de riesgo en un escenario probabilístico es que proporciona información al silvicultor sobre la probabilidad de lograr un nivel de desempeño más seguro ([Chambers et al. 1986](#)). El análisis de riesgo en inversiones de capital, según este autor, requiere de lo siguiente:

- Todos los factores de la inversión que se consideran riesgosos deben estar descritos en términos de distribución de probabilidad.
- La distribución para cada uno de los factores es aleatoria, y las muestras serán usadas para calcular el valor presente neto de la combinación de los factores.
- El proceso de muestreo y cálculo es hecho repetidamente para establecer la distribución del valor presente neto.

Existen numerosos artículos que abordan la fuente del riesgo en la actividad forestal, especialmente relacionado con fuego, daño por insectos y económico. Básicamente, los autores usan como método analítico modelos de decisión de Markov, programación dinámica, árboles de decisión y simulación de Monte Carlo, entre otros ([Kao 1982](#), [Washburn y Binkley 1990b](#), [Haight 1991](#), [Reed y Apaloo 1991](#), [Newman y Williams 1991](#), [Taylor y Fortson 1991](#), [Teeter y Caulfield 1991](#), [Pukkala y Kangas 1996](#), [Reed y Haight 1996](#), [Brazee y Bulte 2000](#)).

Simulación y árboles de decisión, se trata de dos herramientas de trabajo interesantes, aportadas por el campo de las Técnicas Cuantitativas. La primera consiste en, conocidas las distribuciones de partida de las variables que afectan a la decisión a adoptar, "simular" la aparición del azar para llegar a una distribución de resultado (en nuestro caso, de VAN) ([Thuesen et al. 1986](#)). Se trata de una técnica de gran flexibilidad, que permite, además, repetir el proceso bajo diferentes condiciones de partida, facilitando así el análisis de sensibilidad de los resultados ante cambios en las variables de entrada ([Gómez-Bezares 1993](#)).

[Engelhard y Anderson \(1983\)](#) y [Chambers et al. \(1986\)](#) desarrollaron programas para simular, a través de la metodología de Monte Carlo, inversiones en silvicultura a través de la distribución del valor actual neto. Sin embargo, estos paquetes computacionales no tienen la adaptabilidad del ambiente de las hojas de cálculo, pues las simulaciones sólo pueden hacerse con distribuciones de probabilidades preestablecidas. [Linehan \(1999\)](#) describe las ventajas de modelos de hoja de cálculo, que son comparativamente simples de modificar. A pesar de esto, en la simulación del VAN en todos los artículos citados, las variables consideradas riesgosas asumían una distribución triangular simétrica. En cuanto a los árboles de decisión, se trata aquí de un instrumento que permite representar decisiones complejas de una manera sencilla ([Clutter et al. 1992](#), [Zinkhan et al. 1992](#), [Gómez- Bezares 1993](#)). En ambos casos, no se puede hablar estrictamente de "criterios de decisión", sino más bien de instrumentos de ayuda en la valoración de proyectos.

3.4. Teoría de las Opciones. Una de las principales desventajas de utilizar el VAN de los flujos futuros, u otros métodos de descuento, es que no capturan apropiadamente la flexibilidad de

gestión de un determinado proyecto de inversión ante cambios de mercado inesperados. La motivación que empuja a utilizar como instrumento de valoración la teoría de las opciones reales, en vez de métodos tradicionales de descuento de flujos, proviene de su capacidad de flexibilidad y adaptabilidad.

Dado que el valor de la flexibilidad y de las acciones estratégicas no pueden ser capturados apropiadamente por los métodos de descuento, se puede plantear la valoración del manejo forestal pensando en las oportunidades de inversión como opciones reales.

Las primeras aplicaciones de esta teoría surgen en el área de las inversiones en recursos naturales; así [Brennan y Schwartz \(1985\)](#) utilizan la Teoría de las Opciones reales para valorar una mina. [Paddock et al. \(1988\)](#) se apoyan en la teoría de las opciones reales para valorar un contrato de arrendamiento de una explotación petrolífera; [Cortázar y Schwartz \(1993\)](#) valoran una mina con dos etapas, la primera representa la extracción del mineral, mientras la segunda incluye las actividades relativas al procesamiento del mismo.

La Teoría de Opciones ha sido aplicada a la valoración de la tierra forestal; uno de los primeros artículos fue elaborado por [Morck et al. \(1989\)](#), aproximándose a la valoración de opción usó el precio de los rollizos como una variable estocástica. Otros autores que han utilizado la valoración de opción en la valoración forestal son [Zinkhan \(1991, 1995\)](#) y [Plantinga \(1998\)](#), valorando los bosques como una suma de tierra y cosecha forestal y [Hughes \(2000\)](#) que valoró la tierra forestal bajo un contrato de arrendamiento.

4. EJEMPLO DE SUMULACION DE MONTE CARLO (extractado de Acuña 2001)

MERCADO

Demanda

- Trozos aserrables
- Trozos pulpables
- Trozos pulpables de aprovechamiento

Precios

Como resultado de la simulación del crecimiento y del trozado se obtuvo, para cada esquema de manejo, una tabla de producto de trozos a distintas edades de rotación, de la cual se identificó el volumen existente por clase de diámetro menor de la troza y por tipo de producto ([cuadro 1](#)).

CUADRO 1

Precio de productos según demanda de mercado.
Product price according to market demand.

Producto	Precio (US\$ del año 2000)
Trozo podado	65 US\$/m ³
Trozo no podado	40 US\$/m ³
Trozo no podado	35 US\$/m ³
Trozo no podado	30 US\$/m ³
Trozo no podado	25 US\$/m ³
Trozo no podado	25 US\$/m ³
Trozo no podado	8 US\$/m ³

Comercialización. La venta de los trozos obedece básicamente a dos patrones:

- Empresas relacionadas.
- Grandes empresas.

ESTUDIO TECNICO

Definición esquemas de manejo. Los esquemas de manejo se definieron bajo los siguientes factores:

- Manejo extensivo: aquel que contempló solamente raleos a desecho o comerciales pero de ninguna manera podas.
- Sin manejo: es la condición donde no se realizaron podas ni raleos de ningún tipo.

Indice de sitio. La calidad y potencialidad del sitio se representó para rodales establecidos en Clase de Sitio III con Indices de Sitio promedio de 21,9.

Densidad del rodal

- Densidad inicial: la densidad inicial de plantación es evaluó para 1.250 árboles por hectárea.
- Densidad final: las densidades residuales para los rodales con manejo intensivo y extensivo fluctuaron entre los 300 y 600 arb/ha.

Número y oportunidad de podas y raleos. Para el esquema de manejo extensivo se definió un raleo desecho, el cual fue determinado bajo el criterio de edad del rodal.

Proyección del crecimiento. Para cada esquema definido a continuación se realizó la proyección del crecimiento, considerando las prescripciones de manejo en los siguientes pasos:

- *Esquemas de manejo:* en esta sección se detallan los esquemas de manejo propuestos para la evaluación económica y rentabilidad del cultivo de pino radiata ([cuadro 2](#)).

CUADRO 2

Esquema de manejo a utilizar en la evaluación económica.
Management schemes for use in economic evaluation.

Sitio	Indice de Sitio	Densidad inicial (arb/ha)	Raleo a desecho (arb/ha)	Altura dominante (m)
III	21,90	1.250	400-600	10/11/12

- *Simulación de Crecimiento:* en la proyección del crecimiento de los rodales bajo distintos esquemas de manejo se utilizó el Simulador Nacional de Crecimiento para *Pinus radiata* D. Don de Fundación Chile, *Radiata Plus V. 5.2*. Para la simulación fue necesario el ingreso de información del estado inicial de los rodales (altura dominante, densidad de plantación, área basal y edad del rodal). Además de sus respectivas intervenciones silvícolas (edad de la intervención, intensidad del raleo, número de raleos, severidad y número de podas) y las características de los productos que se desea obtener del rodal luego de la cosecha y trozado

([cuadro 3](#)).

CUADRO 3

Productos definidos por prioridad de aprovechamiento.
Products defined for priority use.

Producto	Largo (m)	Diámetro menor de utilización (cm)
Trozo no podado	4,10	40
Trozo no podado	4,10	30
Trozo no podado	4,10	20
Trozo no podado	4,10	16
Trozo no podado	3,20	16
Trozo no podado	2,44	8

Producción. Los productos que se definieron fueron los siguientes:

- Aserrable Nacional: 2,5 metros de largo, de 16 cm y más de diámetro, sin mancha, cilíndricos, etc.
- Pulpable 2,44 metros de largo, 10-16 cm de diámetro, en principio puede ser con o sin mancha.

Costos de Producción. Para la evaluación de los regímenes silviculturales se debieron conocer todos los costos de producción comprometidos, directos e indirectos, de manera de construir los flujos de caja que permitieron determinar la rentabilidad. Para ello fue necesario obtener el costo de las actividades culturales, de administración, cercos, seguros contra incendios, control de lagomorfos, caminos, cosecha, transporte, etc. Los costos se presentan en el [cuadro 4](#).

CUADRO 4

Actividades silvícolas y sus respectivos costos.
Silvicultural activities and their respective costs.

Avtividad silvícola	Costo (US\$ del año 2000)
Roce y quemas	258,45 US\$/ha
Plantación	133,99 US\$/ha
Replante	17,96 US\$/ha
Control sanitario	51,07 US\$/ha
Control de malezas	118,59 US\$/ha
Raleo a desecho	28,26 US\$/ha
Raleo comercial	1,22 US\$/árbol
Cosecha	5,77 US\$/m ³
Administración	40,00 US\$/ha

Se definió como punto de valorización de los productos una etapa intermedia de elaboración, anterior a la transformación en productos finales, permitiendo ser evaluados en el mercado nacional de las materias primas. Con la información antes señalada se obtuvo para cada flujo de caja la edad de rotación óptima, basando la selección en el indicador económico Valor Actual Neto (VAN). Los esquemas fueron evaluados de la siguiente forma:

- Se tomaron los valores más probables de las variables como ciertas. Posteriormente se hizo un análisis de sensibilidad para determinar los valores críticos ($VAN = 0$). En consecuencia, se determinó la elasticidad del VAN con el propósito de obtener las variables de mayor relevancia.
- Se utilizó la sensibilidad del VAN porque ésta es una indicadora del riesgo (a mayor elasticidad del VAN, mayor riesgo involucrado en la variable).

EVALUACION ESTOCASTICA

Para la simulación de Monte Carlo se siguieron los siguientes pasos:

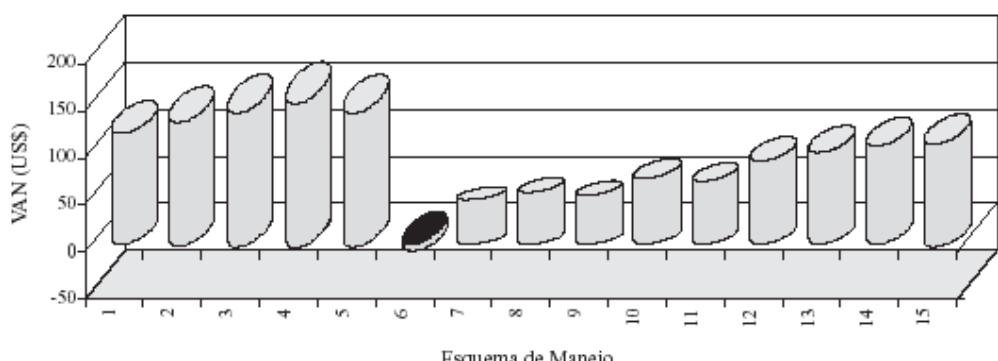
- A los resultados determinísticos obtenidos por este estudio, se les aplicó análisis de sensibilidad a las variables involucradas, de las cuales se determinaron las más relevantes o las de comportamiento aleatorio en su naturaleza.
- A estas variables se les asignó una distribución de probabilidad, para lo cual todas fueron consideradas independientes.
- Se simuló con la técnica de Monte Carlo a través del paquete computacional *@RISK 3.5d* ([Palisade Corporation 2000](#)).

RESULTADOS

Para el análisis de riesgo de los esquemas de manejo se hizo un análisis determinístico y un análisis probabilístico que sí considera distribución de probabilidad.

Análisis determinístico. Para este análisis se simularon 15 esquemas de manejo silviculturales (simulación silvícola) ([figura 1](#)).

Como es lógico pensar, los silvicultores elegirán la opción beneficiosa, este es el esquema 4 con un retorno de US\$ 155,5 y una edad óptima de rotación de 21 años. La [figura 1](#) presenta el máximo aporte de las alternativas evaluadas a la edad óptima de rotación económica encontrada en la simulación.



*Figura 1: VAN óptimo según esquema de manejo para Sitio III.
Optimum VAN according to the scheme management for Site III.*

Análisis estocástico. Para este tipo de análisis se realizó simulación de Monte Carlo, mediante el uso del programa computacional *@RISK 3.5d®* para *Windows®*. En este estudio, los factores considerados riesgosos fueron los siguientes:

- Precios
- Productos maderables
- Tasa de descuento
- Costos de producción

Simulación. Para la simulación se realizaron 500 iteraciones. Los resultados del modelo pueden ser vistos y analizados en la [figura 2](#).

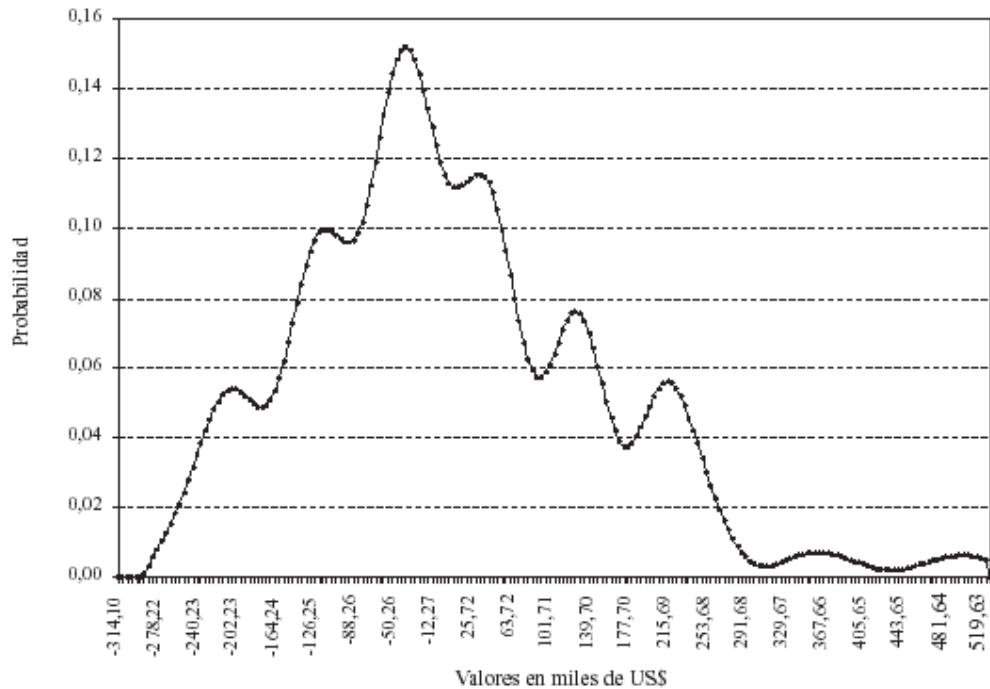


Figura 2: Distribución del VAN de 500 iteraciones, en Clase de Sitio III.
VAN distribution for 500 iterations, in Site Class III.

Al comparar el gráfico se puede apreciar que existe una relación directa entre la productividad del sitio y la rentabilidad esperada de éste. La inversión forestal en los sitios III se hace extremadamente riesgosa, donde invertir en silvicultura en estos terrenos tiene más de 50% de probabilidades de que la utilidad sea negativa.

En definitiva, la toma de decisiones en un ambiente riesgoso es difícil porque las consecuencias son desconocidas cuando se toma la decisión. Las probabilidades y magnitudes de ganancias y pérdidas son consideradas por los silvicultores prudentes que toman decisiones. Algunas facetas de la toma de decisiones en un ambiente riesgoso son:

- las metas de los silvicultores
- la actitud al riesgo

- las expectativas sobre los posibles resultados, y
- la valoración de probabilidad de estos resultados.

Dadas las posibles diferencias en todos estos factores entre los silvicultores, es fácil ver cómo los individuos alcanzan decisiones drásticamente diferentes cuando se enfrentan con lo que parecen ser hechos y circunstancias similares.

CONCLUSIONES

Con el crecimiento de la actividad forestal se hace necesario el manejo adecuado del recurso. Las alternativas de manejo basadas en aproximaciones económicas tradicionales para valorar recursos forestales ignoran la importancia de la flexibilidad en el manejo. Por eso, es necesario entregar alternativas de manejo que puedan responder adecuadamente a cambios en los mercados, a variaciones en los precios, a optimizar la conversión de la tierra, al riesgo y, especialmente, las decisiones de rotación óptima del bosque.

BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA, C. 2001. Evaluación del rendimiento económico de los regímenes silviculturales de pino radiata, basado en análisis de riesgo. Tesis de Magíster. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Concepción. 81 pp.
- BARE, B. B., T. R. WAGGENER. 1980. "Forest land values and return on investment", For. Sci. 26(1): 91-96.
- BENGSSON, B. A. 1994. Swedish agriculture and capital market. The relations of risk and return characteristics. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Economics. Working Paper Series N° 15.
- BIBLIS, E. J., H. CARINO, L. TEETER. 1998. "Comparative economic analysis of two management options for loblolly pine timber plantations", For. Prod. J. 48 (4): 29-33.
- BRAZEE, R. J., E. BULTE. 2000. "Optimal harvesting and thinning with stochastic prices", For. Sci. 46 (1): 23-31.
- BINKLEY, C. S., C. L. WASHBURN. 1990. The financial risk of private timberland investment in South Carolina. USDA Forest Service. SCFER Working Paper N° 69.
- BRENNAN, M., E. SCHWARTZ. 1985. "Evaluating natural resource investments", J. of Business 58(2): 135-157.
- CATHCART, J. F., W. D. KLEMPERER. 1988. Evaluating the use of risk adjusted discount rates in forest investments decision making. USDA Forest Service. SCFER Working Paper N° 63.
- CAULFIELD, J. P. 1988. "A stochastic efficiency approach for determining the economic rotation of forest stand", For. Sci. 34:441-457.
- CHAMBERS, P.C., S.A. SINCLAIR, C.C. HASSLER, B.G. HANSEN. 1986. "Forest products investment model: A microcomputer tool for incorporating risk into capital budgeting". For. Prod. J. 36(1): 64-68.
- CHURCHMAN, C.W. 1971. The design of inquiring systems: Basic concepts of systems and organizations. Wiley, New York.
- CLUTTER, J. L., J. C. FORTSON, L. V. PIENAAR, G. H. BRISTER, R. L. BAILEY. 1992. Timber management: a quantitative approach. Krieger Publishing Company. Florida, 333 pp.

- CORTAZAR, G., E. SCHWARTZ. 1993. "Compound option model of production and intermediate inventories", *J. of Business* 66(4):517:522.
- CUBBAGE, F.W., T.G. HARRIS, C.H. REDMOND. 1989. Measuring risk and returns of timber investments using the capital asset pricing model. The Georgia Agricultural Experiment Stations College of Agriculture, University of Georgia. Research Report N° 562.
- DUBOIS M.K. 1998. "A comparison of stumpage valuation methods for procuring wood used in linerboard production", *For. Prod. J.* 48 (10): 35-42.
- ENGLEHARD, R. J., W. C. ANDERSON. 1983. A method of assessing risk in forestry investments. USDA Forest Service, South Experiment Station. New Orleans, LA, Research Paper SO-189.
- FISHER, I. 1931. The theory of interest. Traducción al español. Aguirre J.A. 1999. La teoría del interés. Biblioteca de grandes economistas siglo XX. Ediciones Aosta, Madrid, 527 p.
- HAIGHT, R. G. 1991. "Stochastic log price, land value, and adaptive stand management: Numerical results for California White Fir.", *For. Sci.* 37(5): 1224-1238.
- HUGHES, W. R. 2000. "Valuing a forest as call option: the sale of forestry corporation of New Zealand", *For. Sci.* 46 (1): 32-39.
- GOMEZ-BEZARES, F. 1993. Las decisiones financieras en la práctica. Desclée de Brouwer. 4º ed. Bilbao, España.
- KAO, CH. 1982. "Optimal stocking levels and rotation under risk", *For. Sci.* 28 (4): 711-719.
- KLEMPERER, D.W. 1995. An approach to analyzing risky forestry costs. XX IUFRO World Congress 6-12 August 1995. Tempere, Finland.
- KLEMPERER, D.W. 1996. *Forest resource economics and finance*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- KLEMPERER, D.W. 2000. *Does discounted cash flow exaggerate the advantage of borrowing?* XXI IUFRO World Congress 7-12 August 2000, Kuala Lumpur, Malaysia.
- KLEMPERER, W. D., J. F. CATHCART, T. HÄRING, T., R. J. ALIG. 1994. "Risk and the discount rate in forestry", *Can. J. For. Res.* 24: 390-397.
- LINEHAN, P. E. 1999. "Computer spreadsheet as a teaching tool for risk analysis in forest resource economics courses". pp. 69-73. In: *Proceedings, Southern Forest Economics Workers Annual Conference*. March 25-27, 1998, K. Lee (ed.) Williamsburg, VA.
- LÖFGREN, K. G. 1991. "The use and no-use of economics and mathematics in forest economics. The Swedish experience 1876-1976", *Rev. of Econ. Stat.* 47 (1): 13-37.
- MARKOWITZ, H. M. 1952. "Portfolio selection", *J. of Finance* 17: 77-91.
- MASON, R. O., I. I. MITROFF. 1973. "A program for research on management information system", *Manag. Sci.* 19: 475- 487.
- MILLS, W. L. 1988. "Forestland: investment attributes and diversification potential", *J. of Forestry* 86 (1): 19-24.
- MORCK, R., E. SCHWARTZ, D. STANGELAND. 1989. "The valuation of forestry resources under stochastic prices and inventories", *J. Financ. Quant. Anal.* 24: 473-487.

- NEWMAN, D. H. 1985. A discussion of the concept for the optimal forest rotation and the review of the recent literature. USDA Forest Service. SCFER Working Paper N° 1.
- NEWMAN, D. H., C. G. WILLIAMS. 1991. "The incorporation of risk in optimal selection age determination", *For. Sci.* 37 (5): 1350-1364.
- OLSEN, R. A., R. H. TERPSTRA. 1981. "Application of capital asset pricing to the spot markets for softwood logs in Oregon", *For. Sci.* 27 (2): 215-223.
- PADDOCK, J. L., D. R. SIEGEL, J. L. SMITH. 1988. "Option valuation claims on real assets: The case of offshore petroleum leases", *Quarterly J. of Econ.* 103: 479-508.
- PALISADE CORPORATION. 2000. *Guide to using @Risk: Risk analysis and simulation add-in for Microsoft Excel*. Newfield, NY.
- PLANTINGA, A. J. 1998. "The optimal timber rotation: An option value approach", *For. Sci.* 44: 192-202.
- PUKKALA, T., J. KANGAS. 1996. "A method for integrating risk and attitude toward risk into forest planning", *For. Sci.* 42(2): 198-205.
- REDMOND, C. H., F. W. CUBBAGE. 1988. "Portfolio risk and returns from timber asset investments", *Land Economics* 64(4): 325-337.
- REED, W. J., J. APALOO. 1991. "Evaluating the effects of risk on the economics of juvenile spacing and commercial thinning", *Can. J. For. Res.* 21: 1390-1400.
- REED, W. J., R. G. HAIGHT. 1996. "Predicting the present value distribution of forest plantation investment", *For. Sci.* 42(3): 378-388.
- ROSS, S. A. 1976. "The arbitrage theory of capital asset pricing", *J. of Econ. Theory* 13: 341-360.
- ROW, C., H. F. KAISER, J. SESSIONS. 1981. "Discount rate for long-term forest service investments", *J. of Forestry* 6: 367-369.
- SHARPE, W. F. 1964. "Capital assets prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk", *J. of Finance* 19(3): 425-442.
- SPEIDEL, G. 1984. *Forstliche Betriebswirtschaftlehre*. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Hamburgo.
- SUN, CH., D. ZHANG. 1999. Assessing the financial performance of forestry-related investment vehicles: Capital asset pricing model vs. arbitrage pricing theory. Reporte no publicado, disponible desde el autor.
- SUTTON, W. R. J. 1997. Radiata pine and the global opportunity for plantation forestry. Reporte no publicado, disponible desde el autor.
- TAYLOR, R. G., J. C. FORTSON. 1991. "Optimum plantation planting density and rotation age based on financial risk and return", *For. Sci.* 37(3): 886-902.
- TEETER, L. D., J. P. CAULFIELD. 1991. "Stand density management strategies under risk: Effects of stochastic prices", *Can. J. For. Res.* 21: 1373-1379.
- THOMSON, T.A. 1988. Alternative specifications and solutions of timber management portfolio problem. USDA Forest Service. General Technical Report RM-161, p. 123-130.

- THOMSON, T. A. 1989. "Evaluating some financial uncertainties of tree improvement using the capital asset pricing model and dominance analysis", *Can. J. of For. Res.* 19 (11): 1380-1388.
- THOMSON, T. A. 1991a. Timber and financial portfolios: 1937-1986. Proceedings of the 1991 Symposium of System Analysis in Forest Resources. USDA Forest Service. SFES General Technical Report SE-74, p. 217-224.
- THOMSON, T. A. 1991b. "Efficient combinations of timber financial market investment in single-period and multiperiod portfolios", *For. Sci.* 37(2): 461-480.
- THUESEN, H.G., W. J. FABRYCKY, G. J. THUESEN. 1986. *Ingeniería económica*. Prentice-Hall Hispanoamericana, México.
- WAGNER, J. E., D. B. RIDEOUT. 1991. "Evaluating forest management investments: The capital asset pricing model and the income growth model", *For. Sci.* 37 (6) 1591-1604.
- WAGNER, J. E., D. B. RIDEOUT. 1992. "The stability of the capital asset pricing model's parameters in analyzing forest investments", *Can. J. of For. Res.* 22 (11): 1639-1645.
- WAGNER, J. E., F. W. CUBBAGE, C. H. CLAIR. 1995. "Comparing the capital asset pricing model and capital budgeting techniques to analyze timber investment", *For. Prod. J.* 45(7/8): 69-77.
- WASHBURN, C. L., C. S. BINKLEY. 1990a. "On the use of period-average stumpage prices to estimate forest asset pricing models", *Land Economics* 66 (4): 379-393.
- WASHBURN, C. L., C. S. BINKLEY. 1990b. "International efficiency of markets for stumpage", *Amer. J. of Agri. Econ.* 72(2): 394-405.
- ZINKHAN, F. C. 1988. "Evaluating the performance of a forest products firm". *For. Prod. J.* 38 (9): 33-36.
- ZINKHAN, F. C. 1991. "Option pricing and timberland's land use conversion option", *Land Economics* 67(3): 317-325.
- ZINKHAN, F. C. 1995. "Forest economics: The management of options and values", *J. of Forestry* 93 (1): 25-29.
- ZINKHAN, F. C., W. R. SIZEMORE, G. H. MASON, T. J. EBNER. 1992. *Timberland investment: A portfolio perspective*. Timber Press. Portland, OR.

Recibido: 22.08.2001
Aceptado: 30.07.2002