

C.3

6

ISSN 0716 - 5994

3(1)89

---

**CIENCIA  
E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

---

JUNIO 1989

BIBLIOTECA  
INSTITUTO FORESTAL



**INFOR**

**infor** CHILE

FILIAL CORFO



# 6

---

# CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

---

JUNIO 1989

BIBLIOTECA  
INSTITUTO FORESTAL

**infor** CHILE  
FILIAL CORFO



**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL** es una revista  
técnico-científica del Instituto Forestal  
(Filial - CORFO), que se publica en  
Junio y Diciembre de cada año.  
ISSN 0716 - 5994

<b>Director</b>	:	Patricio Valenzuela V.	
<b>Subdirector</b>	:	Jorge Cabrera P.	
<b>Editor</b>	:	Jorge Cabrera P.	
<b>Consejo Editor</b>	:	Rolando Bennewitz B. Ignacio Cerda V. Ronald Du Belloy G.	Hans Grosse W. Vicente Pérez G. José A. Prado D.
<b>Editores Asociados</b>	:	René Alfaro (Canadá) Ronald Brun (RFA) Hernán Cortés Fernando Cox Roberto Delmastro Claudio Donoso Fernando Garrido Bertram Husch Jaime Latorre Roberto Melo Eduardo Morales Ramiro Morales	Manuel Ortiz Hernán Peredo Roland Peters Hernán Poblete Juan Schlatter Harald Schmidt Jorge Toro Antonio Vita Derek Webb (Canadá) Daniel Wisecarver Roy Wotherspoon

---

La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas. El valor de la suscripción anual, que consta de dos revistas, es de \$ 4.000, incluido IVA, siendo de \$ 2.200 para los estudiantes universitarios. El valor de la suscripción para los interesados del extranjero es de US\$ 20,00, incluido franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$ 2.300 y de \$ 1.000 para estudiantes (US\$ 12, incluido franqueo para el extranjero). C.I.F. circula en Chile y el extranjero. Dirija su correspondencia relacionada con los manuscritos aceptados para publicación y otras materias de orden editorial, al Editor. Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin previa autorización, citando como fuente a "Revista Ciencia e Investigación Forestal INFOR CHILE". Se aceptan colaboraciones de Chile y el extranjero, siempre y cuando se ajusten a las normas establecidas en el Reglamento de Publicación, contenido al final de esta edición. Dirija su correspondencia a: Huérfanos 554, Piso 3. Santiago - Chile.

---

CONTENIDO

Artículos

	Págs.
El Sector Forestal Chileno: Políticas, desarrollo del recurso y exportaciones . . . . .	1
<i>D. Wisecarver</i>	
Evaluación de la Investigación Forestal: Una visión general . . . . .	23
<i>J. A. Prado D.</i>	
Renovales de Raulí, Roble, Coigüe y Tepa: Expectativas de rendimiento . . . . .	37
<i>H. Grosse W.</i>	
Selección de Procedencias de Pino Oregón ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> ) en la Zona Sur de Chile . . . . .	73
<i>J. J. Aguirre A. y J. Wrann H.</i>	
Incidencia de la Edad del Arbol sobre las Propiedades Físicas y Mecánicas del Pino Radiata . . . . .	85
<i>V. Pérez G.</i>	
Propiedades Físico-Mecánicas de Postes de Pino Radiata crecidos en Chile . . . . .	99
<i>A. Campos B.</i>	

Apuntes

Apuntes sobre Pino Oregón. Regeneración natural de la especie . . . . .	109
<i>U. Kannegiesser S.</i>	
Variabilidad de la densidad básica y la contracción en madera de Aromo australiano ( <i>Acacia melanoxylon R. Br.</i> ) . . . . .	118
<i>R. Ananías A.</i>	

Bibliografía

Tablas de Conversión Mecánica y Elaboración . . . . .	131
Estadísticas Forestales 1987 . . . . .	131
La Industria del Aserrío 1987 . . . . .	132
Costos Operacionales y de Capital de las Actividades Forestales en Chile . . . . .	132
Actualización de Volúmenes en pie de Pino Radiata en la VIII Región . . . . .	133
Sistema de Información de Exportaciones Forestales . . . . .	133
Precios de Productos Forestales Chilenos. (a Dic. 88) . . . . .	134
Propiedades Físico-Mecánicas de Postes de Pino Radiata crecido en Chile . . . . .	134
Recopilación de Antecedentes Técnicos y Económicos en la Producción de Astillas de Madera . . . . .	134
El Futuro del Mercado Interno de la Madera Aserrada y Tableros. Necesidad de una Estrategia País . . . . .	135
La Actividad Forestal en Chile a 1988 . . . . .	135

# EL SECTOR FORESTAL CHILENO: POLÍTICAS, DESARROLLO DEL RECURSO Y EXPORTACIONES

Daniel Wisecarver (\*)  
Sergio Tardones M. (\*\*)

## RESUMEN

El siguiente artículo analiza el rol que ha tenido la política económica en el surgimiento del sector forestal chileno como una de las fuentes líderes del crecimiento económico. Se consideran en forma separada las políticas específicas del sector y las políticas económicas generales. Las primeras, diseñadas para promover la creación del recurso forestal a través de estímulos fiscales para la plantación y manejo del mismo, han demostrado ser efectivas y muy superiores a las existentes con anterioridad.

Sin embargo, la producción y exportación de productos forestales en niveles significativos no está garantizada por la sola presencia del recurso forestal. La gran expansión en la producción y exportación de estos productos, desde 1974 al presente, es atribuible al conjunto de políticas económicas generales, en especial la apertura de la economía chilena al comercio internacional.

Se concluye que la mantención de estos elementos de política económica es indispensable para la continuación del crecimiento del sector forestal chileno.

## ABSTRACT

*This paper analyzes the role that economic policy has played in the emergence of Chile's forestry sector as a leading source of economic growth. Two separate sets of policy measures are considered. First are sector-specific policies designed to promote the creation of the forest resource itself through fiscal stimuli for plantation and forestry management. The evidence is overwhelming that the incentives provided to the private sector by D. L. 701, have been far more effective in generating forestry plantations than the tax benefits granted under previous legislation.*

*However, the mere presence of forest resources is not by itself sufficient to guarantee significant levels of production and exportation of forestry products. Rather, the tremendous expansion in production and exports of these products from 1974 to present is attributable to the second set of general economic policy measures, particularly the opening of the Chilean economy to international commerce.*

*It is concluded that the maintenance of these general elements of economic policy is indispensable for the continued future growth of Chile's forest and forest-products industries.*

---

(\*) Profesor Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

(\*\*) Ingeniero Civil. División Estudios Económicos. Instituto Forestal. Huérfanos 554. Santiago. Chile.

## INTRODUCCION

Desde hace ya más de cincuenta años, el bosque chileno ha despertado fuerte interés y grandes esperanzas como una fuente potencial de riqueza para el país. De hecho, las proyecciones más optimistas afirman que en el futuro el recurso forestal reemplazaría al cobre como el principal producto de exportación de Chile. Por eso, varios gobiernos sucesivos han promovido y mantenido políticas de fomento de la actividad forestal, y tanto el sector público como el privado han desarrollado una compleja y extensa infraestructura industrial, caminera y portuaria para poder aprovechar dicho recurso.

A lo largo de los últimos diez a doce años, las expectativas respecto al potencial del sector parecen haber comenzado a realizarse, tal como se puede apreciar con referencia a una serie de hechos que vienen apareciendo uno tras otro. Primero, de acuerdo con un informe del Banco Mundial (Banco Mundial, 1986). Chile posee una de las plantaciones forestales más grandes del mundo, y en respuesta a las políticas de fomento forestal, su bosque de Pino Radiata, que consiste en aproximadamente 1,2 millones de hectáreas al final de 1987, es el más grande del mundo, habiendo sobrepasado en 20% y 88%, respectivamente, las plantaciones de Nueva Zelanda y Australia ya en 1985.

Segundo, en los últimos meses varias inversiones importantes y cuantiosas en el sector forestal han sido emprendidas no sólo por las empresas chilenas ya establecidas sino también por otras que han decidido incursionar en el sector y, aún más notoriamente, por empresas y otros inversionistas extranjeros, en especial neozelandeses y japoneses. Los proyectos anunciados, muchos ya en marcha, incluyen la construcción de nuevas plantas de celulosa, junto con la expansión y modernización de las antiguas, la adquisición de plantaciones de Pino Radiata y de tierras aptas para la forestación, y la construcción de instalaciones portuarias para el embarque de astillas.

Tercero, y cruzando ya la línea entre proyecciones y realizaciones, las exportaciones de productos forestales han experimentado un auge notable (INFOR-CORFO, Junio 1987) en los últimos años.

Entre 1983 y 1987 estas exportaciones crecieron al ritmo anual del 15,2% y durante 1988 totalizaron un valor de US\$ 730 millones, sobrepasando en un 26,5% a las de 1987. Hoy en día, todos los puertos de la VIII Región están físicamente llenos de productos que esperan ser embarcados: trozos de madera aserrable, madera aserrada y dimensionada, madera pulpable (metro ruma) y verdaderas montañas de astillas. De hecho, existe preocupación en cuanto a que pronto la capacidad de los puertos comience a constituir el único cuello de botella significativo que restrinja el volumen de las exportaciones forestales.

Dado que el sector forestal aparentemente representa un ejemplo en el cual las mejores esperanzas se están haciendo realidad, el propósito del presente trabajo es resumir la evolución del sector, documentar las causas del éxito que el país está empezando a gozar e indicar proyecciones mínimas del potencial exportador que el recurso forestal significa para Chile. En la siguiente sección, se presenta una breve historia de la evolución del sector hasta 1974. Después, se analizan las medidas de política introducidas por el gobierno actual que más han incidido en el desarrollo del sector forestal.

Es importante enfatizar, antes de comenzar, que tanto bajo los gobiernos anteriores como bajo el actual, las políticas que han influido en la evolución del sector deberían separarse, por lo menos para propósitos analíticos, en dos grandes subconjuntos. Primero, durante más de medio siglo todos los gobiernos chilenos han instituido y mantenido políticas de fomento del recurso físico del bosque; en este sentido, los cambios introducidos en 1974 fueron más bien de forma (y de efectividad ex post) y no tanto de fondo. Segundo, las medidas generales de po-

lítica económica, así como su filosofía subyacente, han sido factores determinantes en la manera (y la intensidad) en que el recurso forestal ha sido aprovechado. A este respecto, la conducción económica del gobierno actual ha significado un cambio drástico y de fondo, frente a las políticas anteriores. Como se verá en la sección III, el sector forestal ha sido uno de los grandes beneficiarios de este cambio.

Finalmente, cabe señalar que el análisis del presente artículo se centra en el Pino Radiata, que es lejos la especie forestal económicamente más importante del país. Sin embargo, debe tenerse presente que casi todas las políticas referidas en la discusión que sigue también se aplican a las otras especies y, para citar sólo un ejemplo de creciente interés, hay informes (pero todavía no cifras) de que las plantaciones de Eucalipto habrían aumentado notablemente durante los meses recién pasados. Este desarrollo, junto con el bosque de Eucalipto ya existente, de casi 60.000 hectáreas (a Diciembre de 1986) (INFOR-CORFO, Junio 1987), tendrá implicancias significativas para el sector forestal chileno del futuro.

### EVOLUCION HISTORICA DEL SECTOR FORESTAL EN CHILE

Debido a su geografía, clima y dotación de bosques nativos, Chile tiene una larga historia como país productor y exportador de madera y otros derivados del recurso forestal. Aún después de décadas de explotación, en 1985 se estima el área del bosque nativo en más de 20 millones de hectáreas, 13 millones en parques nacionales y reservas forestales y 7,6 millones de hectáreas de bosques comerciales (Banco Mundial 1986, pág. 68). Más aún, aunque las cifras históricas respecto a la explotación de este recurso son escasas, en 1930 el país produjo 111.400 m<sup>3</sup> de madera aserrada (el 99,5% proveniente de bosques nativos) y exportó 28.800 m<sup>3</sup>.

Sin embargo, las perspectivas económicas del sector forestal en Chile se basan en la explotación del bosque comercial proveniente de las plantaciones de diversas especies, predominantemente el Pino Radiata. Originario de la península de Monterrey, México, el Pino Radiata fue introducido hace unos 100 años en Chile, donde, debido a las condiciones climáticas y de suelos, especialmente en las Regiones VII a IX, goza de un crecimiento notablemente más rápido que en su tierra nativa y en otras partes del mundo. Como consecuencia de eso, en Chile el período de corta, o rotación, sería para la madera aserrada de 22 a 25 años y para la madera pulpable de 18 a 20 años, mientras en países forestales como Estados Unidos, Suecia y Canadá los mismos volúmenes comerciáveis requieren hasta 100 años (Aninat, Claro y Méndez, 1982, pág. 38). Esta rotación constituye la base de las ventajas comparativas que Chile tiene frente a los otros productores competitivos.

Frente a tal ventaja natural, y quizás como parte de la estrategia general de activismo estatal que comenzó en la época, en Julio de 1931 el gobierno chileno promulgó el D.L. 4.363, la llamada "Ley de Bosques", con el objeto, por un lado, de fomentar la forestación, a través de exenciones tributarias y la participación activa y directa del estado y, por otro lado, de lograr una protección adecuada del medio ambiente relacionado con el sector.

La exención tributaria fue simple, directa y generosa: para plantaciones en terrenos clasificados como "forestales", se estableció la exención total, por el plazo de 30 años desde la plantación, de los impuestos territorial, de primera categoría, global complementario, tasa adicional y aquellos sobre herencias, donaciones, etc. Con este incentivo y la participación estatal,

---

(1) Banco Mundial, Op. cit. Inventario de las Plantaciones Forestales de la Zona Centro Sur de Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 24, Santiago, Mayo de 1966. Estadísticas Forestales 1980, INFOR, Santiago, Agosto 1980. Gana, J. Análisis y Perspectivas del Sector Forestal. Tesis Ing. Ind. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Santiago, 1982. Subcomisión de Inversiones Forestales. Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile. 1986-2015, INFOR-CORFO, Santiago, Mayo 1987. Estadísticas Forestales 1986. INFOR, Santiago, Junio 1987.

entre 1931 y 1974 se logró un ritmo significativo y creciente de plantaciones de bosques artificiales, de acuerdo con cifras aproximadas que aparecen en el Cuadro 1. Es necesario enfatizar que estas cifras, especialmente hasta 1975, sólo pueden entenderse como aproximaciones, debido a la falta de mediciones sistemáticas antes de esa fecha. Existen varios estudios respecto a las tasas de plantaciones y la superficie total del bosque chileno de Pino Radiata (1), pero desafortunadamente no son consecuentes entre sí.

Para reflejar la trayectoria del flujo de plantaciones entre 1931 y 1955, se ha recurrido a información publicada por INFOR en 1966, respecto a la distribución por edades de las plantaciones de Pino Radiata que habrían existido en el período 1963-1965 (ver Cuadro 5). Estas cifras permitirían inferir valores mínimos de plantaciones por quinquenio entre 1931 y 1954, tal como se indica en el Cuadro 1.

Después, para las plantaciones anuales entre 1955 y 1964, el Cuadro 1 presenta las cifras del Banco Mundial, ya que ellas son razonablemente consecuentes con las estimaciones de INFOR utilizadas para los quinquenios anteriores. Finalmente, para los años 1965 hasta 1985, se confía en los cálculos efectuados por la Subcomisión de Inversiones Forestales, ya que reflejan la información más actualizada y más ampliamente citada por los sectores públicos y privado. Aceptando esta serie, confeccionada de la manera descrita y sin una evaluación crítica más detallada, se puede concluir entonces que entre 1940 y 1974, se habría plantado un promedio anual de 11.373 hectáreas, con un fuerte aumento registrado a partir de 1965 y hasta 1974, cuando la Ley de Bosques fue sustituida por el D.L. 701.

Para describir el desarrollo histórico de las industrias de madera aserrada, pulpa (o celulosa), papel y otros derivados de productos forestales, sin duda la característica dominante del clima económico a lo largo de todo el período entre 1931 y 1973 fue "proteccionista", aunque en este contexto la protección brindada fue en contra de la competencia externa. Como parte íntegra de la estrategia de crecimiento hacia adentro seguida por gobiernos sucesivos, las industrias forestales gozaron de medidas fuertes y variadas de protección. Además de las exenciones tributarias de la Ley de Bosques para aquellas empresas nacionales que hicieron sus propias plantaciones, las importaciones de los productos forestales estaban sujetas a altos aranceles aduaneros. Por otro lado, aunque las importaciones de maquinaria y equipos también estaban sujetas nominalmente a aranceles, éstas gozaban de una serie de rebajas y franquicias, de acuerdo con el tipo de equipo y con la Región en la cual estaría instalado. Como resultado neto de esa estructura de aranceles diferenciados, la protección efectiva para estas industrias era aún más alta. Así, en el primer trimestre de 1974, la tasa nominal de protección alcanzó al 116% para productos de madera y muebles y el 128% para el papel y productos de papel; la protección efectiva, en cambio, llegó a las tasas absurdas de 501% para productos de madera, 135% para muebles y 1.299% para papel y productos de papel (Aedo, C. y Lagos, L. F., 1984).

Más allá de la protección arancelaria, existían otros elementos de la política comercial que beneficiaban a las grandes empresas nacionales en desmedro directo de los dueños independientes de bosques. Se prohibía la exportación de cualquier tipo de madera en bruto y descortezada, y de los rollizos en general. Como si esto fuera poco, el Banco Central exigía la presentación de "Certificados de Origen y Calidad" antes de que se permitiera la exportación de cualquier clase de madera, lo cual le otorgaba a la autoridad la facultad efectiva de prohibir la exportación de madera de "baja calidad", como por ejemplo la madera aserrada de Pino Radiata. Por supuesto, al restringir, si no eliminar, la alternativa de exportar, el efecto neto de estas dos medidas fue el de otorgar un poder monopsonico absoluto a los pocos compradores grandes nacionales, esto es, a los productores de papel, pulpa y madera para aserrar.

Para completar el cuadro institucional que enfrentaban los particulares, cabe mencionar que, en el aspecto administrativo, toda decisión oficial respecto a cuestiones relaciona-

das con el manejo del recurso forestal debía pasar por las manos de por lo menos una de las siguientes instituciones estatales: la Dirección de Bosques del Ministerio de Tierras y Colonización, el Departamento Forestal de la Dirección de Agricultura y Pesca del Ministerio de Agricultura, la División Forestal del SAG, la Corporación de Reforestación (COREF), el Instituto de Desarrollo Agropecuario y la CORFO. Finalmente, aunque durante los gobiernos de Frei y Allende no se llegó a expropiar plantaciones forestales, la existencia de la amenaza creciente de la reforma agraria sirvió como un elemento más en contra de la confianza necesaria para que el sector privado emprendiera las inversiones de largo plazo inherentes a la plantación forestal: mientras en 1970 el estado plantó directamente el 46% de las plantaciones totales del país, entre 1971 y 1973 dicho porcentaje subió al 78% y más del 91% en 1973, para volver a bajar al 46% en 1974 y paulatinamente al 15% en 1978, y prácticamente a cero en los cuatro años siguientes (2).

Es interesante advertir que hasta mediados de la década de los cuarenta, cuando se iniciaron las industrias de celulosa, papel y cartones y tableros, la única industria forestal era la de madera aserrada. Bajo la protección que existía, en 1946 la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones produjo 34.000 toneladas de papeles y cartones (abasteciendo el 60% del consumo interno), producción que creció hasta 52.000 toneladas (80% del consumo interno) en 1954. Con financiamiento del Banco Mundial, en 1959 la CMPC inauguró su planta de celulosa al sulfato de Laja y en 1963 entró en funcionamiento su planta de celulosa y papel de periódico de Nacimiento (INFOR-CORFO, Octubre 1987, pág. 1).

Pero fue sólo en la década de los sesenta cuando se intentó generalizar el empuje hacia el desarrollo industrial del sector forestal, comenzando a mecanizarse los aserraderos e instalarse plantas nuevas de celulosa, papel periódico y tableros. Más aún, en 1965 el gobierno introdujo un plan nacional de forestación con Pino Radiata, con el objetivo de plantar 50.000 hectáreas por año en los años setenta. Como se ve en el Cuadro 1, aunque en 1970 sólo se logró plantar casi 30.500 hectáreas, es evidente que dicho plan condujo a (por lo menos coincidió con) un significativo aumento en el ritmo de plantaciones a partir de 1965.

También es cierto que entre 1965 y 1970 el sector industrial de productos forestales experimentó un crecimiento notable. Aunque la producción de madera aserrada estuvo más bien estancada, la producción de celulosa creció a la tasa anual del 10,3% (18% por año entre 1965 y 1969), la de papel para periódico a un 5% por año, otros papeles y cartones a casi un 11% (21% entre 1965 y 1969) y tableros y chapas a casi un 9% anual. Sin embargo, el desarrollo del sector en ese quinquenio también demuestra otra característica típica de la estrategia económica de la época: aún todos los incentivos enormes proporcionados a la industrialización de los productos basados en el recurso forestal —la protección arancelaria efectiva, la prohibición contra exportaciones de la materia prima, las exenciones tributarias, etc.— no bastaban, aparentemente, para que el sector privado por sí solo efectuara las inversiones conducentes a la mayor producción alcanzada. Más bien el sector creció por medio de una creciente participación directa del estado: en 1967, la CORFO se formalizó como propietaria del 60% de la planta de Celulosa Arauco; en 1969 INFORSA pasó a ser filial de CORFO; y en ese mismo año se firmó el contrato para la construcción de la planta de Celulosa Constitución, también filial de CORFO (INFOR-CORFO, Octubre 1987, pág. 1). Por lo visto, todavía faltaba algo para que las empresas privadas y protegidas asumieran el rol protagonista en el desarrollo del sector. Como se argumentará más adelante, ese elemento faltante no era el recurso forestal.

El Cuadro 3, por su parte, confirma que aún con el desarrollo de la producción del sector forestal, ni el sector privado ni el público se dirigían hacia el mercado externo. Hasta antes de

(2) Ver Cuadro 1.



los años sesenta, las únicas exportaciones eran de madera aserrada, mientras que se comenzó la exportación de celulosa, papel periódico y otros productos sólo en esa década. Hasta 1973, el total de las exportaciones forestales sobrepasó el 4% de las exportaciones totales del país únicamente en el año 1971.

En resumen, a lo largo del período bajo consideración en esta sección, junto con las ventajas naturales de Chile como productor forestal, el estado agregó una serie de incentivos y desincentivos a la actividad forestal y a las industrias basadas en el recurso forestal. El efecto neto fue un sistema con fuertes incentivos discriminatorios a favor de ciertos rubros del sector, las industrias de pulpa, papel y madera aserrada, y en contra del productor independiente del recurso primario en materia de la comercialización, factor discriminatorio que contrarrestaba, en alguna medida, los incentivos tributarios en favor de la plantación. La combinación final, junto con la participación estatal directa, claramente ayudó a la expansión observada en las distintas partes del sector forestal, aun cuando también está claro que no condujo a una maximización de la riqueza neta que el sector podría haber rendido para la economía chilena, ni siquiera en base al volumen del recurso forestal del que la economía disponía.

### **EL DESARROLLO DEL SECTOR FORESTAL BAJO LAS POLITICAS FORESTALES Y ECONOMICAS DEL GOBIERNO MILITAR**

Desde su comienzo en 1973 el actual gobierno ha seguido una orientación en materia de política económica radicalmente distinta a la que caracterizó la conducción económica a lo largo de las décadas anteriores. A grandes rasgos, la nueva política instaurada tiene como fundamentos generales el derecho a la propiedad privada, una "economía de mercado" con la libre determinación de precios como mecanismo para asignar los recursos de la economía y el empuje del sector privado para generar el crecimiento económico, la apertura al comercio exterior para aprovechar las ventajas comparativas del país, y el principio de la subsidiariedad del estado, según el cual las actividades del estado se limitan sólo a aquellas áreas que no serían adecuadamente desarrolladas por la iniciativa privada.

El conjunto de medidas generales de política económica tomadas en consecuencia con esta nueva orientación ha ejercido impactos significativos sobre el desarrollo de todos y cada uno de los componentes del sector forestal chileno. Además, el gobierno ha introducido ciertas políticas específicas respecto al sector. Aunque sería quizás natural evaluar globalmente el desenvolvimiento del rubro forestal a lo largo de los últimos catorce años, para propósitos del presente artículo será más conveniente distinguir entre la actividad de la forestación propiamente tal, por un lado, y, por el otro, la evolución de la producción y las exportaciones de los productos forestales.

#### **La Política Forestal y el Desarrollo del Recurso**

Con el propósito de fomentar la forestación de las tierras aptas, asegurar la reforestación de bosques explotados, racionalizar los procesos de explotación y estimular el manejo óptimo del recurso, en Octubre de 1974 se oficializó el D.L. 701 de Fomento Forestal. Esta ley, para incentivar la forestación, estableció la absoluta inexpropiabilidad de los terrenos forestados, garantía indispensable después de las experiencias vividas bajo la reforma agraria, creó la bonificación del 75% tanto del costo de la forestación (de una sola vez por predio calificado como preferentemente forestal) subsidio que caducará en el año 1994, como de los costos de manejo y administración e introdujo algunas franquicias tributarias, bastante reducidas en relación, tan-

to a las de la antigua Ley de Bosques como al valor de las bonificaciones del D.L. 701 (3). Además, entre 1975 y el mes de junio de 1979, el Banco Central mantuvo una línea de créditos para el fomento forestal, la cual fue aprovechada por intermedio del Banco del Estado y varios bancos privados. Dichos créditos tenían plazos de tres años, con uno de gracia, para compañías de pulpa y papel, y de seis años, tres de gracia, para personas naturales. La tasa de interés mínima exigida por el Banco Central era del 12% real anual, de hecho, las tasas cobradas a los tomadores de estos créditos fluctuaban entre el 14 y el 18% real anual. Los montos de crédito total otorgados fueron de (en millones de US\$) 2,4 en 1975; 2,5 en 1975-1976; 3,4 en 1976-1977; 6,2 en 1977-1978 y 12,2 en 1978-1979 (Aninat, Claro y Méndez, 1982, pág. 51).

En materia de preservación del recurso forestal renovable, la nueva ley exige, primero, que todos aquellos privados que se acogen a los beneficios de la ley presenten y cumplan con un plan de manejo para todas las etapas desde la forestación hasta la explotación del bosque. Segundo, se establece la obligatoriedad de replantar un número de hectáreas por lo menos igual al número explotado, haya o no recibido el predio involucrado cualquier beneficio otorgado por el D.L. 701. Finalmente, respecto a la institucionalidad del sector, el D.L. 701 consolida en un ente único (CONAF) todas las atribuciones necesarias para normar el desarrollo del sector y velar por el cumplimiento de las exigencias legales. Posteriormente, el D.L. 2565, de fecha 21 de Marzo de 1979, introdujo una serie de modificaciones al D.L. 701, con la finalidad principal de permitir la mayor incorporación de los predios de pequeños propietarios a la ley de fomento forestal.

El conjunto de estas tres piezas legislativas, todas consecuentes con la nueva orientación económica del actual gobierno —especialmente en cuanto al derecho de propiedad (de hecho, con la creación de propietarios)— fue acompañado por otras decisiones más bien administrativas que las complementaban, al traspasarse la ejecución de las actividades productivas a los agentes privados. CONAF, además de ir paulatinamente reduciendo sus esfuerzos en la plantación directa, licitó prácticamente todos sus activos forestales, sus tierras, más las de CORA, que se habían clasificado como preferentemente forestales, y todos sus viveros, implementos y herramientas. Siguiendo el mismo lineamiento, la CORFO licitó las empresas INFORSA, Forestal y Celulosa Arauco y Celco. Así, aunque el estado ha mantenido un rol importantísimo en el desarrollo del sector forestal, a través del subsidio, la exención tributaria y la reglamentación y control de las normas de preservación y reforestación, ha dejado de ser el actor directo en las actividades productivas.

La evaluación del impacto de la política forestal sólo puede realizarse en términos del desarrollo del recurso forestal y los costos que éste ha significado para el país hasta la fecha. Por supuesto, a sólo catorce años desde su iniciación, estas políticas todavía no han comenzado a rendir sus beneficios concretos y contables. El Cuadro 1 presenta los datos más relevantes para dicha evaluación.

El primer hecho que salta a la vista es que en 1975, el primer año de vigencia de las provisiones del D.L. 701, se plantaron casi el doble de hectáreas que el área máxima plantada en cualquier año del "plan de forestación" de la década de los sesenta. Bajo el gobierno actual, se han plantado (hasta 1986) un total de 830.356 hectáreas de Pino Radiata, casi el 77% del stock existente en el país al final de ese último año. La plantación promedio anual desde la promulgación del D.L. 701, 60.865 hectáreas, es tres veces el promedio anual de plantaciones entre los años 1960 y 1973.

(3) Se recordará que el único incentivo en la Ley de Bosque fue una generosa exención tributaria. Con el D.L., en cambio, Aninat, Claro y Méndez (Op. cit., pág. 68) encuentran que las franquicias tributarias son mucho menos importantes que la bonificación para la plantación y la posterior mantención de los predios forestales.

El segundo hecho importante ha sido la respuesta del sector privado. Ya en 1974, antes de D.L. 701, las plantaciones privadas repuntaron en un factor de 7,3 en relación a su nivel del último año de la UP, demostrando el impacto de la seguridad respecto al recién reestablecido derecho a la propiedad privada. En seguida, se nota la creciente importancia del sector privado en las plantaciones totales, de acuerdo con la política de CONAF de ir eliminando sus plantaciones directas. De hecho, entre 1979 y 1982 la CONAF plantó menos que el 0,3% del total planteado en esos cuatro años. Entre 1983 y 1985, su actividad volvió a subir, en respuesta a la necesidad social de proveer fuentes de trabajo durante la aguda recesión que el país sufría, para después cesar sus plantaciones directas por completo en 1986.

Con el D.L. 701, el sector privado ha plantado hasta 1987, 625.931 hectáreas de Pino Radiata, el 79% de las plantaciones totales realizadas en el país. Con todos los beneficios de la nueva legislación, los privados plantaron un promedio de 52.160 hectáreas por año, más de dos y media veces el ritmo de plantaciones totales entre 1960 y 1973. Pero quizás lo más impresionante de todas las cifras del Cuadro 1 es el hecho de que en estos mismos doce años, el sector privado ha plantado un promedio anual de 17.235 hectáreas sin bonificación alguna, un 50% más que el promedio anual total bajo la antigua Ley de Bosques. Las razones detrás de este último fenómeno incluirán, seguramente, la exigencia de reforestación, uno de los aspectos más destacables del D.L. 701. Pero no es menos cierto que las medidas más generales de la política económica (tratadas en la siguiente sección del presente artículo) han permitido que las ventajas naturales inherentes a la forestación en Chile se hayan traducido en el incentivo económico natural que es propio de las rentabilidades altas que pueden obtenerse de los productos forestales. Este incentivo económico, junto con el derecho garantizado de la propiedad privada, ha servido como otro estímulo indirecto a la forestación no bonificada que se observa en los últimos años.

Ahora bien, no es ninguna sorpresa que los agentes económicos respondan frente a un incentivo beneficioso, siempre que tengan confianza en la continuación de las políticas y en el respeto por su derecho de propiedad. Por eso, la próxima pregunta que debería investigarse es el tamaño del costo fiscal de las plantaciones bonificadas. De acuerdo con datos de CONAF, entre 1976 y 1986 (para las plantaciones acogidas al D.L. 701 y efectuadas entre 1975 y 1985), el monto total de las bonificaciones para la plantación y la administración posterior asciende a US\$ 65,7 millones, o sea casi seis millones de dólares por año. Estas bonificaciones, capitalizadas al final del año 1987 a la tasa LIBO, alcanzarían el valor de US\$ 125,6 millones.

Aunque dicha suma no es despreciable, debe ser comparada con algún otro valor para que pueda ser evaluada. Con ese propósito, considérense los costos involucrados en la inversión de plantar, administrar y manejar una hectárea de Pino Radiata. El estudio del Banco Mundial (Banco Mundial, 1986) presenta una estimación detallada de estos costos, año por año desde la plantación hasta el momento de la corta, tal como lo indica el Cuadro 4 (el cálculo del estudio referido sigue hasta el año 24; aquí, como han pasado sólo catorce años desde 1974, se corta el cuadro a dicho número de años). Aplicando estas estimaciones de costos, una hectárea plantada en 1974 tendría un costo total invertido igual a la suma del costo en cada uno de los catorce años, US\$ 817, 32 al final de 1987, sin incluir costos de interés, y de US\$ 1.877,57 si se capitaliza el flujo a la tasa LIBO. Una hectárea plantada en 1975 tendría un costo igual a la suma de los valores de sólo los primeros trece años; y así sucesivamente (4).

- (4) Los distintos valores del costo de inversión total presentados a continuación en el texto suponen que todas las plantaciones han sido manejadas con raleos en los años 5 y 12 y podas en los años 7, 9 y 11. Obviamente, pueden observarse varios patrones de manejo (o ningún manejo) que arrojarían costos diferentes. Sin embargo, si sólo la mitad de las plantaciones fueran manejadas, el costo total de inversión para el país sería reducido en un máximo de 10%.

Dadas estas estimaciones del costo de inversión por hectárea de Pino Radiata, se puede calcular que entre 1974 y 1987 las plantaciones privadas habrían significado para el país —o sea, los gastos netos privados más el costo fiscal de las bonificaciones— una inversión total de US\$ 326,3 millones, sin incluir concepto alguno de interés, o US\$ 577,5 millones capitalizando estos flujos en la tasa LIBO. De estos volúmenes de inversión, el total de las bonificaciones representa el 20,1% sin intereses o el 20,3% capitalizando a LIBOR. Es más, aquellos privados que plantaron sin bonificación alguna habrán invertido, bajo el mismo concepto, un total de US\$ 117,9 millones (un gasto 80% mayor que el total de las bonificaciones), sin intereses, o US\$ 222,8 millones capitalizando a LIBOR. Por lo tanto, aunque el esfuerzo fiscal en el financiamiento de los bosques de Pino Radiata ha sido importante, el esfuerzo del sector privado ha sido unas cuatro veces mayor. Finalmente, siempre aplicando estas mismas estimaciones de costos anuales, se deduce que la economía en su conjunto —las plantaciones privadas más las del sector público— ha invertido la suma de US\$ 429,3 millones sin intereses, o bien US\$ 768 millones incluyendo sólo la tasa LIBO como la tasa alternativa de interés a lo largo de estos catorce años, una inversión que equivale a más del 4% de la deuda externa total del país al final de 1987 (US\$ 19.099 millones).

Debe recordarse que hasta la fecha esta inversión en el recurso forestal no ha brindado prácticamente nada del retorno que promete rendir para el país en el futuro, y que es potencialmente de una gran magnitud. Para especular en los términos más simplistas, basta recordar que se ha proyectado que la disponibilidad total de madera de Pino Radiata será en 1995 un 56% mayor que su nivel de 1987 (Subcomisión de Inversiones Forestales, Mayo 1987, pág. 13). Si se mantuvieran constantes en sus niveles de 1987 el grado de aprovechamiento de ese stock de madera, la composición porcentual de productos y de exportaciones/importaciones, y los precios mundiales de estos productos, entonces en 1995 se exportaría un monto de US\$ 900,6 millones de productos forestales. El aumento de divisas, en relación a 1987, sería de US\$ 323,3 millones. Por otro lado, el costo total de la bonificación otorgada hasta 1986 tendría un valor capitalizado de US\$ 250,3 millones en 1995, si la LIBOR es constante e igual al 9% por año entre 1988 y 1995. Por lo tanto, el aumento de divisas en sólo un año (1995) bastaría para pagar el 130% del costo fiscal capitalizado del subsidio forestal, mientras que el mismo aumento de divisas en dos años seguidos podría pagar el 258% de dicho costo. Desde este único punto de vista demasiado simplista, pero sin duda pesimista, pareciera que los recursos dedicados a las bonificaciones forestales terminarían habiendo sido una inversión extremadamente rentable para Chile.

Finalmente, considérese el grado de éxito registrado frente a la meta gubernamental de crear más y nuevos propietarios y difundir la propiedad más ampliamente entre la población. Aunque no se dispone de la información necesaria para examinar los cambios en la estructura de la propiedad forestal, las cifras señalan que al final de 1985 casi la mitad de las hectáreas plantadas de Pino Radiata pertenecía a propietarios pequeños (INFOR-CORFO, Octubre 1986, pág. 18). El hecho de que este grupo de unos 5.000 propietarios, cada uno con un predio de aproximadamente 100 hectáreas en promedio, posea más hectáreas de plantaciones que la CMPC, INFORSA y Celulosa Arauco en su conjunto, indicaría un relativo éxito con respecto a esta meta.

**En resumen,** ya se ha visto que bajo la política de forestación actual se ha logrado un enorme aumento en la superficie de plantaciones de Pino Radiata, conseguido mayoritariamente por el sector privado; que el costo de los subsidios ha sido una suma importante en términos absolutos, pero pequeña en comparación con los volúmenes potenciales de exportaciones que el país podría percibir en el futuro; y que la propiedad de las plantaciones se ha desconcentrado en una medida importante. Queda una última cuestión que debería ser tratada. Esta es la justificación y “necesidad” del subsidio mismo. De acuerdo con el principio de la subsidiariedad, el

estado debería intervenir solamente en aquellas actividades que, por la naturaleza y circunstancias del caso, el sector privado no emprendería, o no las realizaría en el nivel óptimo desde el punto de vista de la economía nacional. Respecto a la bonificación forestal, entonces, la duda que habría que intentar aclarar es si existían o no factores que hubieran podido impedir que el sector privado forestara al ritmo requerido para alcanzar el óptimo social, de no existir tal bonificación.

La interrogante es extremadamente difícil de responder en forma satisfactoria. Un primer indicador consistiría en evaluar la rentabilidad del "proyecto" forestal, desde el punto de vista privado, con y sin los beneficios del D.L. 701. Existen dos estudios al respecto, con resultados opuestos. Primero, en su informe de fecha agosto de 1982 los consultores Aninat, Claro y Méndez afirman que, sin los beneficios de la ley, la actividad de forestación no sería rentable, a una tasa de descuento del 10%, en ninguna de las regiones investigadas; con los subsidios y los beneficios tributarios, en cambio, sí lo sería. Sin embargo, estos autores señalan al mismo tiempo que, de producirse un aumento real del precio de venta del 21%, la actividad sería privadamente rentable aún sin el D.L. 701. De hecho, la evolución de los precios entre 1982 y 1986 ha mostrado que el precio del bosque en pie (pesos por  $m^3$ ) habría aumentado en más del 50% (INFOR-CORFO, Junio 1987, pág. 82). El segundo estudio, del Banco Mundial de Agosto de 1986, presenta resultados para distintas ramas industriales de productos de madera que permiten inferir que, aún sin el subsidio del D.L. 701, la forestación sería una actividad rentable a una tasa de descuento del 10%.

Un segundo indicador numérico consiste en la rentabilidad social del proyecto de forestación, la cual fue también calculada en el estudio de Aninat, Claro y Méndez. Ajustando los parámetros privados por sus valores sociales, ellos encontraron que en todas las regiones (con excepción de las tierras arenales) la forestación era rentable desde el punto de vista social, incluyendo todos los costos de vigilancia, control y administración en que incurría el estado para aplicar el D.L. 701. La diferencia con respecto a los resultados privados se debe al mayor valor social de las divisas y especialmente al menor costo social de la mano de obra no calificada que se emplea en las etapas de forestación, poda y raleo. El aumento real observado en los precios durante los últimos años obviamente magnifica esta rentabilidad social.

Los indicadores anteriores no son concluyentes. Aunque no pareciera haber duda respecto a la rentabilidad social de la forestación, no está claro que se requiera de los beneficios estatales para inducir la participación del sector privado, si bien es notoria la sensibilidad de la rentabilidad privada al precio de la madera puesta en el bosque. Así, surge la incógnita de si no habría otras razones que justifican la intervención estatal para incentivar un mayor nivel de plantación. La justificación clásica sería la existencia de externalidades positivas que el privado no puede captar, lo cual daría por resultado un ritmo de plantación privado menor que el óptimo social. De hecho, el estudio de Aninat, Claro y Méndez señaló varias fuentes de este tipo de externalidad, con énfasis en los aspectos ecológicos. En efecto, la existencia de la vegetación forestal ayuda directamente en la preservación de los suelos, su humedad y fertilidad. Otros efectos dicen relación con los beneficios de la belleza escénica, la protección de la vida silvestre y otros.

En adición a tales efectos reales, aunque no cuantificables, en Chile existía otra especie de externalidad que sin duda incidía significativamente en las decisiones de los agentes económicos. La inversión forestal es naturalmente de muy largo plazo, con fuertes costos al principio y los ingresos correspondientes sólo al final de una espera de entre 18 y 26 ó 30 años. La dificultad de predecir beneficios tan lejos en el futuro sirve para sí sola como un desincentivo a tal tipo de inversión, en relación a las de más corto plazo. Si a este factor se agrega el contexto histórico político, en el cual no existía ninguna estabilidad en las reglas fundamentales del juego —derecho de propiedad, sistema económico, etc.— obviamente se multiplican los desincentivos en contra de inversiones del largo plazo. Así, el efecto neto de esta falta de claridad y estabili-

dad equivale a una externalidad que debe superarse para que se desarrolle el recurso forestal, lo cual si es socialmente beneficioso. El estado podría o plantar directamente o bien estimular la plantación privada a través de algún esquema de subsidios.

No obstante su validez, los argumentos anteriores no constituyen, ni siquiera en su conjunto, un caso inequívoco en favor de los estímulos fiscales vigentes para la plantación forestal a lo largo de los últimos 57 años y, por consiguiente, simplemente no existe ninguna evidencia empírica que permita evaluar económicamente los niveles alternativos de los incentivos que de hecho han sido otorgados. Aunque sea cierto que el subsidio se paga solo, con mayores ingresos de divisas, o bien que la forestación tiene una rentabilidad social positiva y mayor que la privada, sin duda se encontraría lo mismo en otros sectores de la economía, y no hay nada que garantice que el sector forestal tenga una prioridad objetiva dentro de ellos. De la misma manera, la externalidad innegable que se debía a la incertidumbre respecto a la estabilidad de las reglas de juego económicas afectaba por igual a toda la inversión de mediano o largo plazo, no sólo a la del sector forestal.

Dejando de lado, por lo tanto, esta ambigüedad respecto a la justificación de incentivar la plantación forestal, debe señalarse que el D.L. 701, a diferencia de la antigua Ley de Bosques, garantiza la perpetuación del bosque al exigir la reforestación, lo cual representa un beneficio social adicional que los inversionistas privados no considerarían en su totalidad. Además, al subsidiar la forestación en todas sus etapas, en vez de beneficiar a los agentes privados sólo al final del ciclo forestal mediante exenciones tributarias, el D.L. 701 ha permitido que los dueños de predios pequeños, que no tenían acceso al financiamiento de largo plazo ni manera alguna de salirse del sector a través de un mercado secundario para campos forestales, pudieran efectivamente acogerse a los beneficios fiscales disponibles y por tanto participar en el sector. Más aún, al bonificar también la administración y el manejo del bosque, se va a cosechar en Chile madera de Pino Radiata de mayor calidad y mayor precio de venta, aún para los propietarios pequeños, que quizás no hubieran podido de otra manera financiar los gastos involucrados en el manejo del bosque.

Muy relacionado con lo anterior está un argumento de tipo distributivo. El subsidio genera una tendencia al alza del precio de los terrenos aptos para forestar; de hecho, algunos ejecutivos de las empresas más grandes del sector afirman que ése sería el mayor efecto de la bonificación. En la medida en que eso es así, los subsidios del D.L. 701 representarían una manera por la cual los beneficios económicos de la actividad forestal llegan a los pequeños propietarios. Este razonamiento es respaldado por el hecho de que sólo los terrenos clasificados como "preferentemente forestales" pueden acogerse al D.L. 701. Así, los predios que no tienen un claro uso alternativo, y por tanto alcanzarían un precio de venta muy reducido, pueden obtener ahora precios que reflejan, al menos parcialmente, el subsidio forestal.

## LA POLITICA ECONOMICA Y EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO FORESTAL

Si bien es cierto que la existencia de una masa de recurso forestal es indispensable para aumentar el desarrollo de industrias de productos como madera aserrada, celulosa, papel y otros derivados, es igualmente claro que la mera presencia del recurso no basta. También se requiere de un conjunto de políticas económicas que propendan a la explotación y utilización racional del recurso. Tal como se ha señalado anteriormente, el significativo crecimiento experimentado por el sector entre 1930 y 1973 se limitó a industrias que estaban fuertemente protegidas y que mostraban escaso interés por los mercados externos. Con tal ausencia de competencia externa, estas industrias podían crecer sin preocuparse de utilizar el recurso forestal eficientemente.

La evolución de la producción y las exportaciones desde 1974 hasta 1987 se puede apreciar en los Cuadros 2 y 3. El primer hecho llamativo del Cuadro 2 es la fuerte recuperación en la producción de casi todos los sectores, tanto en relación a 1973 como en relación al promedio entre 1965 y 1973. En cuanto al extraordinario crecimiento que registran las exportaciones forestales, basta señalar que mientras la producción del sector creció un 60% más rápido que el PGB, las exportaciones de madera, celulosa, papel y otros derivados crecieron un 250% más rápido que las exportaciones totales del país. Entre 1974 y 1987, mientras el país aumentó sus exportaciones en un 143%, el sector forestal lo hizo en un 355%. Este auge afectó a todos los productos tradicionales (salvo la cartulina para tarjetas perforadas) e incluso emergieron una serie de nuevos productos de exportación (ver Cuadro 7).

Al intentar explicar esta evolución de la producción y, especialmente, las exportaciones de productos forestales, quizás convenga comenzar por reconocer un hecho innegable. Se ha argumentado en algunos círculos que las exportaciones de los últimos años provienen de árboles que ya se habían plantado antes de la introducción de las políticas económicas del gobierno actual y efectivamente eso es así. Las plantaciones realizadas bajo el D.L. 701 comenzarán a proveer materia prima para la celulosa de ahora en adelante, mientras que todavía faltan unos cinco a diez años antes de que dichas plantaciones comiencen a alimentar a la industria del aserrío.

Pero la disponibilidad del recurso forestal es sólo un problema. Otro problema es el grado al cual el recurso sea aprovechado por la economía del país y resulta evidente que ese aprovechamiento ha sido significativamente mayor desde 1974 en adelante que en los años sesenta. La información que respalda esta conclusión se completa con el Cuadro 5, que muestra la distribución por edad del stock de Pino Radiata en 1965, 1980 y 1986 (5). Allí se ve que el stock disponible de madera en pie que sirve para la producción de madera aserrada (árboles con por lo menos 21 años) fue calculado en 32.319 hectáreas, 91.752 hectáreas y 70.871 hectáreas para esos tres años respectivamente. Así, el stock aprovechable para este producto en 1980 fue 2,84 veces mayor que en 1965, mientras en 1986 fue 2,19 veces mayor que en 1965.

Por otro lado, sabiendo que en promedio cada  $m^3$  de madera aserrada de Pino Radiata requiere de 2,09  $m^3$  de madera aserrable, se deduce de las cifras del Cuadro 2 que entre 1965 y 1969 se cosechó un promedio anual de 1,10 millones de  $m^3$  de madera aserrable proveniente de bosques plantados en el año 1945 y antes. En ese quinquenio, el año de mayor producción fue 1966, con 1,21 millones de  $m^3$ . En cambio, con el stock de hectáreas de Pino Radiata de 1980 (árboles plantados en el año 1960 y antes), entre 1980 y 1984 la producción de madera aserrada, más las exportaciones de trozos de madera aserrable (Cuadro 7), requirió una cosecha anual promedio de 3,98 millones de  $m^3$ , y este promedio incluye el impacto fuerte y negativo de la recesión sufrida durante ese quinquenio.

Así, mientras que el stock de plantaciones en edad de proporcionar madera aserrable fue 2,84 veces mayor en 1980 que en 1965, la producción aumentó en 3,61 veces; en el período 1980-1984 el grado de aprovechamiento fue un 27% mayor, en promedio, que en el período 1965-1969. Desde 1980, incluso, este grado promedio de aprovechamiento ha excedido en 16% el nivel alcanzado en 1966, el año de mayor producción en la segunda mitad de los sesenta.

Si se hace ese mismo tipo de comparación, utilizando el stock potencial del año 1986 y la producción de madera aserrable en 1985 y 1986, se ve que en estos últimos dos años la producción media excedió en 4,47 veces la del período 1965-1969, con un stock de hectáreas disponible 2,19 veces mayor, lo cual indica un aumento en el grado de aprovechamiento del 104% en relación a ese quinquenio y de 86% en relación al año 1966. Aunque se podrían criticar los

(5) El lector recordará la discusión anterior respecto al problema de la consecuencia entre estas cifras y las de las plantaciones anuales. Para 1980, las estimaciones del stock de hectáreas con 21 y más años de edad parecieran ser infladas.

periodos de comparación o cuestionar la precisión de las cifras del stock disponible del recurso, difícilmente podría encontrarse una comparación entre dos años (salvo quizás el peor año de recesión en los ochenta con el mejor año anterior a 1974) que cambiara la conclusión de que desde 1974 el país ha logrado utilizar más intensamente su recurso forestal. ¿Cuál sería la explicación de este mayor aprovechamiento y del mayor crecimiento de la producción y de las exportaciones en el segundo periodo en relación al desarrollo del sector bajo las políticas económicas vigentes entre 1960 y 1973?

Hay dos conjuntos de medidas económicas que, a nuestro juicio, explican la favorable evolución del sector durante los últimos catorce años: **1) las políticas de apertura al comercio internacional y 2) las políticas respecto a los puertos y el transporte marítimo.**

Una de las primeras innovaciones de política económica del gobierno actual fue la **apertura al comercio internacional**, eliminando toda traba cuantitativa a la importación y, a partir de 1974, rebajando y uniformando los niveles arancelarios que protegían la producción nacional competitiva con las importaciones. Este proceso culminó en 1979 con el establecimiento de un arancel uniforme (con pocas excepciones, especialmente el sector automotriz) del 10%. El hecho de que esta rebaja arancelaria tuviera como uno de sus efectos el fomento de las exportaciones forestales, y por tanto, de la explotación de los bosques, tiene dos fundamentos explicativos.

**Primero**, una de las lecciones más inequívocas de los principios de la teoría económica enseña que las trabas que nominalmente actúan en contra de las importaciones, constituyen de hecho restricciones al comercio externo del país, importaciones y exportaciones. Es decir, el impuesto a las importaciones se transforma sólo parcialmente en una verdadera protección para los productores nacionales de bienes importables, mientras que el resto de dicho impuesto se transforma en un impuesto en contra de las exportaciones del país. Para Chile, se ha demostrado empíricamente (Sjaastad, L.A., 1981) que un 55% de la protección arancelaria nominal se transforma de hecho en un impuesto a las exportaciones. Sjaastad señala que, por sus efectos sobre los precios relativos, las barreras contra la importación vigente en 1970 equivalían a un arancel uniforme del 27%, junto con un impuesto uniforme en las exportaciones del 33%. Como el arancel promedio en el primer semestre de 1974 fue del 105% (Cauas, J. y De la Cuadra, S., 1981) y la reforma arancelaria lo rebajó paulatinamente al 10% en 1979, ese mismo proceso rebajó el impuesto implícito a las exportaciones, desde aproximadamente el 57% a solamente el 5,5%. El impacto incentivador a favor de las exportaciones es evidente.

**Segundo**. De la Cuadra y Hachette (De la Cuadra, S. y Hachette D., diciembre, 1986) detectaron e intentaron estimar empíricamente un efecto dinámico en la oferta del sector manufacturero hacia un mayor nivel de eficiencia. En otras palabras, debido a la reforma arancelaria, aunque los sectores protegidos anteriormente sufrieron un efecto de precio negativo, simultáneamente para sobrevivir tuvieron que adecuar sus procesos productivos para poder enfrentar la competencia externa. Al nivel sectorial, esto puede haberse logrado mediante la entrada y salida de distintas empresas, por la incorporación de nuevas tecnologías, o por otros medios. Durante el período de la reforma arancelaria (hasta 1979), el sector que exhibió el mayor efecto dinámico fue "muebles" (de madera), el segundo fue "madera y productos de madera" y el tercero fue "pulpa y papel".

El hecho de que las industrias basadas en el recurso forestal se ajustaran tan bien a la apertura de la economía quizás puede explicarse por su traslado relativamente fácil hacia el mercado externo. Así, mientras que entre 1960 y 1974 el 91% de la producción de madera aserrada se destinaba al consumo interno y sólo el 9% a la exportación, entre 1975 y 1986 la participación de las exportaciones aumentó al 46%. De la misma manera, la fracción de celulosa exportada aumentó desde el 28% entre 1960 y 1974 hasta el 60% entre 1975 y 1986. Finalmente, es necesario notar que este cambio en la estructura de las ventas tuvo lugar sin que el volumen de la producción nacional dedicada al consumo interno cayera. Evidentemen-

te, estas industrias enfrentaron en forma exitosa el desafío de la competencia externa, lo cual constituiría otro indicador de las ventajas comparativas del sector forestal en Chile. Como todas utilizan al recurso forestal prácticamente en proporciones fijas, su crecimiento en los últimos catorce años se ha traducido en un aumento de la demanda por el bosque en pie, haciendo crecer su explotación y los ingresos para sus propietarios.

Simultáneamente con la reforma arancelaria, el gobierno también eliminó las trabas que existían en contra de la exportación de ciertos productos forestales. Con el Decreto Supremo N° 259 de julio de 1975, se estableció la libertad absoluta de exportación de todo producto forestal, en cualquier etapa de procesamiento, incluyendo troncos, astillas, madera aserrada o celulosa (se mantuvo, sin embargo, la prohibición total de explotar la Araucaria). A la vez, el Banco Central derogó el requisito de certificados de origen y calidad para poder exportar, junto con las "contingencias de exportación". Por supuesto, el efecto inmediato fue la eliminación del poder monopsonico que poseían las grandes empresas industriales del sector y el mejoramiento de los precios recibidos por los pequeños propietarios de bosques.

El impacto de estas medidas en el aprovechamiento del recurso forestal fue importante y rápido. Se presentan datos indicativos en el Cuadro N° 6, donde puede observarse que después de la recesión de 1975, el consumo de trozos de Pino Radiata, como insumo para las industrias tradicionales, creció fuertemente a pesar de la rebaja de la protección arancelaria y la eliminación del poder monopsonico. Por lo tanto, la exportación más intensiva del bosque, tal como se demostró anteriormente. La utilización total de madera en trozos aumentó en 91% entre 1974 y 1979, mientras que la exportación de trozos creció desde el 0,1% de ese total en 1975 al 3% en 1977, 10% en 1978 y 11,6% en 1979 (porcentaje que prácticamente se ha mantenido hasta 1986).

Un tercer aspecto de la orientación hacia el comercio exterior se refiere a la política cambiaria. Aunque ya en 1981, casi todas las exportaciones forestales habían disminuido, es importante advertir que la mayor caída ocurrió en los rubros madera aserrada y madera en trozos, y la explicación predominante de esa caída fue un problema político que surgió con la República Argentina en 1981, con lo cual ese país efectivamente cerró sus fronteras frente a las exportaciones chilenas. Así, tomando en cuenta ese problema de causa no económica, no hay evidencia clara de que la disminución del tipo de cambio real entre 1979 y 1982 perjudicara mayormente los volúmenes exportados de productos forestales. Más bien, el punto bajo para el sector coincidió con el peor año de la recesión mundial.

A raíz de esa "recesión de la deuda", y después de varios meses de vacilación e incertidumbre respecto a las políticas fiscal, cambiaria y arancelaria, a comienzos de 1985 el gobierno optó por un conjunto de políticas económicas consecuentes con el endeudamiento del país, la mantención de la estabilidad macroeconómica y el fomento de las exportaciones en general, principalmente a través de un tipo de cambio real alto. Esta nueva política, el llamado "ajuste estructural", junto con la mantención de aranceles bajos (aunque a niveles mayores que el 10% anterior) y parejos y la falta de trabas a la exportación, ha sido sin lugar a dudas un elemento fundamental en la recuperación de las exportaciones tradicionales de productos forestales, así como en la incorporación de los otros productos nuevos de exportación.

Finalmente, dentro de este primer conjunto de políticas aperturistas, la legislación respecto a la inversión extranjera ha tenido y seguirá teniendo, al menos por lo que indican los hechos ocurridos en los últimos meses, una importancia crucial para el desarrollo industrial del sector forestal. Confiando en las provisiones del D.L. 600, inversionistas extranjeros han estado incurriendo en las distintas ramas del sector a lo largo de la última década. Especialmente destacada ha sido la cooperación técnica brindada por los neozelandeses, además de sus inversiones directas. En los dos últimos años, debido a los mecanismos de capitalización de la deuda externa, la participación de empresas extranjeras ha experimentado un auge espectacular.

Para apreciar el orden de magnitud de esta actividad, considérense primero algunas de las proyecciones que se han preparado sobre las necesidades de inversión para el desarrollo futuro del sector forestal chileno. En el estudio del Banco mundial (Banco Mundial, 1986) se estimó que entre 1985 y el año 2000, la inversión requerida ascendería a los US\$ 2.500 millones. Parte importante de ese esfuerzo sería dedicado a la expansión de la capacidad de producción de celulosa. Asimismo, en un estudio del año 1985, cuando el país recién había comenzado a salir de la recesión, Lüders proyectó que las inversiones en plantas de pulpa serían "de tal envergadura que aún un sector privado chileno sano no las podrían haber financiado en el breve plazo presupuestado (1985-1995), sin la cooperación del capital extranjero o del Estado". (Lüders R., Marzo 1985). Sin embargo, con la decidida participación de empresas extranjeras, ya están en marcha y financiadas inversiones (exclusivamente del sector privado) en plantas de celulosa que representan un crecimiento anual en capacidad que excede en un 50% del ritmo proyectado por el Banco Mundial y que permitirán disponer en 1992 de una capacidad instalada adicional un 40% mayor que la proyectada en el estudio de Lüders.

El segundo conjunto de políticas que ha tenido especial incidencia en el crecimiento explosivo de las exportaciones forestales se refiere a las **reformas efectuadas en todos los aspectos operativos de los puertos marítimos del país**. Primero, en 1980 se aprobó la legislación que eliminó (salvo en casos de reciprocidad) la reserva de carga para la marina mercante chilena. Esta medida, junto con decisiones administrativas respecto a la exigencia de emplear únicamente tripulaciones chilenas, permitió a los exportadores chilenos un acceso a nuevas alternativas para la contratación del transporte marítimo, lo cual, al debilitar los poderes monopólicos que antes habían regido en la prestación de este servicio, tuvo el efecto neto de rebajar los costos promedio del flete marítimo.

**Segundo**, y en la práctica mucho más importante, a partir de 1979 se comenzó a abrir las operaciones de embarque y desembarque en los puertos públicos del país, junto con las inversiones correspondientes, a los interesados del sector privado. Además, en 1981 se rompió el fuerte monopolio que poseían los estibadores, al eliminar como requisito para trabajar en los puertos la tarjeta de identificación del estibador (Wisecarver, D., 1986). Estos pasos, más el cambio que permitió el trabajo portuario durante los tres turnos (en vez de uno y medio, con el medio turno a un costo doble o mayor aún) han tenido impactos muy considerables en el rendimiento en los puertos y en el costo de embarque, tal como se puede apreciar en el Cuadro 8, efectos que evidentemente constituyen un factor más que ayuda a explicar el surgimiento del sector forestal como un generador de divisas para el país.

## CONCLUSION Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

Toda estimación del potencial futuro del sector forestal debe partir de la disponibilidad del recurso, y determinar la magnitud de este parámetro podría parecer un ejercicio relativamente fácil, ya que actualmente se conoce el volumen de las plantaciones y las características del manejo. Por eso, estimar la oferta que habrá en 20 años más, dentro de ciertos rangos, pareciera ser una especie de cálculo mecánico. Sin embargo, como lo que interesa es la oferta flujo en el tiempo, dicha proyección no es tan fácil, puesto que influyen en ella una serie de factores físicos y económicos, incluyendo la tasa futura de plantación, el tipo de manejo, la evolución de la demanda por los distintos productos y, por tanto, el período de rotación, etc.

Existen varios estudios que han pretendido proyectar la disponibilidad futura del recurso forestal y los productos derivados. Quizás el más completo es "Disponibilidad de madera de Pino Radiata en Chile, 1986-2015", preparado por la Subcomisión de Inversiones Forestales. Esta proyección concluye que, en base a una tasa supuesta de plantación de 57.000 hectáreas por año y una rotación mínima de 20 años, "la disponibilidad total de madera experimentará

un lento crecimiento en el próximo sexenio y después crecerá fuertemente hasta duplicarse a fines de siglo, para terminar triplicándose al final del período de proyección (6). Aunque otros estudios llegan a resultados que difieren en detalle, los órdenes de magnitud de la oferta total en el largo plazo siempre giran en torno al triple de la oferta total actual (Banco Mundial, 1986, pág. 15).

Respecto a la distribución de los productos finales que se producirían y a los volúmenes que serían exportados, las proyecciones se complican enormemente, debido a la proliferación de distintas variables que habría que tomar en cuenta. Por eso, el intento de especificar volúmenes o, por ejemplo, ingresos futuros de divisas sería poco más que un ejercicio especulativo. Lo que sí se puede afirmar es que, independientemente de la importancia del sector forestal para el país, a nivel mundial Chile nunca llegará a tener un tamaño suficiente como para influir en el precio de los productos tradicionales, estándares o poco elaborados de exportación, tales como trozos para aserrar, madera aserrada para embalajes, madera pulpable, pulpa química y papel para periódicos. Esta afirmación se basa en el hecho de que las exportaciones forestales de Chile constituyen tan sólo el 2% del comercio mundial de productos forestales. Por lo tanto, aún suponiendo valores excesivamente pequeños para la elasticidad-precio tanto de la demanda mundial por estos productos como de su oferta de parte de los países competidores, se puede demostrar que Chile será un tomador de precios, sea cual sea el volumen de sus exportaciones en el futuro previsible. En cambio, en la medida en que el país siga explorando productos no tradicionales y/o logre que el Pino Radiata sea aceptado como madera apta para la construcción y otros usos más "nobles", el rendimiento económico del recurso aumentará en relación a la alternativa de confiar en los productos tradicionales. En tales productos específicos, la cuestión de un eventual poder de mercado no puede descartarse.

Por otro lado, aún para cualquier caso base, dadas las plantaciones ya existentes, todos los análisis serios del desarrollo futuro del sector han enfatizado el hecho de que se requerirá un volumen apreciable de nuevas inversiones en equipos de extracción y plantas de procesamiento. Tal como se señaló en la sección anterior, inversionistas nacionales y extranjeros, han anunciado sus intenciones de comenzar varios de los proyectos requeridos, y el estado está investigando activamente la oportunidad de emprender nuevas inversiones complementarias de infraestructura. Sólo con el paso del tiempo se averiguará si se mantienen las condiciones y la confianza necesaria para que los agentes privados lleven a cabo los restantes proyectos para permitir el pleno y económico aprovechamiento del recurso que sí va a estar disponible.

Este último comentario es parte íntegra de la conclusión del presente análisis. La política forestal se ha mostrado altamente efectiva en conducir a un enorme crecimiento en el volumen del recurso forestal, pero la mera existencia del recurso no basta para realizar su potencial contribución a la riqueza del país. Para ello, también se requiere de todo un conjunto de otras políticas económicas que permitan que el recurso sea aprovechado de la manera más completa y más económica que sea consecuente con las demás condiciones del país. Las políticas de apertura al comercio exterior y de eficiencia en la operación de los puertos, y la garantía de derecho de propiedad, han probado ser eficaces hasta la fecha en el fomento de la producción de los bienes derivados del bosque chileno, y por tanto en el desarrollo de la explotación de los bosques. Si se mantienen estas políticas relacionadas y consecuentes, entonces, con el enorme volumen de recurso forestal que vendrá en el futuro, aún a raíz solamente de inversiones ya efectuadas, el sector forestal de verdad promete ser un efectivo generador de riqueza para Chile.

(6) Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile. 1986-2015. Subcomisión de Inversiones Forestales. INFOR, Santiago, Mayo 1987. Página resumen. Para un mayor detalle respecto a la metodología utilizada, los supuestos involucrados, y los resultados numéricos alcanzados, el lector interesado puede referirse a este documento. Para un resumen más **reader friendly** de este mismo estudio, véase Cabrera J. Disponibilidad de Madera de Pino Radiata Ciencia e Investigación Forestal, Vol. I N° 1, INFOR, Santiago, Junio 1987.

**CUADRO I**  
**PLANTACIONES DE PINO RADIATA**  
**1931 - 1987**

AÑO	TOTAL PAIS	SECTOR PRIVADO	PRIVADO SIN SUBSIDIO
1931-1934	921	—	—
1935-1939	4.395	—	—
1940-1944	27.003	—	—
1945-1949	69.858	—	—
1950-1954	86.233	—	—
1955	6.580	—	—
1956	8.600	—	—
1957	9.666	—	—
1958	9.592	—	—
1959	6.595	—	—
1960	9.240	—	—
1961	8.670	—	—
1962	8.002	—	—
1963	8.883	—	—
1964	8.402	—	—
1965	10.554	—	—
1966	12.864	—	—
1967	14.487	—	—
1968	16.566	—	—
1969	20.592	—	—
1970	30.473	16.497*	—
1971	30.996	11.399*	—
1972	35.111	6.856*	—
1973	33.045	2.897*	—
1974	39.113	21.052	21.052
1975	58.074	38.463	34.028
1976	91.206	55.635	8.461
1977	61.903	48.499	14.825
1978	62.274	52.486	14.171
1979	52.020	51.543	5.888
1980	58.402	58.317	31.577
1981	81.414	81.385	32.702
1982	56.099	56.058	4.534
1983	57.855	36.044	16.490
1984	76.692	36.390	4.664
1985	80.246	56.053	22.251
1986	55.058	55.058	n.d.
1987	55.386	55.386	n.d.

Fuente: Para el período 1931-1954, "Inventario de las Plantaciones Forestales de la Zona Centro Sur de Chile". Instituto Forestal. Informe Técnico N° 24. Santiago, Mayo 1966, página 21. Para el período 1955-1964, Banco Mundial, Op. cit., pág. 69. Para la columna "total", 1965-1985, "Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile, 1986-2015", Subcomisión de Inversiones Forestales. INFOR-CORFO, Santiago, Mayo 1987, pág. 44.

Las cifras marcadas con asterisco son de Aninat, Claro y Méndez, Op. cit. pág. 21. Para las demás cifras, "Estadísticas Forestales 1986", INFOR, Santiago, Junio 1987. pág. 30, 32 y 40.

**CUADRO 2**  
**PRODUCCION FISICA DE PRODUCTOS FORESTALES**  
**1930 - 1987**

Año	Madera Aserrada		Pulpa (mecán. y qui. miles de ton.	Papel p/Period. miles de toneladas	Otros Papeles y Cartones miles de ton.	Tab. Contrach. y Chapas miles de ton.
	(miles de m <sup>3</sup> )	(% de Pino Radiata)				
1930	111,4	0,5	—	—	—	—
1935	550,9	0,3	—	—	—	—
1940	646,6	6,3	—	—	—	—
1945	862,1	4,4	—	—	—	—
1950	618,6	9,5	19,9	11,0	33,8	6,5
1951	536,2	5,1	20,3	11,0	34,8	7,8
1962	509,5	10,7	21,0	11,7	36,0	7,2
1953	692,2	6,5	19,1	9,4	41,7	7,8
1954	585,0	15,9	—	—	—	7,8
1955	606,8	13,9	20,0	11,5	55,9	7,2
1956	684,4	9,4	20,0	11,2	55,0	2,6
1957	496,1	10,9	23,7	20,2	50,6	5,4
1958	564,0	27,1	47,1	43,9	48,7	4,5
1959	646,2	31,7	60,2	48,6	56,7	10,7
1960	680,6	29,6	104,9	51,6	54,3	15,4
1961	765,1	18,9	145,5	62,4	61,0	17,3
1962	775,8	22,5	146,0	54,0	71,3	18,7
1963	810,2	29,4	171,7	59,8	77,1	20,5
1964	1.033,0	44,5	175,0	80,8	64,9	21,5
1965	994,1	48,2	199,0	96,6	74,0	27,6
1966	1.061,8	54,4	216,6	112,1	112,0	34,1
1967	850,5	55,1	308,5	108,8	125,9	28,2
1969	996,1	57,6	278,5	115,7	114,3	42,7
1969	1.012,3	52,8	389,7	118,4	159,3	41,9
1970	976,4	65,2	325,5	124,4	122,4	41,9
1971	1.046,8	70,1	345,4	111,2	166,6	47,9
1972	1.113,6	66,0	345,0	94,7	177,3	46,5
1973	932,4	67,5	260,3	105,1	145,9	49,3
1974	1.398,5	77,5	432,8	118,2	188,7	50,6
1975	960,0	77,5	435,8	119,7	145,8	32,9
1976	1.223,3	94,4	514,5	133,0	165,1	46,3
1977	1.335,0	96,7	603,3	132,2	167,4	55,8
1978	1.475,0	91,7	665,0	131,9	168,6	71,2
1979	2.195,6	85,2	700,8	134,4	171,2	86,4
1980	2.249,4	84,4	763,1	131,0	195,3	88,1
1981	1.731,9	84,0	742,6	130,7	148,2	105,3
1982	1.172,4	86,4	667,8	124,4	145,3	92,3
1983	1.606,2	88,0	796,1	155,2	169,6	104,8
1984	2.001,5	85,4	839,4	170,4	204,6	134,5
1985	2.190,6	85,4	837,3	172,1	197,3	163,2
1986	2.025,9	86,2	847,5	168,8	219,4	164,6
1987	2.677,1	86,3	861,0	179,5	262,4	182,6

Fuente: Estadísticas Forestales 1987, INFOR, Santiago, Agosto 1988.

**CUADRO 3**  
**EXPORTACIONES DE PRODUCTOS FORESTALES**  
**1930-1987**

Año	Madera Aserrada (miles de m <sup>3</sup> )	Pulpa de Madera (miles de toneladas)	Papel para periódico (miles de toneladas)	Tableros, Contrach. y Chapas (miles de toneladas)	Cartulina p/tarjetas perforadas (miles de toneladas)	Exportaciones Totales	
						Millones de US\$ FOB	% de exp. nacional
1930	28,8	—	—	—	—	—	—
1935	30,7	—	—	—	—	—	—
1940	18,5	—	—	—	—	—	—
1945	54,7	—	—	—	—	—	—
1950	176,3	—	—	—	—	—	—
1955	198,7	—	—	—	—	—	—
1960	31,9	13,7	28,9	—	—	—	—
1961	68,2	34,0	33,7	—	—	12,0	2,6
1962	47,3	23,9	24,9	—	—	9,7	1,9
1963	46,6	15,5	30,5	0,4	—	8,0	1,6
1964	108,0	11,5	39,1	1,0	—	9,7	1,6
1965	100,2	18,2	61,3	1,2	—	13,7	2,0
1966	64,6	59,4	64,7	1,0	0,3	21,6	2,5
1967	48,2	77,7	66,9	0,1	14,2	26,9	3,1
1968	71,2	118,2	61,1	0,3	14,8	28,2	3,1
1969	156,7	121,2	71,9	2,0	14,0	36,3	3,1
1970	150,3	105,3	78,3	0,5	18,2	41,7	3,8
1971	171,1	109,3	63,9	1,3	15,9	42,5	4,4
1972	63,4	121,3	34,0	0,0	12,5	31,6	3,8
1973	67,4	97,3	32,7	0,0	10,8	36,4	2,9
1974	132,6	180,6	77,5	0,1	14,2	127,0	5,9
1975	256,5	177,4	78,3	2,0	11,6	125,5	8,1
1976	412,5	283,5	92,9	11,5	14,7	169,2	8,1
1977	684,4	338,8	87,4	12,7	12,2	180,6	8,2
1978	795,1	437,7	76,7	18,1	13,3	236,9	9,8
1979	1.081,2	431,2	75,5	24,6	22,6	349,5	9,0
1980	1.295,4	414,8	65,4	28,7	15,0	468,1	10,1
1981	864,7	410,4	42,7	22,0	13,6	353,3	9,0
1982	618,7	462,1	54,9	34,6	9,0	332,1	9,0
1983	754,9	523,4	92,2	34,1	8,5	326,2	8,5
1984	885,8	492,7	110,4	41,4	14,0	382,7	10,5
1985	706,0	503,1	116,4	43,1	10,3	334,6	8,8
1986	866,4	565,2	131,5	43,4	5,2	403,1	9,6
1987	1.109,9	524,6	126,4	45,9	6,3	577,7	11,1

Fuente: Estadísticas Forestales 1986, INFOR Santiago, Junio 1987. Para 1987.

Exportaciones Forestales Chilenas (Enero-Diciembre 1987). INFOR, Santiago, Enero 1988, pág. 15.

**CUADRO 4**  
**COSTO POR HECTAREA DE PINO RADIATA**  
(en US\$)

Año	Plantación	Mantención	Poda / Raleo	Gastos fijos y Generales	Total
1	210	10,50	—	88,20	308,70
2	—	10,50	—	4,20	14,70
3	—	10,50	—	4,20	14,70
4	—	6,30	—	2,52	8,82
5	—	6,30	42,00	19,32	67,62
6	—	6,30	—	2,52	8,82
7	—	6,30	21,00	10,92	38,22
8	—	6,30	—	2,52	8,82
9	—	6,30	21,00	10,92	38,22
10	—	6,30	—	2,52	8,82
11	—	6,30	21,00	10,92	38,22
12	—	6,30	168,00	69,72	244,02
13	—	6,30	—	2,52	8,82
14	—	6,30	—	2,52	8,82

Fuente: Chile: Forest Industries Subsector Study, Banco Mundial, Op. cit. pág. 74.

**CUADRO 5**  
**BOSQUE DE PINO RADIATA DISTRIBUIDO POR EDAD**  
(hectáreas)

RANGO DE EDAD EN AÑOS	AL MES DE DICIEMBRE DE		
	1965	1980	1986
1-5	19.663	303.994	325.122
6-10	52.612	192.220	315.261
11-15	86.233	76.959	255.438
16-20	69.858	51.974	113.799
21-25	27.003	44.655	36.986
26-30	4.395	33.898	19.483
31 y más	921	13.239	14.402
Memo: total	32.319	91.792	70.871
21 años y más			

Fuente: Para 1965, Inventario de las Plantaciones Forestales de la Zona Centro Sur de Chile, INFOR, Santiago, Mayo 1966, pág. 21. Para 1980, Estadísticas Forestales 1980, CONAF-INFOR, Santiago, Agosto 1981, pág. 24. Para 1986, Estadísticas Forestales 1986, INFOR, Santiago, Junio 1987, pág. 27.

**CUADRO 6**  
**UTILIZACION DE LA MADERA EN TROZO DE PINO RADIATA**  
 (miles de m<sup>3</sup>)

Año	Pulpa Mecánica	Pulpa Química	Madera Aserrada	Tableros y Chapas	Total usos tradicionales	Exportaciones de trozos
1974	297,6	1.600,4	2.300,0	108,1	4.306,1	0,0
1975	275,0	1.661,6	1.555,0	62,1	3.553,7	6,2
1976	311,4	1.989,0	2.413,0	83,3	4.796,7	17,0
1977	313,3	2.417,4	1.870,8	128,6	4.730,1	146,7
1978	323,4	2.731,3	2.826,9	129,4	6.011,0	674,4
1979	325,8	2.871,7	3.909,7	163,0	7.270,2	954,1

Fuente: Estadísticas Forestales 1986, INFOR, Santiago, Junio de 1987, pág. 47.

**CUADRO 7**  
**NUEVOS PRODUCTOS DE EXPORTACION**  
 (1974 - 1987)

AÑO	MADERA EN TROZOS (miles de m <sup>3</sup> )	MADERA PULPABLE		MADERA ELABORADA (miles de m <sup>3</sup> )
		Trozos (miles de m <sup>3</sup> )	Astillas (miles de toneladas)	
1974	0,0	0,0	0,0	0,0
1975	6,2	0,0	0,0	0,0
1976	17,0	0,0	0,0	0,0
1977	147,6	0,0	0,0	0,0
1978	679,2	0,0	0,0	0,0
1979	965,7	0,0	0,0	0,0
1980	1.052,4	0,0	0,0	0,0
1981	361,0	0,0	0,0	0,0
1982	892,0	0,0	0,0	0,0
1983	1.026,3	0,0	0,0	3,9
1984	905,6	0,0	0,0	15,8
1985	1.259,5	13,9	0,0	72,1
1986	1.024,9	138,8	124,2	117,7
1987	1.219,8	676,7	452,5	142,4

Fuente: Estadísticas Forestales 1986, INFOR, Santiago, Junio 1987. Para 1987, Exportaciones Forestales Chilenas (Enero-Diciembre 1987), INFOR, Santiago, Enero 1988, pág. 15.

**CUADRO 8**  
**RENDIMIENTOS Y COSTOS DE EMBARQUE EN LOS PUERTOS DE**  
**LA VIII REGION**

	1 9 8 2	1 9 8 4
<b>RENDIMIENTOS</b>		
Celulosa (toneladas / día)	1.800 / 2.000	5.000 / 6.000
Troncos (m <sup>3</sup> /día)	2.800	5.500
Madera (m <sup>3</sup> /día)	2.500	5.000
<b>COSTO ESTIBA</b>		
Celulosa (US\$/toneladas)	8,00	2,00
Papel (US\$/toneladas)	9,00	2,50
Troncos (US\$/m <sup>3</sup> )	4,50 / 5,00	1,00
Madera (US\$/m <sup>3</sup> )	6,00	1,30

Fuente: J.M. Mendia Situación portuaria, documento de trabajo, Abril 1984.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AEDO, C. Y LAGOS, L.F. "Protección Efectiva en Chile, 1974-1979". Documento de Trabajo N° 94. Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile. Santiago. 1984.
2. ANINAT, CLARO Y MENDEZ, Economistas Consultores Asociados Ltda. "Estudio Económico de los Costos y Beneficios Asociados al D.L. 701 de Fomento Forestal", Santiago, 1982.
3. BANCO MUNDIAL, "Chile Forest Industries Sub-sector Study", Washington, 1986.
4. CABRERA, J. "Disponibilidad de Madera de Pino Radiata". Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 1, N° 1 INFOR, Santiago, Junio 1987.
5. CAUAS, J. Y DE LA CUADRA, S. "La Política Económica de la Apertura al Exterior en Chile", Cuadernos de Economía, Agosto-Diciembre 1981.
6. DE LA CUADRA, S. Y HACHETTE, D. "The Timing and Sequencing a Trade Liberalization Policy. The Case of Chile" (documento preparado para el Banco Mundial) Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile. Santiago, Diciembre 1986.
7. GANA, J. "Análisis y Perspectivas del Sector Forestal", Tesis Ing. Ind. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, 1982.
8. INSTITUTO FORESTAL (INFOR) "Inventario de las Plantaciones Forestales de la Zona Centro Sur de Chile", Informe Técnico N° 24, Santiago, Mayo 1966.
9. Boletín Estadístico Anual, 1974, Santiago, 1974.
10. INFOR-CORFO, Estadísticas Forestales 1985, Santiago, Junio 1986.
11. Estadísticas Forestales 1986, Santiago, Junio 1987.
12. "El Mercado Internacional y las Exportaciones Forestales Chilenas", Informe Técnico N° 110, Santiago, Octubre 1987.
13. "Exportaciones Forestales Chilenas (Enero-Diciembre 1987)" Santiago, Enero 1988.
14. LUDERS, R. "Inversiones Agrosilvícolas para la Exportación" Departamento de Economía Agraria, Universidad Católica de Chile, Santiago, Marzo 1985.
15. MENDIA, J. "Situación Portuaria", Documento de Trabajo, Abril 1984.
16. SJAASTAD, L. "Protección y el Volumen de Comercio: La Evidencia": Cuadernos de Economía, Agosto-Diciembre 1981.
17. SUBCOMISION DE INVERSIONES FORESTALES, "Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile: 1986-2015", INFOR-CORFO, Santiago, Mayo 1987.
18. WISECARVER, D. "Regulación y derregulación en Chile, Septiembre 1973-Septiembre 1983", Estudios Públicos, Otoño 1986.

## EVALUACION DE LA INVESTIGACION FORESTAL UNA VISION GENERAL

José Antonio Prado D. (\*)

### RESUMEN

La evaluación de los programas de investigación se hace cada día más necesaria, ya que existe una creciente necesidad por justificar las inversiones en investigación y por demostrar que los fondos asignados son efectiva y eficientemente empleados.

Este trabajo presenta diversas alternativas para la evaluación de proyectos o programas de investigación, analizando cada una desde el punto de vista de la investigación forestal.

Del análisis se concluye que la evaluación de proyectos de investigación forestal presenta mayores complicaciones que los de otras áreas, principalmente por la dificultad que existe para cuantificar sus beneficios.

### ABSTRACT

*The evaluation of research programs is becoming more important, since there is an increasing need to justify investment in research and to demonstrate that the funds made available are affectively and efficiently used.*

*This paper presents different approaches for research evaluation, analysing them from a forestry research point of view.*

*The main conclusion indicates that forestry research evaluation can be more complex than the evaluation of research in other areas, because of the difficulty to find a quantitative measure of the benefits produced by research.*

---

(\*) Ingeniero Forestal, M.Sc., Jefe División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554 - Piso 4 - Santiago Chile.

## INTRODUCCION

Durante los últimos años, tanto las instituciones estatales como las empresas privadas han mostrado una mayor preocupación en cuanto a la forma de definir criterios para la asignación de recursos para investigación.

En instituciones públicas, como el Instituto Forestal, existe una creciente necesidad por justificar las inversiones en investigación y por demostrar que los fondos asignados son efectiva y eficientemente empleados. Esta necesidad se ha hecho más urgente en los últimos años, ya que la tendencia mundial por privatizar también ha afectado a la investigación, sugiriendo que el Estado debe transferir esta responsabilidad, en cuanto sea posible, al sector privado.

Para demostrar la eficiencia y así justificar la asignación de recursos a programas de investigación, es necesario disponer de un adecuado sistema de evaluación.

Los sistemas tradicionales de evaluación que sólo consideran los avances de un programa en relación al plan de trabajo original; la calidad de la investigación realizada y el empleo del dinero de acuerdo al presupuesto aprobado, aun cuando son eficientes para algunos propósitos, no entregan suficiente información para evaluar los beneficios reales de la inversión que el Estado o la empresa realizan en programas de investigación. Es por esto que existe la necesidad de generar sistemas de evaluación más precisos, que permitan estimar los beneficios económicos y el verdadero impacto de la investigación en la sociedad.

Hoy, en Chile, existe preocupación por el funcionamiento de los organismos de investigación existentes, por los programas que éstos desarrollan, la asignación de fondos y la transferencia de nuevas tecnologías que resultan de los procesos de investigación y desarrollo. Esto queda de manifiesto en el nuevo Plan Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

No existe duda en cuanto a la necesidad y utilidad de la investigación en el sector forestal. Este hecho, sin embargo, no es suficiente para tomar decisiones en cuanto a la asignación de recursos, debido a que existe escasa información cuantitativa en cuanto a los beneficios producidos por la investigación.

En el mundo, desde hace muchos años, se ha realizado un importante esfuerzo de investigación relacionado con la evaluación económica de proyectos de investigación agrícola. Se han desarrollado diversas alternativas para evaluar los retornos económicos y los beneficios sociales producidos por la inversión realizada en los programas de investigación, empleándose esta información en la asignación de nuevos recursos (Bengston, 1986).

En el sector forestal, en cambio, esta actividad es más reciente. Durante los últimos años, el Servicio Forestal de los Estados Unidos ha dedicado un considerable esfuerzo para desarrollar metodologías que permitan estimar cuantitativamente los beneficios de la investigación forestal (Burns, 1986; Risbrudt and Jakes, 1985; Jakes and Leatherberry, 1986; Callahan, 1981).

Simultáneamente, la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) estableció dos secciones cuyo principal objetivo es la evaluación de investigación. Estas son: Evaluación de Investigación Forestal (S6.01 - 01) y Evaluación de la Contribución de la actividad forestal en el desarrollo Económico (S4.05 - 01).

Las técnicas de evaluación de la investigación agrícola e industrial han constituido la base sobre la cual desarrollar una metodología para la evaluación de la investigación forestal, ya que esta no difiere significativamente de las otras.

A pesar de estas similitudes, la evaluación de la investigación forestal es más diversa, debido, en parte a su amplio espectro de acción y principalmente a la dificultad para medir el efecto de la investigación en la productividad. Esto es el principal problema con que se enfrenta quien quiere evaluar proyectos de investigación forestal (Fedkiw, 1985).

Hasta el momento, la mayoría de la evaluación económica de proyectos de investigación forestal se ha centrado en procesos industriales o en algunos programas en donde "inputs" y "outputs" son fáciles de medir o estimar.

Estos estudios, como muchos de investigaciones agrícolas, han entregado altas tasas internas de retorno (TIR) indicando que el trabajo destinado a mejorar o desarrollar productos o a reducir sus costos de producción es altamente rentable.

Este hecho indica que existe la oportunidad de obtener un considerable beneficio social al aumentar la inversión en programas de investigación. Hyde, (1985), comentando sobre el estado de la investigación en Estados Unidos, dice que podría gastarse mucho más dinero en investigaciones antes de que los retornos marginales caigan a niveles comparables a los de inversiones marginales en otros sectores de la economía. Esto sugiere que en los Estados Unidos, a pesar del gran volumen de investigación forestal que se realiza, aún no se invierte lo necesario. Hyde (1986) también comenta que el resultado de sus investigaciones señala que los retornos de las inversiones públicas en investigación son muy superiores a los retornos producidos por muchas otras actividades del manejo forestal, tales como preparación de sitio, fertilización, raleos y otros.

Existen muchos problemas asociados a la evaluación económica de programas de investigación. La estimación de los costos y beneficios; la evaluación del impacto real que produce la investigación; la determinación del período apropiado para obtener los beneficios de la investigación y la evaluación del efecto de transferencias desde otros programas de investigación sobre el mismo tema, son algunos de ellos. Para superarlos se requiere gran cantidad de información, la que no siempre está disponible, lo cual conduce a que la mayoría de las evaluaciones se basen en un gran número de supuestos. En muchos casos, ni estos son confiables, por lo que una evaluación económica no es realizable.

Otro problema propio de la investigación forestal es la gran variedad de temas que involucra, desde investigación biológica básica hasta investigación aplicada, a veces en el área social, lo cual requiere de diversas alternativas de evaluación. Frente a esto, no puede suponerse que exista una sola metodología aplicable a la evaluación de toda la investigación forestal.

Por último, la evaluación de la investigación forestal no podría tomarse sólo como un análisis económico de un determinado programa, si no que debe ser llevada a cabo dentro de un contexto más amplio, dentro de un marco que considere políticas de investigación y planificación estratégica.

## ALTERNATIVAS PARA LA EVALUACION DE LA INVESTIGACION

Existen muchos factores que inciden en los procesos de evaluación. La naturaleza del programa a evaluar, los objetivos de la evaluación y los usuarios de los resultados de esta son los de más importancia.

La investigación aplicada, con objetivos bien definidos, tales como reducir costos de producción, aumentar productividad, reducir el largo de la rotación, en donde "inputs" y "outputs" pueden ser claramente identificados y valorados, es la más apropiada para una evaluación económica, que determine una relación entre costos y beneficios, mediante el empleo de algún indicador (TIR, VAN, Tasa Marginal de Retorno).

La investigación básica, con objetivos menos definidos, o muchas veces con una considerable incertidumbre en cuanto al éxito y posterior aplicabilidad de los resultados, es mucho más difícil y a veces imposible de evaluar mediante un análisis económico, por lo tanto debe ser evaluada empleando otros métodos.

Al seleccionar el método de evaluación es importante tener claro quienes serán los usuarios de la información obtenida. Personas de distintos niveles dentro de la empresa o institución requieren de diferente información.

A nivel estatal, la gente que distribuye los fondos para la investigación, debería disponer de información sobre los potenciales costos y beneficios sociales de los programas de investigación alternativos, de modo de poder justificar sus decisiones. A nivel de dirección institucional, la evaluación se requiere para justificar los fondos solicitados y luego distribuirlos y administrarlos en forma eficiente. A estos dos niveles la evaluación económica puede ser la más apropiada.

En cambio, el encargado de un proyecto de investigación, al evaluar su programa, quiere conocer la efectividad y eficiencia de los investigadores, la calidad de la investigación realizada y en general, realizar cambios que mejoren el programa. En este caso el análisis económico no proveerá suficiente información.

En consecuencia, antes de decidir sobre un método de evaluación es importante tener una idea clara del tipo de proyecto que se va a evaluar y saber quién será el usuario de la información. Sólo en este punto se puede pensar en seleccionar el método apropiado. Si este se define anticipadamente, se le tratará de aplicar a cualquier tipo de investigación, forzando el proceso de evaluación para que calce con el método seleccionado. Esto puede ser un interesante ejercicio intelectual, pero no es un buen sistema para obtener resultados reales y útiles. Primero es necesario definir el problema y luego encontrar la herramienta adecuada para solucionarlo.

Dependiendo del momento en que se realiza la evaluación esta puede ser ex ante o ex post. La primera es empleada para evaluar los posibles impactos económicos o la factibilidad de un proyecto propuesto para su ejecución. La segunda permite evaluar un programa ya ejecutado o una etapa de éste.

Las evaluaciones ex ante son las más apropiadas cuando se trata de distribuir recursos; las ex post también pueden ser empleadas con este fin, pero no tan efectivamente.

A continuación se discuten brevemente diversas alternativas de evaluación, que pueden ser aplicadas a proyectos de investigación forestal.

### ALTERNATIVAS NO-ECONOMICAS

Como se discutió previamente, a veces la evaluación económica de la investigación no es posible, debido a la falta de información, o no es la más adecuada, dados los objetivos propuestos. En estos casos deberán emplearse alternativas de evaluación más tradicionales. Algunas de ellas se discuten a continuación.

#### Evaluaciones Ex post

Dado que estas evaluaciones se realizan una vez que ha finalizado el proyecto o una etapa muy definida de éste, se basan en sus registros históricos, cuyo análisis permitirá juzgar en qué grado se han alcanzado los objetivos propuestos. Estas evaluaciones permiten comprender en mejor forma el trabajo realizado con los recursos humanos y financieros disponibles, para así detectar en qué áreas técnicas y del conocimiento se encuentran las principales debilidades, lo cual permitirá superarlas en futuros proyectos.

Si la evaluación indica que se ha hecho un buen trabajo, que se han empleado bien los recursos, sus resultados servirán para convencer a quienes toman decisiones sobre la asignación de fondos para la investigación de que ésta es una área en que vale la pena seguir invirtiendo (Lundgren, 1983).

Como puede verse, la información generada por una evaluación *ex post* puede ser empleada como una herramienta de decisión al momento de asignar recursos. Su deficiencia radica en que las condiciones futuras pueden variar considerablemente en relación a las condiciones imperantes durante la ejecución del proyecto evaluado. Lo que fue importante en el pasado puede no serlo en el presente o en un futuro próximo, ya que los recursos, la tecnología y la sociedad cambian.

Fedkiw (1985) sostiene que las evaluaciones *ex-post* son de mayor utilidad cuando se emplean en grandes programas. La evaluación de proyectos individuales tiene poca utilidad para la toma de decisiones.

#### **a) Evaluación general**

La evaluación general se emplea para conocer el estado de funcionamiento de un área de investigación o de toda una institución.

Esta es una alternativa de evaluación global, que permite conocer el estado actual de la institución y establecer programas o ciertas políticas para el futuro.

Este tipo de evaluación es siempre muy subjetiva, ya que refleja los juicios personales de quienes evalúan. Como consecuencia de esto, las conclusiones obtenidas pueden ser discutibles e incluso desorientar a quienes las emplean para tomar decisiones.

Este tipo de evaluación prácticamente no provee información acerca de los costos y beneficios de la investigación.

La tendencia actual de evaluación tiende a evitar este tipo de acciones muy generales, tratando siempre de lograr información más precisa.

#### **b) Evaluación por expertos**

Esta alternativa de evaluación, que es conducida por un grupo de expertos en la materia del proyecto, es una práctica largamente empleada en la evaluación de la investigación forestal y de otras áreas de la ciencia.

Este tipo de evaluación pretende determinar la calidad científica y técnica de la investigación; la efectividad de la administración del proyecto y el grado de utilidad de los resultados obtenidos hasta ese momento.

El grupo evaluador deberá estar constituido por científicos y administrativos elegidos por su experiencia y conocimiento en las materias relacionadas con el programa en evaluación. Lo ideal para asegurar un juicio objetivo, es que el comité evaluador pertenezca a otra institución, o al menos a otra división u oficina regional.

Para una evaluación efectiva, los miembros del comité evaluador deben conocer de antemano el proyecto, por lo tanto se les deberá enviar la información necesaria con la debida anticipación.

Durante la evaluación propiamente tal, el o los encargados del proyecto deberán hacer una presentación al comité evaluador, el cual, si estima necesario, podrá obtener más información mediante preguntas, e incluso, entrevistas personales. Basado en estos antecedentes, el comité emitirá un juicio, con las recomendaciones que estime necesarias.

Este sistema ha probado ser muy adecuado para evaluar la eficiencia en el manejo de la investigación y para comparar los resultados con los objetivos originales del programa. Por el tipo de personas que evalúan, se supone que este sistema también permite evaluar la calidad científica con que se desarrolla el proyecto. Esto sólo se logra cuando se le dedica bastante tiempo a la evaluación, la cual, si es demasiado rápida sólo logrará juzgar los aspectos generales del proyecto, pero no la calidad de la ciencia.

Westgate y Bengston (1986) señalan que esta alternativa de evaluación es extremadamente práctica y que provee información de gran utilidad. Sin embargo, por sí sola, no entrega la información suficiente para juzgar el valor real de la investigación. Es necesario evaluar el impacto que sus resultados causan entre los usuarios previstos en los objetivos. Esto será más o menos difícil, dependiendo de los objetivos del proyecto.

A pesar de esta posible limitación, la evaluación por un comité técnico es muy usada (USA, Canadá) confirmando que una evaluación externa e independiente puede ser muy útil. (Westgate and Bengston, 1986).

La información que provee este tipo de revisión es muy amplia y será siempre importante. En consecuencia, no se debe pensar en reemplazarla por una evaluación cuyo único resultado sea un indicador numérico (VAN, TIR). Ambos tipos de evaluación son complementarios.

### *c) Otros procesos de evaluación*

Existen otros procesos que en cierta medida constituyen una evaluación de la investigación. Entre ellos se puede mencionar las memorias anuales, que a menudo describen programas e investigaciones realizadas, destacando las de mayor relevancia.

La planificación estratégica y los planes específicos de trabajo también implican un cierto monto de evaluación. Periódicamente, por lo general año a año, la totalidad de los proyectos o toda la institución deben desarrollar un programa de investigación para el siguiente período, lo cual exige una evaluación de lo realizado hasta ese momento, con el fin de determinar las necesidades para el período considerado en la planificación.

Al igual que todas las alternativas que no consideran análisis económico, estas evaluaciones son útiles para determinar prioridades generales de investigación, pero no permiten definir niveles de asignación de recursos, ya que ellos no consideran información relacionada con monto, distribución y oportunidad de los costos ni de los beneficios que pueden esperarse como resultado de la investigación.

### **Evaluaciones ex ante**

Las evaluaciones ex ante están concebidas para tomar decisiones sobre la ejecución de proyectos o programas alternativos. Desde el punto de vista de asignación de los recursos financieros, la evaluación ex ante es de mayor utilidad.

### *a) Modelos de puntaje*

Entre las evaluaciones que no consideran indicadores económicos, los modelos de puntaje pueden ser de gran utilidad para decidir entre programas alternativos o para definir áreas o temas prioritarios. Para esto, los programas alternativos de investigación son analizados desde varios puntos de vista (capacidad técnica, costos, posibles beneficios, plazos, etc.) dándose en cada caso un puntaje. (Seldon, 1983).

Esta técnica es útil como una herramienta de planificación y manejo, ya que entrega los elementos para la distribución de recursos a varios niveles. Este tipo de modelo ha sido empleado recientemente por el Servicio Forestal de los Estados Unidos para determinar áreas prioritarias de investigación en una planificación a 45 años plazo (Shafer and Davis, 1983).

Los modelos de puntaje pueden variar considerablemente en términos de complejidad. Algunos usan procedimientos simples, mientras que otros pueden emplear técnicas más complicadas para establecer las prioridades. Debido a esto, los requerimientos de información y su grado de procesamiento son altamente variables, desde apreciaciones cualitativas hechas por una persona, quien estima los beneficios esperados y los costos de diversos proyectos, hasta estimaciones hechas por un grupo de personas que analizan costos, beneficios, efectos colaterales, ponderan factores según distintos criterios, etc. (Bengston, 1986).

Este tipo de evaluación casi siempre requiere de una intensa participación de los investigadores involucrados en los distintos proyectos que se analizan, ya que como en toda evaluación ex ante, ellos deben proveer la mayoría de la información. Por esta razón, si los modelos son complicados, la evaluación puede tener un alto costo.

La principal crítica a este sistema es el posible sesgo impuesto por los intereses personales del evaluador, o especialmente de quien provee la información.

## ALTERNATIVAS ECONOMICAS

La demostración de la productividad y de los beneficios reales de un programa de investigación puede tener gran influencia cuando se trata de obtener los fondos para llevarlo a cabo. Como se comentó anteriormente, las formas tradicionales de evaluación en la investigación forestal no entregan esta información, lo cual, dados los requerimientos actuales, las hacen insuficientes.

Las posibles alternativas para evaluar el impacto económico de las inversiones en investigación forestal varían desde simples modelos de puntajes hasta complejos análisis de funciones de producción.

La evaluación económica de estos proyectos presenta una serie de dificultades, relacionadas, principalmente, con la estimación de los costos y beneficios de la investigación. El factor más importante, y que en gran medida determina la técnica de evaluación a emplear, es la disponibilidad de información.

Dado que la evaluación económica de la investigación forestal es una actividad relativamente nueva en el mundo, resulta normal que mucha de la información que se requiere para estimar el costo real de la investigación no haya sido registrada. Por ejemplo, en el Instituto Forestal sólo se han llevado los costos por proyecto en los últimos 10 años. Ante esto, para realizar una evaluación económica, habría que estimar los costos anteriores, lo cual sería una tarea extremadamente difícil, especialmente al tratar de estimar el tiempo dedicado por los investigadores a un determinado proyecto. Una evaluación de este tipo, basada en gruesos supuestos, sólo tendría un valor referencial.

También es necesario definir qué costos deben ser incluidos, estableciendo los límites del proyecto en evaluación. A veces será necesario definir arbitrariamente ciertos puntos desde los cuales se comienzan a considerar los costos (Bengston, 1983).

La estimación del tiempo dedicado a un proyecto puede hacerse en forma indirecta. Bengston (1983) indica que en los Estados Unidos para evaluar la investigación sobre un tablero de partículas estructural (SPB) fue necesario recurrir a las publicaciones originadas en ésta, dando un valor a cada una en base a costos promedios por "científico año" y considerando un número promedio de años para generar cada publicación. Este sistema puede dar una estimación adecuada en los Estados Unidos en donde los científicos están muy incentivados para publicar (Bengston, 1983) pero probablemente generaría una información muy poco confiable en el caso de Chile. Además, un científico, dependiendo del tipo de investigación que realice puede requerir de dos o diez veces más esfuerzo para producir una publicación que otro. Según Freeman (1974) (citado por Bengston, 1983) este método indirecto puede ser efectivo y entregar información confiable sólo si se aplica a un gran programa de investigación, en el cual las variaciones entre individuos puedan ser ignoradas.

Una manera alternativa de estimar los costos de un programa ya realizado es a través de los investigadores involucrados. Esto también tiene sus problemas. Fege (1985) indica que los investigadores normalmente conocen los costos de operación, pero no entregan estimaciones de su tiempo empleado ni tampoco de los costos indirectos. También es usual que un investigador

está participando en más de un proyecto de investigación y haga un manejo combinado de sus fondos disponibles. Este tipo de situación hace aún más difícil estimar los costos reales de un proyecto.

Por otro lado, la estimación de los beneficios producidos por la investigación presenta el mismo tipo de dificultades. Al igual que en la estimación de los costos, la disponibilidad de información es el problema fundamental.

¿Quién emplea los resultados de la investigación forestal? ¿En qué medida? ¿Cuáles son los efectos de una nueva tecnología o una nueva recomendación para el manejo de un bosque? ¿Cómo cuantificar los resultados de una investigación? ¿Quién analiza los beneficios? (por ejemplo: Un conservacionista fanático puede encontrar negativa la introducción de nuevas especies) ¿Cuánto tiempo transcurre hasta que se adopta una tecnología? ¿Por cuánto tiempo debe medirse el efecto producido por una investigación? ¿Qué límites deben considerarse? (Ejemplo: En el caso de la investigación sobre manejo en Nueva Zelanda ¿debería considerarse dentro de sus beneficios (o tal vez costos) el que los resultados se apliquen en Chile?). ¿Qué tasa de descuento debe emplearse? A todas éstas y muchas otras interrogantes se debe dar respuesta para poder obtener un indicador económico de los beneficios de un proyecto.

Esto es factible en la industria forestal, en donde es posible identificar y cuantificar la adopción de una nueva tecnología. Por ejemplo, si se desarrolla una nueva tecnología de secado es bastante fácil, al cabo de unos años, ver cuántas industrias la han adoptado. Los beneficios de esta nueva tecnología también son fácilmente cuantificables. Por esta misma razón es que la mayoría de las evaluaciones de investigación forestal hechas en Estados Unidos, están relacionadas con la industria. También se han evaluado algunos programas muy bien definidos, relacionados con mejoramiento genético y fertilización (Stier, 1985; Bare and Loveless, 1985).

En cambio es muy difícil o casi imposible determinar el número de usuarios, la tasa de adopción y los beneficios reales producidos por la investigación silvicultural, o cualquier tipo de investigación básica, ya sea biológica o ecológica.

Otro problema que puede ser particularmente importante es la dificultad para separar los efectos de un programa de investigación, ya que existen áreas muy relacionadas. Por ejemplo, la investigación silvicultural puede estar estrechamente relacionada con la investigación sobre fertilización, pesticidas, mejoramiento genético, etc. ¿Cuánto de la ganancia obtenida debe atribuirse a cada investigación?

Otro aspecto importante es la evaluación de los flujos de información provenientes de otros programas de investigación, sean éstos nacionales o extranjeros. Por ejemplo, los posibles beneficios de la introducción de nuevas especies pueden asociarse, en gran medida, al programa realizado por el Instituto Forestal, pero también debería considerarse el efecto de otros programas de menor envergadura, realizados por otras instituciones. El flujo de información desde el exterior, en este caso es mínimo. Lo opuesto sucede con la silvicultura del Pino Insigne, en donde gran parte de la información proviene de investigaciones realizadas en otros países, principalmente en Nueva Zelanda, lo cual hace difícil evaluar el efecto que la investigación local puede haber tenido en el manejo de esta especie.

El alcance de los efectos de un programa de investigación es también difícil de visualizar. Por ejemplo, muchas veces no es posible prever el efecto que una nueva tecnología (maquinaria) puede tener en el empleo.

Todos estos problemas o limitaciones surgen al intentar una evaluación ex post, pero también son válidas para evaluaciones ex ante, en donde la mayoría de la información se obtiene empleando modelos de predicción o simplemente el sentido común.

Después de este simple análisis de algunos de los elementos que deben ser considerados para realizar una evaluación económica, se presentan algunos métodos alternativos de evaluación.

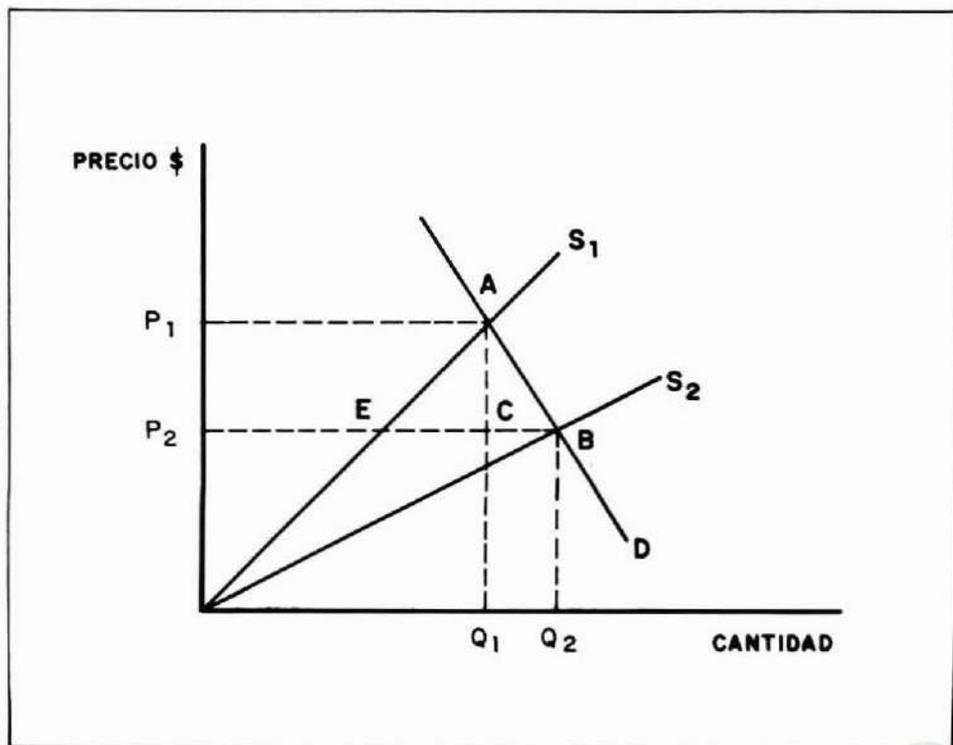
## Evaluaciones Económicas ex post

Los dos métodos más empleados para realizar evaluaciones económicas ex post se discuten brevemente a continuación.

## a) Excedentes del productor y consumidor

Este método pretende cuantificar los cambios en los excedentes del productor y consumidor que pueden atribuirse a un cambio tecnológico, resultado de una investigación que reduzca los costos de producción, provocando un desplazamiento hacia la derecha en la curva de oferta, lo cual significa que hay una mayor disponibilidad del producto y a menor precio. El término "excedente del consumidor" se refiere al beneficio neto obtenido por el consumidor cuando compra un producto a un precio de mercado inferior al que él habría estado dispuesto a pagar, por ejemplo el precio antes del cambio tecnológico. La figura 1 ayuda a comprender este concepto.

**FIGURA 1**  
**ESQUEMA GENERALIZADO PARA LA EVALUACION**  
**DE LOS BENEFICIOS DE LA INVESTIGACION**  
**EMPLEANDO EL METODO DE LOS EXCEDENTES**



La idea básica de este concepto es que la adopción de una nueva tecnología, producto de una investigación, reduce el costo marginal de producción de un determinado producto, lo cual se traduce en una mayor oferta, afectando así el precio del mercado. Esto se refleja en el cambio de la oferta, desde  $S_1$  a  $S_2$ , provocando un cambio en el excedente del consumidor, representado por el área  $P_1ABP_2$ . El excedente del productor está representado por el área  $E_0B$  menos  $P_1AEP_2$ . El cambio total debido a la nueva tecnología está dado por el área  $AOB$ . (Bengston, 1986).

Al aplicar este sistema de evaluación es importante considerar las posibles discrepancias entre los costos marginales privados y los costos marginales sociales. La evaluación de un proyecto puede entregar resultados completamente distintos, según sea el tipo de costos que se emplee. (Tardones, S. Com. personal).

Este sistema de evaluación es de gran flexibilidad, ya que permite evaluar el efecto de un proyecto o de un conjunto de proyectos; permite obtener tasas de retorno y considerar efectos secundarios de la investigación, por ejemplo efecto en el empleo. Por otro lado, este sistema de evaluación hace difícil evaluar transferencias o flujos de resultados hacia otros proyectos. Por su naturaleza, este sistema no es adecuado para evaluar investigación básica.

### *b) Funciones de producción*

El método de funciones de producción consiste en estimar una determinada producción en función de ciertos "inputs", tales como trabajo y capital.

La idea básica de este sistema de evaluación es que la investigación, al generar una nueva tecnología, puede provocar un aumento en la cantidad o calidad del producto, sin que varíen los "inputs" originales. Las Figuras 2A y 2B ayudan a comprender el concepto. (Seldon, 1983)

Para simplificar la función, se supone que la producción sólo depende de 2 variables: trabajo y capital, representados en los ejes X e Y, respectivamente.

En la Figura 2A las isocuantas  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  indican una producción creciente a medida que se alejan del origen. En este caso la compañía puede producir 50 unidades con cualquier combinación de capital y trabajo sobre la función  $P_1$  (ejemplo:  $C_1T_3$ ;  $C_2T_2$ ;  $C_3T_1$ ). Igualmente puede producir 100 unidades con combinaciones sobre la función  $P_2$ .

Si consideramos un cambio tecnológico, que hace la producción más eficiente, todas estas curvas se acercarían al origen, tal como se ilustra en la figura 2B. Bajo la nueva tecnología, producto de la investigación, la firma está en condiciones de producir la misma cantidad pero empleando menos "inputs". Esto equivale a decir que con los mismos "inputs" se logra una mayor producción.

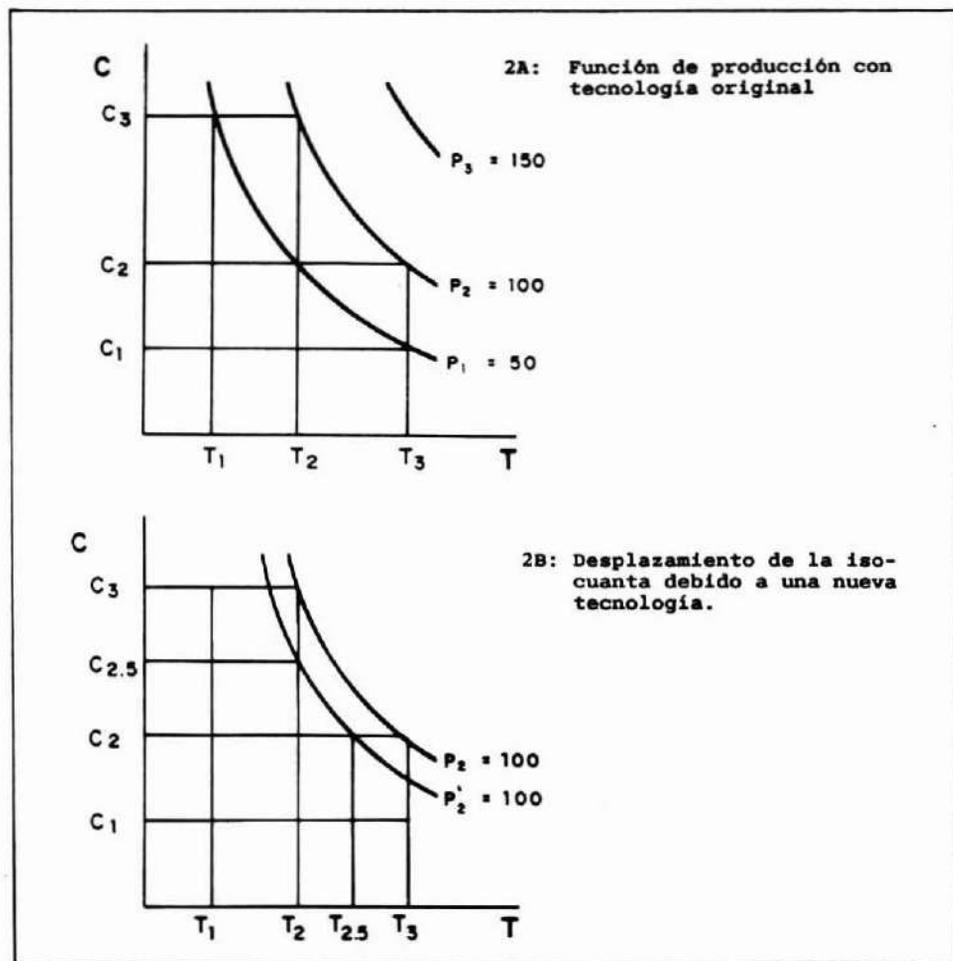
Una completa descripción de este método se encuentra en Seldon (1983) y Norton and Davis (1981).

La manera de evaluar el efecto de la investigación es considerando sus resultados como una variable independiente en la función de producción. Mediante análisis de regresión es posible aislar los efectos de la investigación de las otras variables independientes incluidas en la función.

La investigación puede ser expresada como variable independiente de diversas maneras. Por ejemplo, se puede ingresar como el gasto anual de investigación, o como el nivel de adopción de una nueva tecnología producto de la investigación, o mediante el número de publicaciones generadas en el proyecto. Bengston (1986) indica el gasto anual es una buena aproximación para representar el efecto de la investigación. La segunda alternativa es más adecuada desde el punto de vista teórico, pero tiene la limitación de que sólo es aplicable en aquellos casos en que los resultados de la investigación son fácilmente medibles. El número de publicaciones puede dar una buena idea del monto de investigación realizada, pero ignora el grado de adopción de los resultados.

La función de producción es un método que permite evaluar todo tipo de investigación, incluso básica, permite evaluar proyectos en forma agregada y cuantificar transferencias desde un proyecto a otro. Es por esto que se emplea para evaluar cambios tecnológicos en industrias o áreas de actividad. En contraste con el método de los excedentes, este sistema requiere de una gran cantidad de información y de una activa participación de los investigadores, por lo que los costos pueden ser considerablemente mayores.

FIGURA 2



#### Evaluaciones económicas ex-ante

Las evaluaciones ex-ante son, conceptualmente, análogas a las ex-post, pero se aplican para estimar los beneficios de un proyecto propuesto para su realización.

**a) Análisis costo-beneficio**

El empleo de el análisis costo-beneficio como una herramienta de evaluación ex-ante, es una técnica bastante nueva en la evaluación de investigación.

Este método de evaluación es esencialmente igual al de los excedentes de productor y consumidor. La principal diferencia radica en que, por tratarse de una evaluación ex-ante los efectos de la investigación en la productividad son estimados y proyectados en el futuro, en vez de ser obtenidos de información histórica del proyecto.

En la mayoría de los casos, quien debe hacer estas proyecciones es el investigador involucrado en el proyecto, quien deberá estimar los tiempos y recursos requeridos para llevarlos a cabo, las probabilidades de éxito, la tasa de adopción esperada y los posibles beneficios. Con esta información se puede obtener la relación costo-beneficio u otros indicadores tales como TIR o VAN. (Bengston, 1986).

La mayor crítica que se hace a este método es que está basado en estimaciones de costo y beneficios hechos por los investigadores potencialmente involucrados en el programa, quienes por lo general, tienden a ser demasiado optimistas en cuanto a la importancia e impacto de su investigación, lo cual puede producir una estimación errada de costos y principalmente, de los beneficios. Esto ha sido demostrado mediante evaluaciones ex-post de programas que fueron evaluados ex-ante. (Bengston, 1986).

Normalmente, los costos de la evaluación ex-ante son superiores a los de la evaluación ex-post, debido a que se requiere de una activa participación de él o los investigadores para estimar la información requerida.

Cuando los beneficios no son fácilmente cuantificables, cual es el caso de la investigación básica, este método de evaluación no es aplicable.

**b) Modelos de simulación**

Los modelos de simulación son funciones matemáticas que, con la información adecuada, permiten predecir el impacto de tecnologías alternativas en la productividad, consumo, precios, salarios y empleo. Los modelos de simulación pueden considerarse como una función de producción más sofisticada (Seldon, 1983).

Estos modelos normalmente requieren de una gran cantidad de información en relación a todos los factores que están interviniendo en el proceso. En la mayoría de los casos se requerirá información tecnológica, económica, social y del medio ambiente para construir un modelo. Esto implica la activa participación de un grupo de investigadores, capaces de generar la amplia gama de información requerida.

Al igual que en el método de análisis costo-beneficio, la información tiene que ser subjetivamente estimada por los investigadores. La misma crítica que se hace a ese sistema es aplicable en este caso, ya que la validez de los resultados que entregan estos modelos dependerá de la objetividad de éstas estimaciones.

En teoría, los modelos de simulación son una herramienta muy poderosa, pero la confiabilidad de la información producida es materia de discusión.

**DISCUSION Y CONCLUSIONES**

La evaluación de la investigación forestal es una actividad que se ha venido desarrollando desde que se hace investigación. Siempre se ha hecho algún tipo de evaluación.

En cambio, la evaluación económica de la investigación forestal es algo relativamente reciente y se ha realizado, más que nada, como un ejercicio de "investigación sobre investigación", pero no como una herramienta de análisis de la investigación ya realizada o en la toma de decisiones para la asignación de fondos a programas alternativos por ejecutar.

La disponibilidad de información y la dificultad para cuantificar el valor de los resultados de la investigación forestal son las principales limitantes para aplicar métodos de evaluación económica en nuestro país. Es por esto que se debe pensar en evaluaciones que consideren los métodos tradicionales, es decir evaluación por expertos y modelos de puntaje.

Sin embargo, dado que cada día los requerimientos por información más precisa aumentan, las instituciones que realizan investigación forestal deberían considerar algunos métodos de evaluación económica.

Entre los métodos que se han revisado en este trabajo, dos técnicas que parecen adecuadas son las del excedente del productor y consumidor y la función de producción. Según Bengston (1986) cerca de un 75% de las evaluaciones realizadas en Norteamérica han empleado estos métodos, ya que están basados en principios teóricos bastante simples y generan información confiable y relevante. Además, por el mismo hecho de que han sido las más empleadas, existe mayor información en cuanto a la forma en que deben aplicarse.

La función de producción y los modelos de simulación requieren de mucha información. Por esta razón, son menos recomendables. Estos últimos pueden constituir una buena alternativa si se mantienen simples. Los modelos muy complicados además de la información requieren de muchos supuestos, lo cual les resta confiabilidad.

Conociendo los métodos cabe hacerse la pregunta ¿Qué clase de investigación debe ser evaluada?

Toda la investigación debería ser evaluada empleando los métodos tradicionales o la evaluación económica. Esta última, por el momento, debería tratar de aplicarse en sólo algunos proyectos, cuyos resultados puedan ser expresados en términos económicos o monetarios. Normalmente, los proyectos de tipo industrial son los más factibles de evaluar, pero también es posible evaluar con cierta facilidad proyectos de mejoramiento genético y de fertilización, ya que los resultados pueden ser fácilmente traducidos a valores monetarios. Por el contrario, investigaciones sobre manejo del fuego y prevención de incendios forestales y sobre plagas y enfermedades son muy difíciles de evaluar, ya que es prácticamente imposible calcular el monto del daño que no se produjo debido a los resultados de la investigación. ¿Cuál es el valor de lo que no se quemó como resultado de la investigación? ¿Cuánto vale el haber preservado un paisaje o un determinado ecosistema?

Son muchas las áreas de la investigación forestal en donde la evaluación económica es muy difícil o imposible de aplicar. Por esta razón, los métodos tradicionales, basados en criterios subjetivos, no pierden su vigencia como medios para juzgar la eficiencia y utilidad de una investigación realizada o para decidir la asignación de fondos a las que se han de realizar.

La evaluación de sus proyectos debe ser una práctica obligada en las instituciones que realizan investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BARE, B. and R. LOVELESS 1985 An Overview of the Regional Forest Nutrition Research Project. In: Forestry Research Evaluation: Current Progress, Future Directions. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-104. p52-61.
2. BENGSTON, D.N. 1983 Forestry Research Evaluations: an example In: Economic Evaluation of Investment in Forestry Research, W.F. Hyde (ed.) Durham, NC: The Acorn Press. 104 p. P. 62-68.
3. BENGSTON, D.N. 1985 Aggregate Returns to Lumber and Wood Products Research: An Index Number Approach In: Forestry Research Evaluation: Current Progress, Future Directions. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-104 p. 62-68.

4. BENGSTON, D.N. 1986 Agricultural Research Evaluation. In: Alternative Approaches to Forestry Research Evaluations: An Assessment. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-110. p. 7-12.
5. BURNS, D.P. 1986 (Editor) Proceedings. IUFRO Evaluation and Planning of Forestry Research. USDA Forest Service. Northeastern Station. NE-GTR-111. p. 156.
6. CALLAHAM, Z. 1981 Criteria for Deciding About Forestry Research Programs. Gen. Tech. Rep. WO-29 Washington D.C. USDA Forest Service. p. 52.
7. CALLAHAM, Z. 1986 Evaluating Forestry Research: An Overview. In: Proc. IUFRO Evaluation and Planning of Forestry Research. USDA Forest Service. Northeastern Station. NE-GTR-111 p. 67-82.
8. FEDKIW, J. 1985 Research Evaluation and Policymaking. In: Forestry Research Evaluation: Current Progress, Future Directions USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-104 p. 5-9.
9. FEGE, A. 1985 Research Evaluation techniques Applied to a Case Study of Short Rotation Forestry. In: Forestry Research Evaluation: Current Progress, Future Directions. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-104 p. 82-90.
10. HYDE, W.F. 1985 A Proposed Forestry Research Evaluation Program. In: Forestry Research Evaluations: Current Progress, Future Directions. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-1-4 p. 34-48.
11. HYDE, W.F. 1986 Gains from public Forestry Research: Methods and case studies in Biological Forestry and Forest Utilization. In: Proceedings of Working Party 54.05-05 Valuation of Forestry Research. Forestry Science Serving Society XVIII IUFRO World Congress. Ljubljana, Yugoslavia Sept. 12, 1986 P.12.
12. JAKES, P. and E.C. LEATHERBERRY 1986 (Compilers) Alternative Approaches to Forestry Research Evaluations: An Assessment. USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-110 p. 32.
13. LUNDGREN, A.L. 1983 Methods for Evaluating Forestry Research: A Prospectus. In: W.F. Hyde (ed.) Economic Evaluation of Investments in Forestry Research. The Acorn Press. Durham NC. p. 12-22.
14. LUNDGREN, A.L. 1986 A Brief History of Forestry Research Evaluation in the United States In: Proceedings. IUFRO Evaluation and Planning of Forestry Research. USDA Forest Service Northeastern Station. NE-GTR = 111 p. 83 -96.
15. NORTON, G.S. and G.S. DAVIS. 1981 Evaluating Returns to Agricultural Research: A review. Am. J. Agric. Econ. 63: 685-699.
16. RISBRUDT, CD. and P.J. JAKES 1985 (Comp) Forestry Research Evaluation Current Progress, Future Directions. USDA Forest Service. North Central Experiment Station. General Technical Report NC-104.
17. SELDON, B.J. 1983 Approaches to Investigating the Productivity of Investments in Forestry Research. In: W.F. Hyde (ed) Economic Evaluation of Investments in Forestry Research. The Acorn Press. Durham, NC. p. 23-52.
18. SHAFER, E. L. and J. DAVIS 1983 USDA Forest Service Research Program 1985-1030. Summary of Benefits and Cost. Doc. N° 00025 and N° 00045.
19. SKOK, R. 1985 Reflections on Forestry Research Evaluation. In: Forestry Research Evaluation: Current Progress, Future Directions USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-104. p. 19-20.
20. SMITH, J.H.G. and G. LESSARD. 1971 Forest Resources Research in Canada. Current Status, Adequacy, Desirable and Future Development. Background Study for the Science Council of Canada, Special Study N° 14 Ottawa. Information Canada. p. 204.
21. STIER, J. 1985. Summary: Productivity Impacts of Tree Improvement Research In The North Central Region. In: Forestry Research Evaluations: Current Progress, Future Directions. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-104 p. 116.
24. WESTGATE, R.A. and BENGSTON, D.N. 1986 Other Approaches to Research Evaluation. In: Alternative Approaches to Forestry Research Evaluation: An Assessment. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-110 p. 19-20.

## RENOVALES DE RAULI, ROBLE, COIGUE Y TEPA EXPECTATIVAS DE RENDIMIENTO

(Charla aportada al Simposio "Silvicultura de los tipos forestales de la región Centro-Sur de Chile" realizada en la Universidad Austral en Valdivia del 27.03.89 - 07.04.89)

Hans Grosse W.\*

### RESUMEN

En la Precordillera Andina de la X Región (49° 45' Lat. Sur sector Neltume) se realizaron estudios para establecer el rendimiento de renovales de raulí, roble, coigüe y tepa.

Con la información recopilada y procesada a través de análisis de tallo fue posible obtener cifras que orientan sobre el crecimiento diametral de las especies en estudio en función de sus variables de estado, de los árboles competidores más directos y del espacio disponible para su desarrollo.

Para distintas situaciones de renovación tipo de la zona, se entregan a modo de ejemplo esquemas de intervención silvícola y la proyección del renovación en el tiempo.

Palabra clave: Rendimiento, renovales, silvicultura.

### ABSTRACT

*Second growth stand data of Rauli, Roble, Coigüe and Tepa, located in the Andean foothills of the 10th Region of Chile (Lat. 49° 45' S) were analyzed to construct individual species yield models.*

*The results of stem analyses were modeled to include the effect of the nearest competitor and the total space available for development.*

*The results were used to construct models to estimate what volumetric changes could occur if a certain silvicultural practice was applied.*

(\*) Ingeniero Forestal, Dr. División Regional. Barros Arana 121, Concepción. Chile.

## **INTRODUCCION**

Durante los últimos años han llamado la atención los renovales constituidos por especies nativas, como unidades con un potencial altamente rentable. Dentro de éstas situaciones han destacado aquellos rodales con presencia de árboles del género *Nothofagus*. El gran número de individuos, que generalmente se encuentra en estos bosques jóvenes, hacen necesario raleos, que en su mayoría son de carácter comercial. La apertura del mercado de astillas para la fibra corta, significa una buena posibilidad para manejar este recurso en términos rentables valorizando los individuos remanentes. Los renovales constituyen un mosaico de situaciones muy heterogéneo, fundamentado en la existencia de distintas especies y diferentes estados de desarrollo y competencia.

Esto implica que las decisiones técnicas a tomar no podrán ser rígidas, sino que deberán adaptarse a cada situación en especial. En consecuencia, deberán prepararse equipos técnicos capaces de elaborar pautas silvícolas y de aplicarlas eficientemente.

Los tipos forestales a los que pertenecen las unidades de muestreo son "Roble - Raulí - Coigüe" y "Coigüe - Raulí - Tepa". Los ejemplos que se entregan fueron construidos sobre la base de situaciones reales.

El objetivo del presente trabajo es el de analizar aplicaciones de modelos silvícolas considerando situaciones monoespecíficas y con la participación de varias especies para renovales en distinto estado de desarrollo. Para éstos se aplican esquemas de raleo y cosecha durante el período de manejo.

## **ANTECEDENTES METODOLOGICOS**

La información recopilada proviene de parcelas temporales. Estas se instalaron con el objetivo de conocer el desarrollo de las variables de estado de los rodales y construir modelos de crecimiento para distintos estados de desarrollo y competencia.

Antecedentes metodológicos referidos al muestreo para el análisis de los árboles individuales, como la construcción de modelos de crecimiento diametral sólo se entregan en forma resumida, para una mejor comprensión inmediata por parte del lector. Una descripción más amplia de éstos se encuentra en publicaciones anteriores, mencionadas en el texto.

Los modelos de crecimiento diametral, DAP - volumen y DAP - altura también se entregan en el presente capítulo, entendiéndose como herramientas básicas para la descripción y proyección de los rodales.

### **Descripción de las parcelas muestreadas**

#### ***Parcelas con predominancia de raulí***

Las parcelas temporales con predominancia de raulí se localizaron en el área de Neltume en los sectores denominados "Los Hornos - Pidihuil", "Pto. Fui" y "Quebrada Honda" (Precordillera Andina, 39° 45' Lat. Sur, comuna de Panguipulli, provincia de Valdivia, X Región) (GROSSE y CUBILLOS, 1987 y CUBILLOS, 1987). Las parcelas se plantearon en 25 m x 25 m (625 m<sup>2</sup>).

En cada parcela se midieron todos los árboles con un DAP igual o mayor a 5 cm. Además se midieron todos los individuos fuera de la parcela, que proyectaban su copa hacia el interior de ésta.

Los individuos se localizaron espacialmente.

Las variables de estado medidas en cada individuo fueron:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP o 1,3 m)
- Altura total (m)
- Altura de inicio de copa (m)
- Radios de copa, medidos en dirección de los cuatro puntos cardinales (m)

#### *Las parcelas con predominancia de roble, coigüe y tepa*

Las parcelas temporales con predominancia de roble, coigüe y tepa también se localizaron en el área de Neltume. Los sectores específicos por especie fueron: roble (Los Hornos, Pto. Fuy), coigüe (Los Hornos - Pidihuil, Triful), Tepa (Huilo - Huilo, Molco) (GROSSE et al., 1988; CUBILLOS, 1988). Las unidades de muestreo fueron parcelas de 500 m<sup>2</sup>, instaladas en sectores representativos para cada situación de renoval en análisis.

Las variables de estado medidas para éstas tres especies fueron las mismas que en las parcelas de raulí.

#### *Muestreo para el análisis de árboles individuales*

Para realizar el análisis del árbol individual o árbol sujeto, para cada especie se seleccionó una amplia muestra de individuos representativa del rango de edad, altura y del espaciamiento encontrado en cada situación del renoval. Una vez identificados los "árboles sujetos" se ubicaron y registraron los árboles que ejercían la competencia más directa sobre éstos. (GROSSE y CUBILLOS, 1987; CUBILLOS, 1987; GROSSE et. al, 1988; CUBILLOS, 1988).

La información recopilada en terreno para los árboles sujeto y sus competidores fue:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP a 1,3 m)
- Altura total
- Altura de inicio de copa
- Radios de copa, medidos en dirección de los cuatro puntos cardinales
- Distancias entre el árbol sujeto y sus competidores.

Luego se voltearon los árboles sujeto, seccionándolos en trozas de 2 m. De cada una de éstas secciones y a la altura del DAP, se extrajeron rodela para su medición en laboratorio.

#### **Modelos de crecimiento diametral**

Los árboles sujeto fueron sometidos a análisis de tallo utilizando el programa ANATAL (ALVAREZ, 1977). Esto dio origen a una serie de antecedentes dasométricos básicos con los cuales se construyeron modelos de crecimiento diametral (DAP), (GROSSE y CUBILLOS, 1987; CUBILLOS, 1987; GROSSE et. al, 1988; CUBILLOS, 1988; GROSSE, 1989).

Estos consideran los últimos cinco años de vida del árbol, suponiendo una situación de competencia similar a la encontrada en el momento del muestreo.

Las variables incorporadas a los modelos de crecimiento diametral (IDAPA) utilizados en este estudio son:

E	: Edad (años)
DAP	: Diámetro a la altura del pecho (a 1,3 m de altura en cm)
DC	: Diámetro de copa (m)
AC	: Cobertura de copa del árbol (m <sup>2</sup> )
H. TOT.	: Altura total (m)
HINIC	: Altura de inicio de la copa (m)
HINICCO	: Altura de inicio de copa de los competidores (m)
DISTME	: Distancia media entre el árbol sujeto y sus competidores (m)

Los modelos de crecimiento diametral son:

– Raulí :  
 IDAPA =  $0,6949 + 0,0207 \text{ DISTME} + 0,0818 \text{ DC} - 0,0306 \text{ E} + 0,0297 \text{ DAP}$   
 $r = 0,89$   
 Error cuadr. medio = 26,0%  
 $n = 75$

– Roble :  
 IDAPA =  $12,3578 + 0,0851 \text{ DAP} + 247,45 (1/E) - 0,0012 \text{ DAP}^2 + 0,1343 \text{ E} + 0,0317 \text{ DISTME}$   
 $r = 0,76$   
 Error cuadr. medio = 21,8%  
 $n = 49$

– Coigüe :  
 IDAPA =  $-1,540461 + 0,019966 \text{ DAP} + 42,872 (1/E) + 0,019529 \text{ H. TOT.} + 0,020456 \text{ DISTME}$   
 $r = 0,86$   
 Error cuadr. medio = 20,0%  
 $n = 50$

– Tepa :  
 IDAPA =  $0,1179375 + 0,041296 \text{ DAP} - 0,024728 \text{ HINIC} - 0,0032802 \text{ E} - 0,00002263 \text{ (DAP}^2 \text{ H. TOT.)} - 0,0051348 \text{ AC}$   
 $r = 0,68$   
 Error cuadr. medio = 47,0%  
 $n = 48$

### Proyección de rodales

El análisis de intervenciones planteadas para cada una de las parcelas temporales se realizó en base a las tablas de rodal, de área basal y la distribución espacial de los individuos.

La proyección de crecimiento se realizó sobre la base del incremento diamétrico, utilizando las funciones de incremento diamétrico presentadas anteriormente. Esta se realizó hasta las edades que limitan con la capacidad de proyección de los modelos.

Los volúmenes fueron estimados con las siguientes regresiones, construidas para el área de Neltume (CUBILLOS, 1988 a,b; GROSSE et. al, 1988).

V Raulí =  $0,03655 + 0,00002 (\text{DAP})^3$   
 $r = 0,94$   
 $n = 75$

V Coigüe =  $-0,05476487 + 0,00073611 (\text{DAP})^2$   
 $r = 0,98$   
 $n = 50$

$$\begin{aligned} V \text{ Roble} &= -0,03695309 + 0,00075407 (\text{DAP})^2 \\ r &= 0,98 \\ n &= 50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Tapa} &= -0,04220197 + 0,00067576 (\text{DAP})^2 \\ r &= 0,97 \\ n &= 50 \end{aligned}$$

Donde: V = Volumen en m<sup>3</sup> ssc  
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

Las regresiones DAP - altura por especie y rodal seleccionado son:

$$\begin{aligned} H \text{ Raulí (Los Hornos)} &= -3,6163 + 8,6401 \ln \text{DAP} \\ r &= 0,79 \\ n &= 84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Raulí (Q. Honda)} &= -0,6920 + 5,4465 \ln \text{DAP} \\ r &= 0,74 \\ n &= 21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Roble (Los Hornos)} &= -2,1307 + 7,6215 \ln \text{DAP} \\ r &= 0,83 \\ n &= 52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Roble (Fuy)} &= 12,0311 + 0,2792 \text{DAP} \\ r &= 0,94 \\ n &= 22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Coigüe (Truful)} &= -0,4158 + 6,1591 \ln \text{DAP} \\ r &= 0,83 \\ n &= 81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Coigüe (Pidihuil)} &= 9,6594 + 0,8424 \text{DAP} - 0,0084 \text{DAP}^2 \\ r &= 0,86 \\ n &= 22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Tapa (Molco)} &= -3,0712 + 6,6982 \ln \text{DAP} \\ r &= 0,84 \\ n &= 156 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Tapa (Huilo)} &= 4,3204 + 0,5017 \text{DAP} \\ r &= 0,94 \\ n &= 35 \end{aligned}$$

Donde: H = Altura en m  
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

**RESULTADOS Y DISCUSION**

A continuación se proponen y comentan diferentes tipos de intervención para renovales del área de Neltume.

**El crecimiento de renovales de raulí**

Los rodales elegidos para raulí presentan dos situaciones:

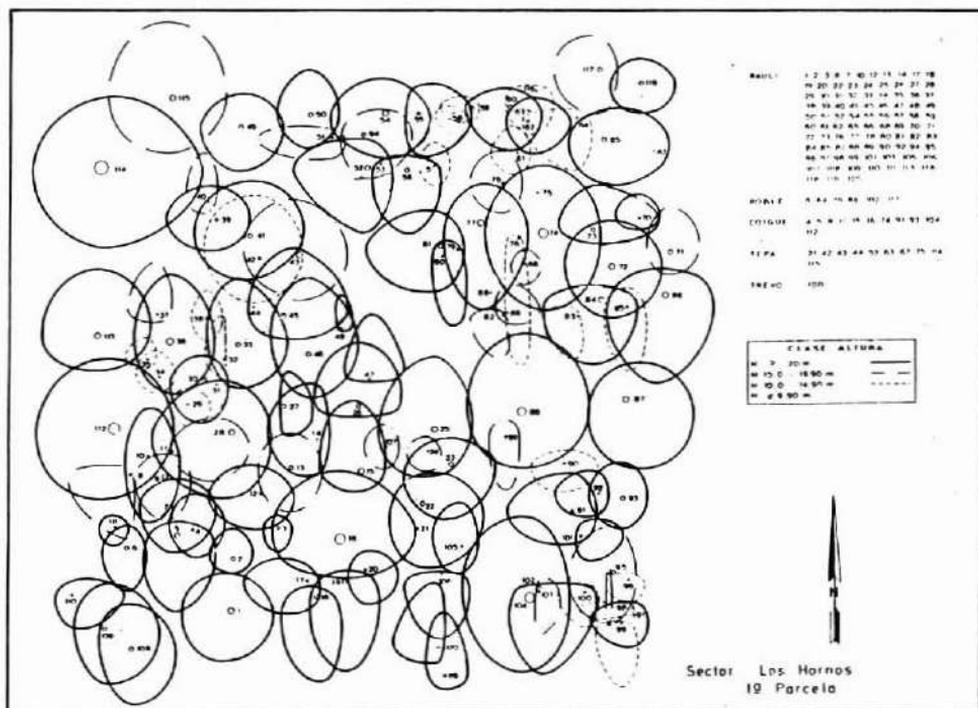
- Rodal de 36 años sin intervención anterior
- Rodal de 24 años con raleo suave, diez años antes de realizar la medición.

**Proyección de un renewal sin intervención anterior (Edad: 36 años)**

El rodal sin intervención está constituido por 1.728 árboles por ha. La participación mayoritaria de las especies, en términos numéricos se concentra en raulí y roble con un 78% y un 5% respectivamente. El resto está constituido por coigües, tepas y trevos (Figura 1). El área basal es de aproximadamente 53 m<sup>2</sup>/ha, la que se consideró como la capacidad de ocupación del sitio para las especies en cuestión, a los 36 años.

Los valores de altura - DAP indican una participación de árboles sobre 11 cm de DAP. en los estratos codominante y dominantes. Los individuos con diámetros menores pertenecen al estrato intermedio y suprimido (Figura 2).

**FIGURA 1**  
**PROYECCION DE COPAS – RENOVAL SIN INTERVENCION PREVIA**  
**EDAD 36 AÑOS (SECTOR: LOS HORNOS - PIDIHUIL)**



La tabla de rodal se clasificó en cuatro rangos, correspondiendo el A a los individuos suprimidos e intermedios, el B a los intermedios a dominantes, el C a los codominantes y dominantes y el D a los dominantes que podrían ser calificados como "árboles lobos" o pertenecientes a la generación anterior (Figura 2).

El raleo tiene como objetivo principal el de liberar aquellos árboles que se agrupan entre las clases diamétricas 20 a 34. Corresponden a individuos del estrato dominante y codominante (C), con la mejor posibilidad de producir un alto volumen aserrable en el corto plazo (Cuadro 1). Sus competidores deberán eliminarse a través de un raleo por lo alto o anillamiento. Sus competidores se localizan dentro del sector C y en las clases diamétricas inmediatamente inferiores y superiores. La eliminación de éstos contempla la extracción de coigües, trevos y tepas dentro del rango C, y raleos por lo alto y anillamientos fuera de éste.

El área basal a extraer corresponde a un 45% del área basal del estrato dominante y codominante (B + C + D). El estrato suprimido e intermedio (A), no se consideró para el cálculo de este porcentaje, por su poca importancia en su rol como competidor, dado que las condiciones de sitio de los rodales en estudio no presentan limitaciones de agua y difícilmente de nutrientes.

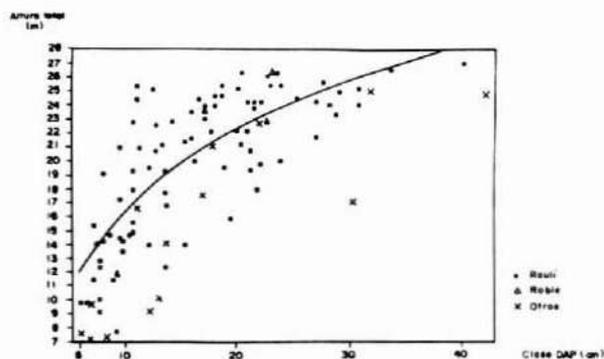
La relación altura/diámetro de los árboles remanentes bordea el valor 0,97. Este indicador muestra que con la intervención propuesta el rodal de raulí-roble mantiene características de estabilidad suficientes, para no correr riesgos mayores por vientos fuertes, considerando de que se trata de especies de hoja caduca.

**CUADRO 1**  
**INTERVENCIÓN AL RENOVAL - AÑO 0 (RAULÍ)**  
(Edad: 36 Años, Sector Los Hornos)

Situac. después de la intervención	Rango	Área basal m <sup>2</sup> /ha	% Área basal relac. a B+C+D	N/ha
Estrato Domin. y Codom.	B+C+D	50,0	100,0	1.232
Estrato a extraer	B+D+(C*)	22,4	44,8	672
Estrato reman. (Dom y Cod.)	C (Raulí + Roble)	27,5	55,0	560
Estrato reman. (Interm. + Suprim.)	A	2,9		496
Total		52,9		

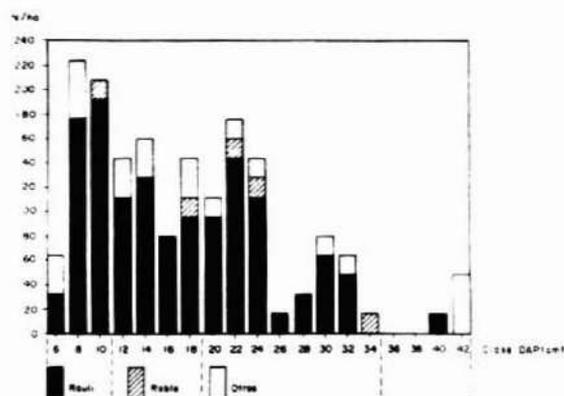
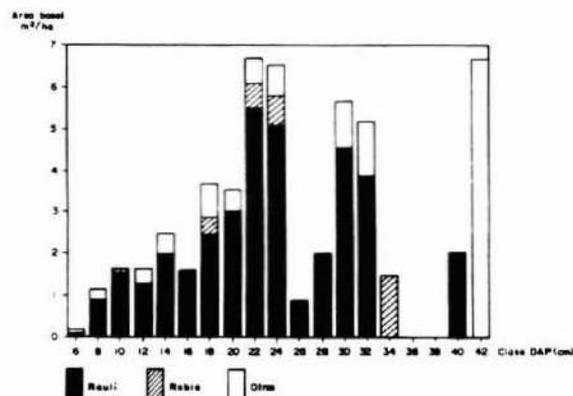
C\* : Otros: Coigües, Tepas, Trevos.

FIGURA 2 A, B, C  
ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0



(Especie : Raulí)  
(Edad : 36 años)  
(Sector : Los Hornos)

A : Altura Total (m) - DAP  
B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
C : TABLA DE RODAL



Sector	A	B	C	D
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	2,9	9,4	31,9	8,7
NT en org./ha	496	528	640	64

**CUADRO 2**  
**PROYECCION RAULI**  
**Sector Los Hornos (sin intervención previa)**

Año	0	5	10	15	20
<b>RAULI</b>					
$\overline{DAP}$ (cm)	24,8	28,6	32,2	35,8	39,2
E	36	41	46	51	56
DC (m)	4,2	4,2	* 4,7	4,7	4,7
DISTME (m)	4,2	4,2	* 4,7	4,7	4,7
AB (m <sup>2</sup> /ha)	24,7	32,9	36,7	45,3	54,3
N/ha	512	512	*450	450	450
IDAPA (cm)	0,76	0,72	0,73	0,68	
<b>ROBLE</b>					
$\overline{DAP}$ (cm)	26,7	31,2	35,2		
E	36	41	46		
DISTME (m)	4,2	4,2	* 4,7		
AB (m <sup>2</sup> /ha)	2,7	3,7	* 4,7		
N/ha	48	48	* 48		
IDAPA	0,89	0,79	0,83		
<b>A NIVEL DE RODAL (RAULI + ROBLE)</b>					
DISTME (m)	4,2	4,2	* 4,7	4,7	4,7
AB (m <sup>2</sup> /ha)	27,4	36,6	46,4	45,3	54,3
N/ha	560	560	*450	450	450
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ha)</b>					
Remanente Ra.	175	258	317	430	
Ro.	24	34			
A extraer Ra.			44		559
Ro.			44		
Otros 190	190				
$\Sigma$ a extraer	190		88		559

\* : A los 10 años se extraen 48 robles ( $\overline{DAP} = 35,2$ ) y 62 raulíes ( $\overline{DAP} = 32,2$ )

⋮ : Valores extrapolados

Otros: Coigüe, Tepa, Trevo y Raulí de la clase  $\overline{DAP}$  40.

La proyección del rodal presentada en el cuadro 2, sólo incorpora raulíes y robles. Los coigües, tepas y trevos serán cortados junto a los árboles lobos de raulí al inicio del período. El volumen a extraer al año 0 corresponde a 190 m<sup>3</sup>/ha. La segunda intervención se realiza al año 10, extrayéndose 88 m<sup>3</sup> de raulíes y robles (DAP 32,2 y 35,2 respectivamente), quedando como remanentes sólo raulíes. Estos se explotan al año 20 con un diámetro medio aproximado de 40 cm obteniéndose un volumen de 559 m<sup>3</sup>/ha.

El volumen total a extraer en el período de 20 años es de 837 m<sup>3</sup>/ha, de los cuales 278 m<sup>3</sup>/ha corresponden a raleos.

*Proyección de un renewal con intervención anterior* (Edad: 24 años)

El rodal con intervención anterior presenta 672 árboles por ha a los 24 años. De éstos el 50% está constituido por raulí y el resto por tepa y trevo (Figura 3). Su área basal se acerca a los 18 m<sup>2</sup>/ha (Figura 4).

**FIGURA 3**  
**PROYECCION DE COPAS - RENOVAL CON INTERVENCION PREVIA**  
**EDAD: 24 AÑOS (SECTOR QUEBRADA HONDA)**

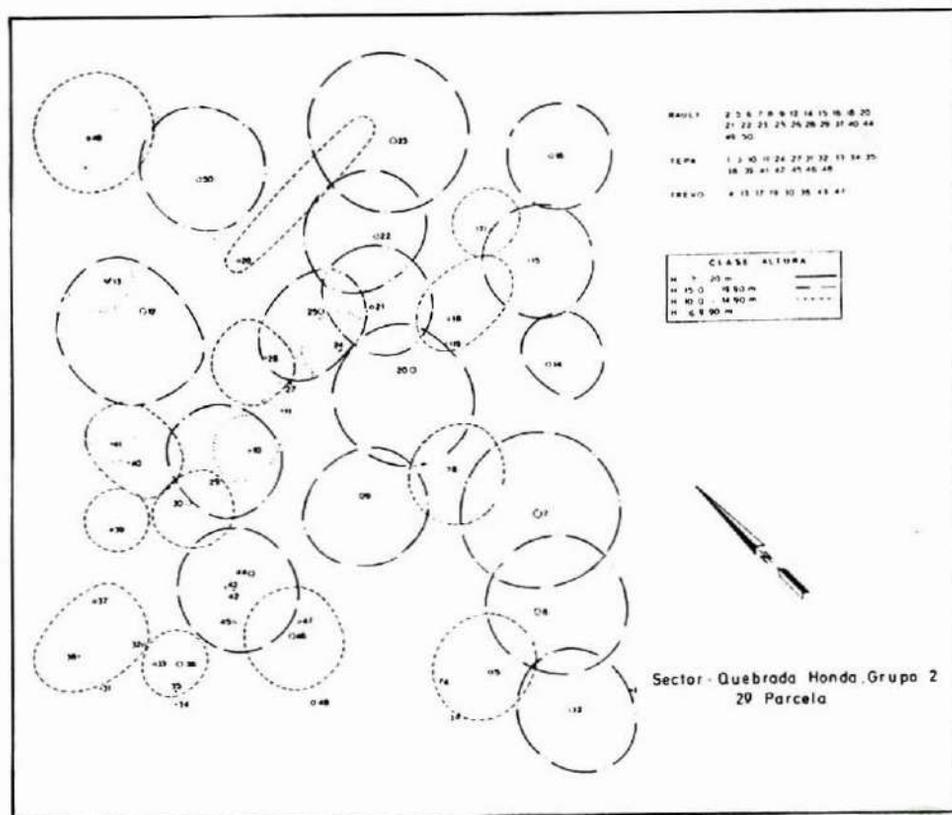
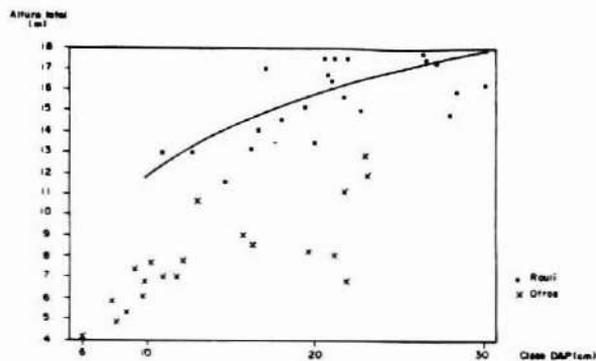
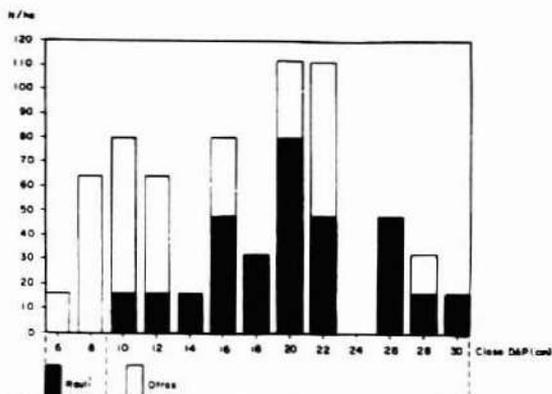
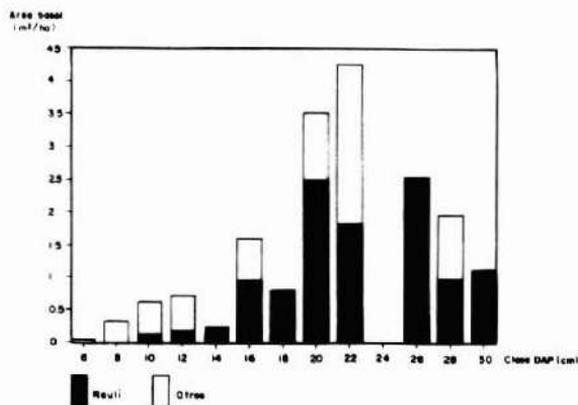


FIGURA 4 A, B, C  
ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0



(Especie : Rauli)  
(Edad : 24 años)  
(Sector : Quebrada Honda)

A : Altura Total (m) - DAP  
B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
C : Tabla de Rodal



Sector	A	B
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0,5	17,0
n° de arb/ha	80	592

En este caso se proyecta la totalidad del raulí del estrato codominante y dominante (B), es decir, 336 individuos entre las clases 10 y 30 cm de DAP, que supuestamente llegarán al final de la rotación (Figura 4).

Al año 0 no se interviene el rodal debido al bajo número de individuos. No se considera necesario ni recomendable incrementar el número de individuos a través de una plantación, por considerarse como suficiente el número de árboles existentes (Cuadro 3).

El primer raleo se realiza a los 5 años, el segundo a los 15 años y el último a los 25 años. El volumen total a extraer en raleos es de 75 m<sup>3</sup>/ha. La explotación final al cumplirse un período de 30 años considera 925 m<sup>3</sup>/ha de raulí. La producción total es de 1.000 m<sup>3</sup>/ha.

Este tipo de manejo permite un crecimiento diametral sostenido promedio de 1 cm o más. Esto permite que en un período de manejo de 20 años, el diámetro medio de los raulies pase los 50 cm.

**CUADRO 3**  
**PROYECCION RAULI**  
**Sector Quebrada Honda (con intervención previa)**

Año	0	5	10	15	20	25	30
<b>RAULI</b>							
$\overline{DAP}$ (cm)	20,1	25,0	30,1	35,2	40,5	45,8	51,4
E	24	29	34	39	44	4,9	54
DC (m)	4,1	* 4,5	4,5	** 5,0	5,0	*** 5,5	5,5
DISTME (m)	4,1	* 4,5	4,5	** 5,0	5,0	*** 5,5	5,5
AB (m <sup>3</sup> /ha)	10,7	16,5	23,9	32,7	43,3	55,4	69,7
N/ha	336	*336	336	**336	336	***336	336
IDAPA (cm)	0,98	1,01	1,01	1,06	1,06	1,12	
<b>TEPA - TIACA</b>							
$\overline{DAP}$ (cm)	16,5	18,5	20,5	22,5	24,5	26,5	
AB (m <sup>3</sup> /ha)	5,5	6,9	5,4	6,5	3,0	3,0	
N/ha	256	*164	164	*164	64	*** 64	
<b>A NIVEL DE RODAL (RAULI + TEPA + TIACA)</b>							
DISTME (m)	4,1	* 4,5	4,5	** 5,0	5,0	*** 5,5	5,5
AB (m <sup>3</sup> /ha)	16,2	23,4	29,3	39,2	46,3	58,4	69,7
N/ha	592	*500	500	**400	400	***336	336
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ha)</b>							
Remanente Ra.	67	117	196	305	459	658	925
Te. + Ti.		31	40	19	23		
A extraer Ra.							925
Te. + Ti		17		30		28	
$\Sigma$ a extraer		17		30		28	925

\* : A los 5 años salen 92 tepas y tiacas ( $\overline{DAP} = 18,5$ ).

\*\* : A los 15 años salen 100 tepas y tiacas ( $\overline{DAP} = 22,5$ ).

\*\*\* : A los 25 años salen 64 tepas y tiacas ( $\overline{DAP} = 26,5$ ).

La proyección para tepas y tiacas se proyectó con un crecimiento de 0,4 cm por año.

*Discusión acerca de las intervenciones a renovales de raulí*

Las dos situaciones (de renoval con predominancia de raulí) analizadas y proyectadas ponen en evidencia la ventaja de un raleo temprano. A los 24 años de edad el incremento diamétrico supera en un 24% - 28% al obtenido a los 36.

Además, la situación de menor edad se vio favorecida por una intervención anterior, que había eliminado a los árboles competidores.

En el rodal más joven, los diámetros alcanzados en un período de 30 años y que bordean los 50 cm, indican la potencialidad de estos bosques para la producción de madera de la mejor calidad.

En el rodal intervenido a mayor edad (36 años), aunque su reacción frente al raleo es menor, en 20 años se logra un diámetro medio de aproximadamente 40 cm.

La alternativa de manejo propuesta por situación, es sólo una de muchas opciones de manejo a las que podrían someterse los renovales. Por ejemplo podría resultar atractivo mantener las especies de mayor tolerancia a la falta de luz bajo dosel, para incorporarlas a la generación siguiente.

**El crecimiento de renovales de roble**

Los rodales seleccionados para el estudio de la especie Roble, presentan dos situaciones tipo:

- Rodal puro de roble de 41 años de edad con intervención suave anterior
- Rodal de roble mixto de 31 años de edad.

*Proyección de un rodal de roble puro (Edad: 41 años)*

El rodal de roble puro presenta 1.040 árboles por ha con un área basal de 27 m<sup>2</sup>.

Considerando las distribuciones en altura, en área basal y en frecuencia, se clasificó el rodal en cuatro sectores. (Figura 5 y cuadro 4). Dentro de éstos, el sector de los individuos dominantes y codominantes, ubicados entre las clases DAP 16 y 28 (sector C), es el que deberá proyectarse a futuro. Los árboles de las clases DAP 44 (sector D) y clase DAP 14 (sector B) se consideran como competidores para el grupo C y deberán eliminarse.

Los individuos de las clases diamétricas inferiores a 14 cm se encuentran en posición intermedia y suprimida. Para este ejemplo no se consideran como competencia ni tampoco en la proyección.

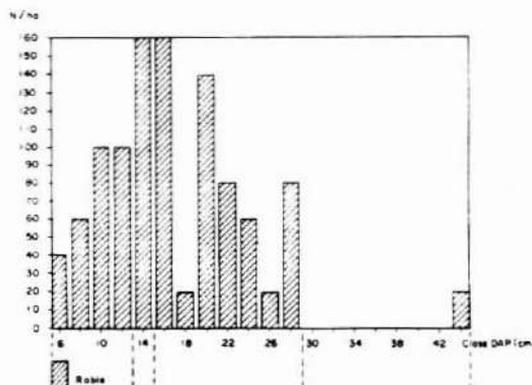
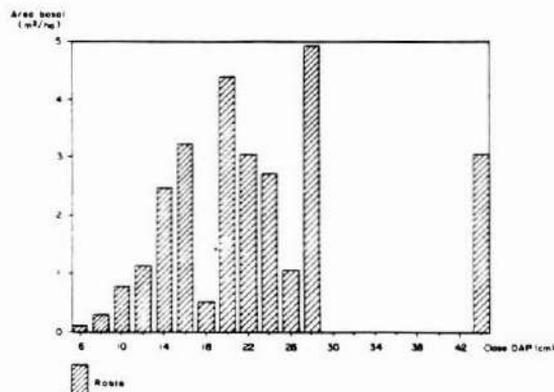
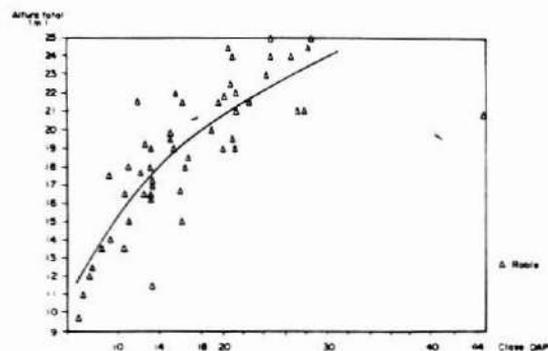
La proyección para el rodal remanente (sector C) se planteó para un período de 15 años. No se excedió este rango para estar fuera del alcance confiable del modelo de crecimiento utilizado. (Cuadro 5).

A los diez años, mediante un raleo, se obtienen 57 m<sup>3</sup>/ha. Finalmente, después de 15 años se pueden explotar 327 m<sup>3</sup>, constituidos por 450 árboles con un DAP medio de 32 cm.

Suponiendo que el crecimiento diametral continúa con la misma tendencia, de aproximadamente 1 cm por año, en los años siguientes al período planteado se lograría un considerable incremento del volumen. Si se considera un período de 25 años en los términos de crecimiento planteados, se podría esperar un volumen de cosecha que bordee los 700 m<sup>3</sup>/ha.

FIGURA 5 A, B, C,  
 ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0

 (Especie : Roble)  
 (Edad : 40 años)  
 (Sector : Los Hornos)

 A : Altura Total (m) - DAP  
 B : Area Basal ( $m^2$ ) - DAP  
 C : Tabla de Rodal


Sector	A	B	C	D
Area basal (m²/ha)	2,3	2,5	19,1	3,0
Nº de árb / ha	300	180	580	20

**CUADRO 4**  
**INTERVENCION AL RENOVAL - AÑO 0 (ROBLE)**  
 (Edad: 41 Años, Sector Los Hornos)

Situac. después de la intervención	Rango	Area basal m <sup>2</sup> /ha	% Area basal relac. a B+C+D	N/ha
Estrato en envejecimiento (a cosechar - anillar)	D	3,0	12,2	20
Estrato a extraer	B	2,5	10,2	160
Estrato remanente (A proyectar)	C	19,1	77,6	560
Estrato remanente (Interm. y Suprimido)	A	2,3		300
Total	A + B + C + D	26,9		1.040

**CUADRO 5**  
**PROYECCION ROBLE**  
 Sector Los Hornos

Año	0	5	10	15
ROBLE (RODAL)				
DAP (cm)	20,9	23,8	27,2	31,8
E	41	46	51	56
DISTME (m)	4,2	4,2	4,7	4,7
N/ha	560	560	450	450
AB (m <sup>2</sup> /ha)	19,2	24,9	26,2	35,7
IDAPA (cm)	0,57	0,67	0,91	1,21
VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)				
Remanente	164	219	234	327
A extraer	* 48		57	327

\* : Volumen a extraer del sector B y D, correspondiente a las clases diamétricas 14 y 44.

□ : Valores extrapolados.

*Proyección de un rodal de roble-raulí (Edad: 31 años)*

El rodal de raulí-roble está constituido por 944 árboles/ha de los cuales el 75% corresponden en igual proporción a las especies Roble y Raulí. Los individuos restantes son coigües, tepas, tineos y avellanos.

Para la proyección del rodal, este se dividió en estrato suprimido - intermedio hasta la clase DAP 10 (A), estrato codominante y dominante a proyectar entre las clases DAP 12 a 28 (B) y estrato dominante a eliminar sobre la clase DAP 30 (C). (Cuadro 6 y Figura 6).

El estrato a eliminar está constituido por árboles de gran tamaño en relación a los árboles a proyectar. La escasa luz disponible para estos últimos se refleja en crecimientos diamétricos bajo 0,5 cm/año durante sus primeros 31 años. El grupo de árboles remanentes a proyectar está constituido por 592 individuos, de los cuales hay 192 robles, 192 raulíes y 208 árboles entre coigües, tepas, tineos y avellanos.

La proyección se planteó para un período de 20 años. No se excedió este lapso por limitaciones en el modelo de crecimiento.

Al inicio del período, el volumen a extraer es de 247 m<sup>3</sup>, correspondiente a coigües, tineos y avellanos. Después de 10 años se extraen 59 m<sup>3</sup> de roble - raulí. Finalmente, al término del período (20 años), se explotan 150 m<sup>3</sup> de roble y 78 m<sup>3</sup> de raulí.

Es de suponer que en un período de 30 años, considerando la realización de raleos, los árboles alcanzarían diámetros medios de al menos 40 - 50 cm.

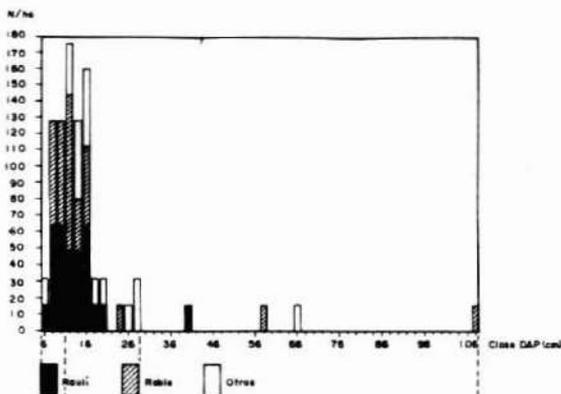
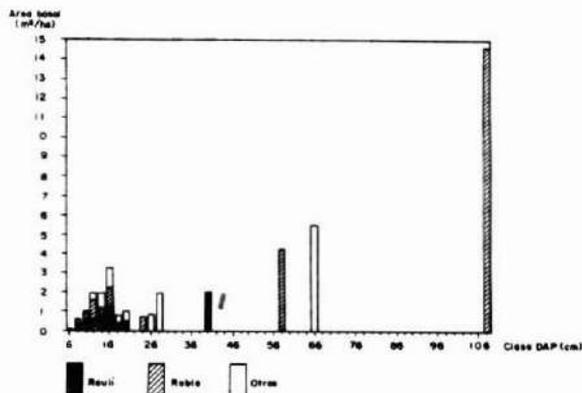
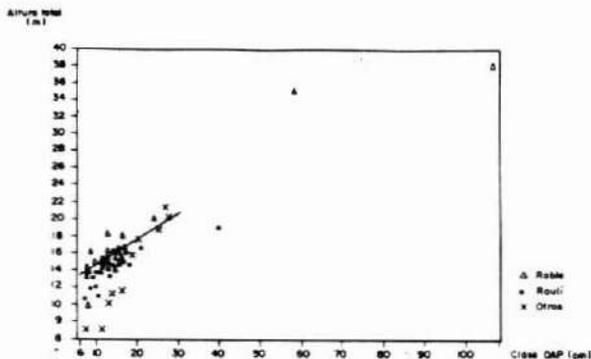
**CUADRO 6**  
**INTERVENCION AL RENOVAL - AÑO 0 (ROBLE)**  
**(Edad: 31 Años, Sector FUY)**

Situac. después de la intervención	Rango	Area basal m <sup>2</sup> /ha	% Area basal en relac. a B+C	N/ha
Estrato suprim. - interm.	A	1,7		288
Estrato a proyectar	B	12,6	32,2	592
Estrato a cosechar (anillar) en envejecim.	C	26,4	67,7	64
Total	A+ B+ C	40,7		944

**FIGURA 6**  
**A, B, C: ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0**

(Especie : Roble)  
 (Edad : 31 Años)  
 (Sector : Pto. Fuy)

A : Altura Total (m) - DAP  
 B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
 C : TABLA DE RODAL



Sector	A	B	C
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	1,7	16,3	26,4
Nº de arbo/ha	288	880	84

**CUADRO 7**  
**PROYECCION ROBLE**  
Sector Fuy

Año	0	5	10	15	20
<b>ROBLE</b>					
DAP (cm)	14,3	18,7	25,2	28,8	32,9
E	31	36	41	46	51
DISTME (m)	4,1	4,1	5,1	5,1	5,1
N/ha	192	192	192	192	192
AB (m <sup>2</sup> /ha)	3,1	5,3	9,6	12,5	16,3
IDAPA (cm)	0,89	0,65	0,72	0,81	
<b>RAULI</b>					
DAP (cm)	15,0	18,1	20,9	23,8	26,4
E	31	36	41	46	51
DISTME (m)	4,1	4,1	5,1	5,1	5,1
DC (m)	4,1	4,1	5,1	5,1	5,1
N/ha	192	192	192	192	192
AB (m <sup>2</sup> /ha)	3,4	4,9	6,6	8,5	10,5
IDAPA (cm)	0,61	0,55	0,58	0,52	
<b>*COIGUE, TEPA, TINEO, AVELLANO</b>					
DAP	18,0	20,0	22,0		
DISTME	4,1	4,1	4,1		
AB (m <sup>2</sup> /ha)	5,3	6,5	7,9		
N/ha	208	208	**208		
<b>A NIVEL DE RODAL: RAULI, ROBLE Y OTROS</b>					
DISTME (m)	4,1	4,1	5,1	5,1	5,1
AB (m <sup>2</sup> /ha)	11,8	16,7	24,1	21,0	26,8
N/ha	592	592	**384	384	384
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ha)</b>					
Remanente Ro.	23	44	85	113	150
Ra.	20	30	42	59	78
Otros	37	47	59		
A extraer Ro.	180				150
Ra.	21				78
Otros	46		59		
Σ a extraer	247		59		228

\* : La proyección de coigüe, tepa, tino y avellano se hizo considerando 0,4 cm de incremento diametral anual.

\*\* : Se extraen 208 árboles de Co., Te., Ti. y Av. con un DAP = 22,0 cm.

⋮ : Valores extrapolados.

### *Discusión acerca de las intervenciones a renovales de roble*

Los dos rodales estudiados, a pesar de contar con un raleo suave, realizado diez años antes de la medición, presentan un número de árboles demasiado alto como para aumentar en forma espontánea la velocidad de crecimiento de los individuos. En ambos casos los árboles a proyectar tuvieron un crecimiento en diámetro de 0,5 cm por año, en períodos de 31 y 41 años, respectivamente. El hecho de liberarlos de sus competidores más directos permite incrementar el crecimiento diametral en un 50%.

El modelo de crecimiento diametral utilizado tiene validez sólo hasta los 46 años de edad, por consiguiente la proyección se realizó para un período de 15 y 20 años para los rodales de Los Hornos y Fuy respectivamente.

Sin embargo, en base a la gran capacidad de reacción de la especie frente a un mayor espaciamiento, aún a edad avanzada, podemos suponer que el incremento diametral se mantendría entre 0,8 - 1 cm/año. Por consiguiente si se alarga el período a 30 años, se lograrían diámetros medios de aproximadamente 40 cm.

El futuro para ambas situaciones debería definirse mediante el manejo de una combinación del material rebrotado y regeneración artificial o plantación.

### **El crecimiento de renovales de coigüe**

Los rodales de coigüe elegidos para el estudio corresponden a dos situaciones tipo:

- Rodal de coigüe, con avellanos y tiacas en el estrato inferior (Edad: 40 años).
- Rodal de coigüe, con tepas bajo dosel (Edad: 46 años)

### *Proyección de un rodal de coigüe - avellano - tiaca (Edad: 40 años)*

El rodal de coigüe - avellano - tiaca presenta 3.400 árboles por ha, de los cuales 48% son coigües. No hubo intervención previa. El área basal es de 47 m<sup>2</sup>/ha, y orienta sobre la ocupación del sitio para coigüe a la edad de 40 años.

El rodal se subdividió según el estado de desarrollo de los árboles en cuatro sectores.

El sector A agrupa a los árboles de los doseles inferiores, el sector B comprende los árboles dominantes y codominantes a extraer dentro de las clases diamétricas 16 - 18. El sector a proyectar (C) está formado por árboles dominantes y codominantes (clases 20 - 30). Los árboles de las clases diamétricas 34 - 36 conforman el sector D y corresponden a árboles dominantes (árboles lobo) que serán extraídos (Cuadro 8 y Figura 7).

El rodal se proyectó a un período de 15 años. No se excedió este rango por las limitantes de estimación que presenta el modelo de crecimiento diametral sobre la edad de 50 años.

Se comienza con una extracción de 96 m<sup>3</sup>/ha, principalmente de coigüe. Al finalizar un período de 15 años, se podrían explotar aproximadamente 250 m<sup>3</sup>/ha de esta especie con diámetros medios de 30 cm.

A pesar de que se liberó el estrato a proyectar de sus competidores más directos, el incremento diamétrico sólo alcanza 0,4 cm (Cuadro 9).

Si se proyecta el rodal por un período de 30 años, suponiendo un incremento diamétrico de 0,3 cm anuales, el diámetro medio podría superar los 35 cm. El volumen a esperar sería de aproximadamente 340 m<sup>3</sup>/ha.

**CUADRO 8**  
**INTERVENCION AL RENOVAL - AÑO 0 (COIGUE)**  
 (Edad: 40 Años, Sector Truful)

Situac. después de la intervención (Area basal)	Rango	Area basal m <sup>2</sup> /ha	% Area basal en relac. a B+C+D	N/ha
Estrato Domin. y Codom.	B+ C+ D	30,4	100,0	760
Estrato a extraer	B+ D	12,4	40,8	700
Estratoremante (Domy Cod.)	C	18,0	59,2	400
Estrato remanente (Interm. y Suprim)	A	17,1		2.640
Total	A+ B+ C+ D	47,5		3.400

**CUADRO 9**  
**PROYECCION COIGUE**  
 Sector Truful)

Año	0	5	10	15
COIGUE				
DAP (cm)	23,8	26,2	28,3	30,2
E	40	45	50	55
H. TOT. (m)	18,6	19,7	20,2	20,6
DISTME (m)	5	5	5	5
AB (m <sup>2</sup> )	17,8	21,6	25,2	28,7
N/ha	400	400	400	400
IDAPA (cm)	0,47	0,42	0,38	
VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)				
Remanente	145	180	214	247
A extraer Co.	93			247
A extraer Otros	3			

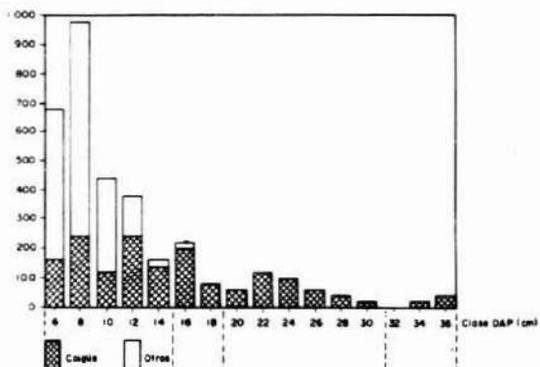
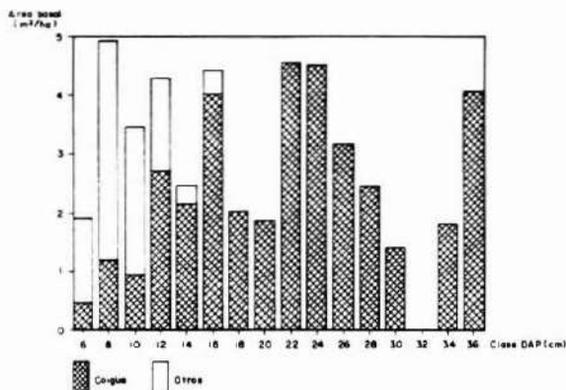
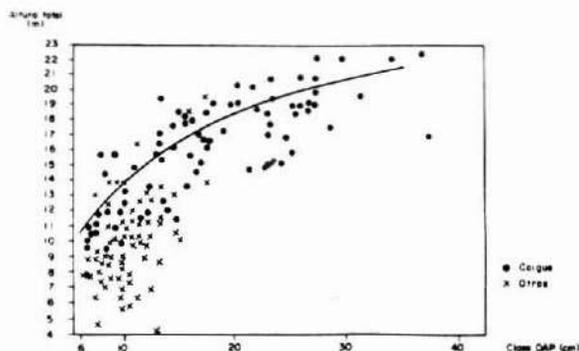
☐ : Valores extrapolados.

◻ : Valores estimados.

FIGURA 7 A, B, C,  
ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0

(Especie : Coigue)  
(Edad : 40 años)  
(Sector : Truful)

A : Altura Total (m) - DAP  
B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
C : Tabla de Rodal



Sector	A	B	C	D
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	17,1	6,5	18,0	5,9
Nº de arb/ha	2 640	300	400	60

**Proyección de un rodal de coigüe - tepa (Edad: 46 años)**

El rodal de coigüe - tepa presenta 760 árboles/ha con una área basal de 57 m<sup>2</sup>/ha. De éstos el 58% son coigües, el 32% tepas y el resto robles y raulíes. No se realizó raleo previo a la medición. El rodal se subsidió según el estado de desarrollo de los árboles. Entre las clases DAP 6 - 18 (sector A), se encuentra una fuerte presencia de tepas, con 220 individuos.

Los sectores B (Cl. DAP 20 - 24) y D (Cl. DAP 48 - 60) comprenden a los individuos que deberán eliminarse. Los árboles a proyectar se encuentran ubicados entre la clase DAP 28 y la 48 (sector C) (Cuadro 10 y Figura 8).

Los incrementos diamétricos a obtener con el esquema propuesto, se acercan a 1 cm. Por consiguiente, al cabo de 10 años el diámetro medio sería de aproximadamente 50 cm para los 240 coigües remanentes (Cuadro 11).

En términos de volumen, al inicio del período se extraen 120 y 12 m<sup>3</sup>/ha de Coigüe y Roble respectivamente. Después de 10 años, es decir, finalizando el período de proyección, se pueden explotar 420 m<sup>3</sup>/ha de Coigüe y 13 m<sup>3</sup>/ha de Tepa.

En el dosel suprimido - intermedio las tepas deben ser consideradas como un componente valioso de la generación siguiente. Podrían ser mezcladas en el futuro con plantaciones de árboles del género *Nothofagus*.

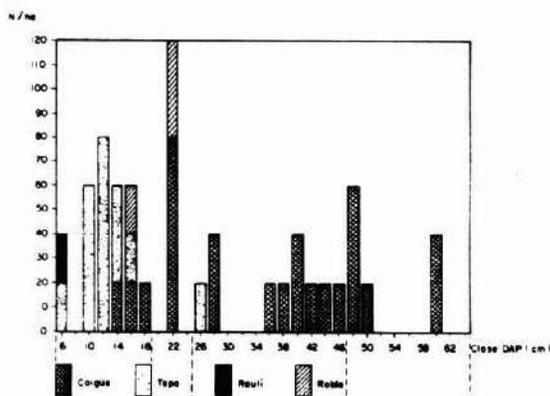
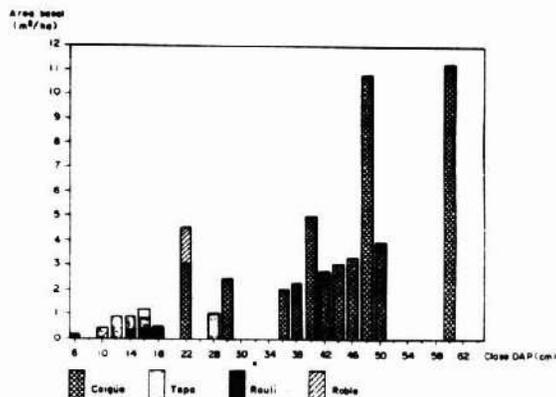
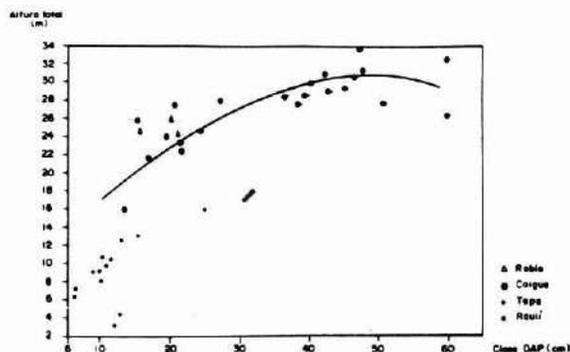
**CUADRO 10**  
**INTERVENCIÓN AL RENOVAL - AÑO 0 (COIGÜE)**  
**(Edad: 46 Años, Sector Los Hornos)**

Situac. después de la intervención (Área basal)	Rango	Área basal m <sup>2</sup> /ha	% Área basal en relac. a B+C+D	N/ha
Estratos Domin. y Codom.	B+C+D	52,6	100,0	440
Estrato a extraer	B+D	19,8	38,0	180
Estratoremanente (DomyCod.)	C	32,8	62,0	260
Estrato remanente (Interm. y Suprim.)	A	4,1		320
Total	A+B+C+D	56,7		760

FIGURA 8 A, B, C  
ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0

(Especie : Coigue)  
(Edad : 46 años)  
(Sector : Los Hornos)

A : Altura Total (m) - DAP  
B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
C : Tabla de Rodal



Sector	A	B	C	D
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	4,1	4,8	32,8	15,2
Nº de árboles/ha	320	120	280	80

**CUADRO 11**  
**PROYECCION COIGUE**  
**Sector Los Hornos**

Año	0	5	10
<b>COIGUE</b>			
DAP (cm)	40,5	44,9	49,5
E	46	51	56
H. TOT. (m)	28,7	30,5	30,7
DISTME (m)	6,2	6,2	6,2
* AB (m <sup>2</sup> )	33,5 (Co) + 1,1 (Te)	41,2 (Co) + 1,2 (Te)	50,0 (Co) + 1,4 (Te)
N/ha	240 (Co) + 20 (Te)	240 (Co) + 20 (Te)	240 (Co) + 20 (Te)
IDAPA	0,89	0,92	
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ha)</b>			
Remanente (Co)	277	343	420
(Te)	10	11	13
Total	287	354	433
A extraer (Co)	132		
(Ro)	12		
Total	134		433

\* : La tepa se proyecta con un incremento de 0,4 cm al año.

[---] : Valores extrapolados.

: Valores estimados

### *Discusión acerca de las intervenciones a renovales de coigüe*

Las dos situaciones estudiadas presentan condiciones de sitio diferentes. Esto queda de manifiesto al observar las alturas medias alcanzadas por los coigües, que en el caso de Truful es de 18,6 m y en Los Hornos 28,7 m, considerando una edad similar en ambos rodales.

Por otro lado, los incrementos diamétricos promedio fueron de 0,4 cm/año para el rodal de Truful y de 0,9 cm/año para Los Hornos.

Diferencias de sitio tan marcadas, implican objetivos de manejo distintos. En el sitio de rendimiento más alto (Los Hornos) el objetivo deberá apuntar a producir árboles de grandes diámetros, para obtener madera de calidad. En el sitio de menor rendimiento deberá optarse por maximizar el volumen, sin intervenciones intermedias de alto costo.

El futuro de las especies acompañantes en el estrato inferior, dependerá de su valor comercial y rendimiento. Si estas son avellanos y tiacas, en el ejercicio se optó por su eliminación para incentivar el crecimiento de la especie principal, coigüe. Si las especies acompañantes en el estrato bajo son tepas, que por su forma y dimensión podrían ser comercialmente atractivas, es recomendable mantenerlas. Una vez que se explotó el coigüe, es factible manejar el rodal con una mezcla de especies, dentro de las cuales las tepas tomarían un rol preponderante. En los sectores abiertos se pueden incorporar, según los objetivos de la empresa, especies del género *Nothofagus*.

### **El crecimiento de renovales de teпа**

Los rodales de teпа elegidos corresponden a las siguientes dos situaciones tipo:

- Rodal de teпа de 63 años, dominado por un estrato superior de roble. Ambos estratos están en la misma situación de ocupación de sitio.
- Rodal de teпа de 81 años, se encuentra dominado por un estrato superior de coigüe de gran participación en Area Basal.

### *Proyección de un rodal de teпа bajo dosel de roble (Edad: 63 años)*

El rodal de teпа bajo escaso dosel de roble presenta 3.500 individuos por ha con un área basal de 79 m<sup>2</sup>/ha. El 90% de los árboles son tepas, mientras que el resto se divide en robles y otras especies. En términos de área basal la participación de teпа es del 80%.

La mayoría de las tepas tienen un DAP inferior a 34 cm, a excepción de algunos individuos que se encuentran en la clase diamétrica 100. Estos, junto a árboles de otras especies conforman el estrato dominante, el que se extraerá al inicio del período (Cuadro 12, Sector D).

El sector a proyectar (C) está comprendido entre las clases diamétricas 18 - 34, agrupando tepas y otras especies. Estas últimas también serán eliminadas al inicio del período.

Las tepas de las clases DAP 12 a 18 son competidores importantes para el estrato remanente (C), razón por la cual también se eliminan al inicio. Los individuos ubicados bajo la clase DAP 12 cm, son árboles intermedios y suprimidos que no se consideran como competidores de importancia en esta etapa.

La eliminación del estrato dominante en envejecimiento con 31 m<sup>2</sup> de área basal, puede lograrse a través de la extracción y de anillamiento de los árboles.

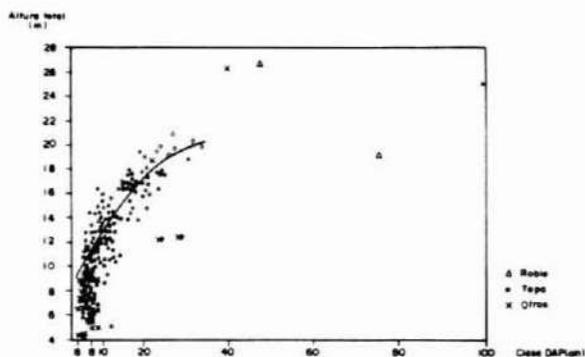
Al año de inicio del período, se pueden extraer 275 m<sup>3</sup>/ha (49% teпа, 42% roble, 9% otros).

La proyección de las tepas, en un período de 30 años permite obtener un DAP medio de 31 cm y una extracción final de 356 m<sup>3</sup>/ha.

**CUADRO 12**  
**INTERVENCION AL RENOVAL - AÑO 0 (TEPA)**  
**(Edad: 63 Años, Sector Molco)**

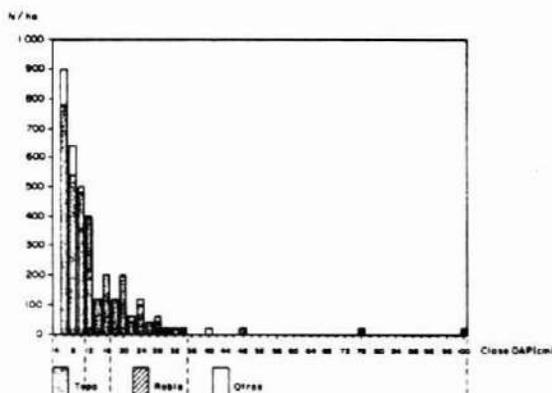
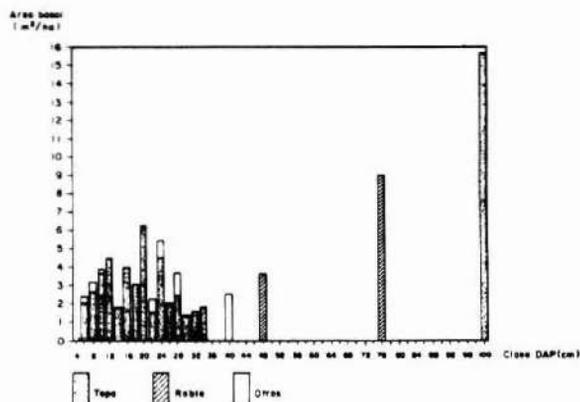
Situac. después de la intervención (Área basal)	Rango	Área basal m <sup>2</sup> /ha	% Área basal en relac. a B+ C+ C'	N/ha
Estrato dominante y codom. en envejecimiento A extraer	D	30,9		160
Estrato remanente dominante y codominante a proyectar	C	24,8	72,7	600
Indiv. a extraer del estrato C	C'	2,9	7,6	60
Estrato codominante-intermedio A extraer	B	10,4	27,3	720
Estrato intermedio-suprimido Remanente	A	9,7		1.800
Total	A+ B+ C+ C'+ D	78,7		3.280

FIGURA 9 A, B, C  
ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0



(Especie : Tepa)  
(Edad : 63 años)  
(Sector : Molco)

A : Altura Total (m) - DAP  
B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
C : Tabla de Rodal



Sector	A	B	C+C'	D
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	9,7	10,4	27,7	50,9
Nº de arb/ha	800,720	800		180

**CUADRO 13**  
**PROYECCION TEPA**  
**Sector Molco**

Año	0	5	10	15	20	25	30
DAP (cm)	22,5	24,2	25,6	26,9	28,2	29,5	30,7
HINIC (m)	9,6	11,3	11,6	11,7	11,9	12,1	12,2
E	63	68	73	78	83	88	93
H. TOT. (m)	17,6	21,0	21,4	21,7	22,1	22,4	22,6
AC (m)	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
N/ha	600	600	600	600	600	600	600
AB (m <sup>2</sup> ) (ha)	23,9	27,6	30,1	34,1	37,5	41,0	44,4
IDAPA (cm)	0,33	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	
<b>V O L U M E N (m<sup>3</sup>/ha)</b>							
Remanente Te	161						319
A extraer Te	134						319
A extraer Ro	114						
A extraer Otro	27						37
A extraer Total	275						356

HINIC : Se estimó como 0,54 \*H. TOT. La relación se basó en la situación inicial.

: Valores estimados

**Proyección de un rodal de tepa fuertemente dominado (Edad: 81 años)**

El rodal de tepa bajo dosel de coigüe contiene 1.160 árboles/ha con un área basal de 112 m<sup>2</sup>/ha. La dominancia del rodal está dada por 200 coigües con el 84% del área basal (figura 10). Este estrato (C), se elimina y/o anilla al inicio del período para liberar las tepas en el estrato inferior (Cuadro 14).

El estrato a proyectar se localiza entre las clases DAP 10 y 30 cm. Contiene 580 individuos, de los cuales sólo se dejan 480 tepas en pie. Los individuos de la clase DAP 8 o menores se consideran como competidores de poca importancia dejándose en pie. Con el esquema de intervención propuesto el AB remanente es de 12 m<sup>2</sup>. La relación entre este valor y el área basal del rodal al inicio del período indica una intervención extremadamente fuerte. Esta podría afectar la estabilidad del rodal a proyectar, sólo si las tepas que lo constituyen presentaran una relación altura · diámetro muy alta. Como esto no ocurre, ya que esta relación es de aproximadamente 0,7, se puede esperar que los daños por efectos del viento sean mínimos.

El volumen a extraer al inicio del período es de 844 m<sup>3</sup>/ha (99% coigüe) y al final del período es de 232 m<sup>3</sup>/ha de tepa.

Después de un período de 30 años, las Tepas proyectadas alcanzan un DAP medio de 28 cm.

**CUADRO 14**  
**INTERVENCION AL RENOVAL - AÑO 0 (TEPA)**  
 (Edad : 81 Años, Sector Los Hornos)

Situac. después de la intervención (Area basal)	Rango	Area basal m <sup>2</sup> /ha	% Area basal en relac. al total	N/ha
Estrato dominante y codom. (a extraer - anillar)	C	94,5	84,1	200
Estrato a proyectar	B	13,8	12,3	480
Indiv. a extraer estrato B	B'	2,5	2,2	100
Estrato suprimido-intermedio	A	1,6	1,4	380
Total	A+B+B'+C	112,4	100,0	1.160

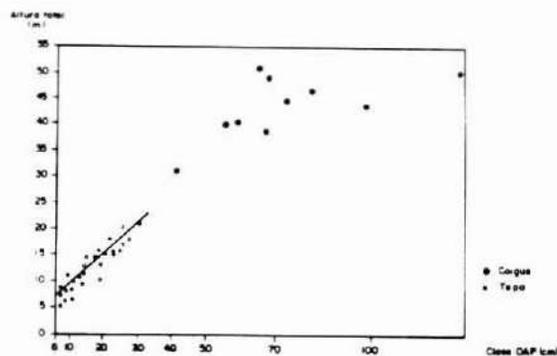
**CUADRO 15**  
**PROYECCION TEPA**  
**Sector Huilo**

Año	0	5	10	15	20	25	30
DAP (cm)	18,2	19,7	21,3	22,9	24,5	26,2	27,9
HINIC	5,2	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	7,0
E	81	86	91	96	101	106	111
H. TOT.	13	14,2	15,0	15,8	16,6	17,5	18,3
AC	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
N	480	480	480	480	480	480	480
AB	12,5	14,6	17,1	19,8	22,6	25,9	29,3
IDAPA	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	
V O L U M E N    m <sup>3</sup> /ha							
Reman. Te.	87						232
A extr. Co.	833						
A extraer							
Otr. + Ra.	11						
A extraer							
Total	844						232

HINIC : Se estimó como 0,38 \*H. Tot. La relación se basó en la situación inicial.

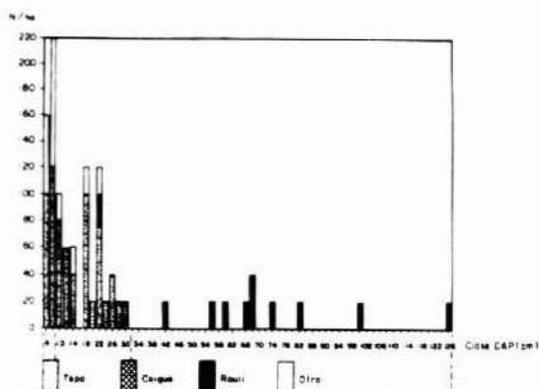
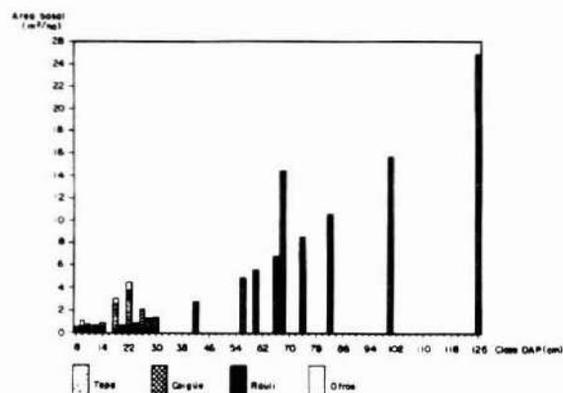
: Valores estimados

FIGURA 10 A, B, C  
ESTADO DEL RENOVAL AL AÑO 0



(Especie : Tepe)  
(Edad : 81 años)  
(Sector : Huilo)

A : Altura Total (m) - DAP  
B : Area Basal (m<sup>2</sup>) - DAP  
C : Tabla de Rodal



Sector	A	B+B'	C
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	16,3		24,5
N° de árboles	580		200

### *Discusión acerca de las intervenciones a renovales de tepa*

En muchos bosques del tipo forestal que incluyen la tepa como uno de sus componentes, la tradicional y continua extracción de los individuos del género *Nothofagus* ha transformado la composición de especies. De bosques claros se produjo el paso a rodales oscuros, debido al cambio en el estrato dominante de especies del género *Nothofagus* a especies de mayor tolerancia como la tepa.

Las dos situaciones descritas reflejan este fenómeno. En ambas, se encuentra un estrato dominante con un bajo número de individuos de grandes dimensiones, de roble en un caso y coigüe el otro. Debajo permanece un número suficiente de tepas para poder proyectar el rodal futuro.

Situaciones de este tipo dan la posibilidad de manejar el bosque en dos estratos.

El modelo de crecimiento utilizado, se construyó basado exclusivamente en tepas que estaban bajo un dosel superior de árboles del género *Nothofagus*. Por otro lado, las edades medias de las tepas para los dos rodales son bastante avanzadas. Ambos factores incidieron en que los crecimientos de las tepas de estos rodales, obtenidos por el modelo de crecimiento diametral, fluctúen entre 0,25 - 0,30 cm anuales. Es de suponer, que con una mayor disponibilidad de luz y a menor edad, el crecimiento de esta especie supere ampliamente lo medido.

### **Discusión sobre la proyección de renovales de raulí, roble, coigüe y tepa**

En la actualidad, gran parte de los renovales en Chile se encuentran dentro de la fase de desarrollo de crecimiento óptimo. En ésta, los árboles presentan un crecimiento vigoroso y los raleos favorecen en términos importantes a los individuos remanentes.

Muchos renovales se encuentran finalizando la fase de crecimiento óptimo, por lo que la capacidad de reaccionar frente a una liberación de los árboles es menor, aunque significativa.

Como información básica para estimar el potencial de crecimiento de un rodal antes de su intervención, debe conocerse su edad, composición y estructura. Esta información, junto a los antecedentes sobre demanda y precios de los productos a obtener, orientarán la decisión acerca de los tratamientos silviculturales a aplicar.

En relación al mercado de la madera de latifoliadas, se ha observado en los últimos años una baja en la oferta, debido a la eliminación de grandes reservas de estas especies en las zonas tropicales. En forma paralela ha aumentado la demanda por estas especies, producto del aumento de los ingresos en los países desarrollados.

Los precios de latifoliadas europeas han aumentado en respuesta a este fenómeno. Para *Fagus sylvatica* y *Quercus sp.*, la tendencia de precios en relación a (la conífera) *Picea* se ilustra en la figura 11.

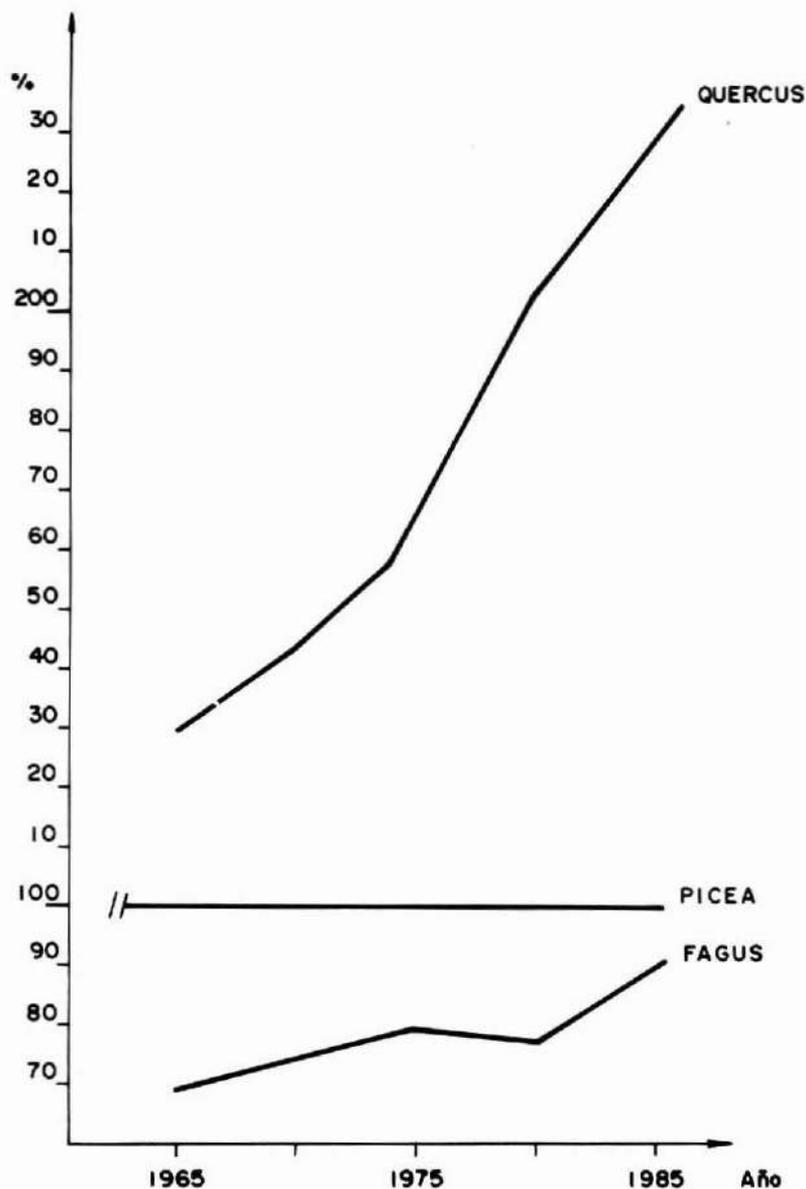
Especialmente notorio es el interés por madera de Encino la cual ha incrementado su valor de mercado en un 100% en relación a la de *Picea* en el transcurso de un período de 20 años.

Para madera de buena calidad de *Fagus sylvatica* los precios de rollizos a orilla de camino en la R.F.A. pueden llegar hasta US\$ 131, incluyendo diámetros sobre 20 cm (BURSCHEL y HUSS, 1987). Este precio podría tener validez como indicador para algunos *Nothofagus*, asumiendo cierta similitud entre éstos y los *Fagus*.

La tendencia del mercado de las latifoliadas, así como el alto rendimiento que se puede obtener en la mayoría de los renovales de *Nothofagus*, definen su objetivo de manejo. Este se traduce en la producción de madera de calidad con grandes diámetros para la cosecha final.

FIGURA 11

EVOLUCION DE LOS PRECIOS PARA MADERA DE ENCINO Y FAGUS SYLVATICA EN RELACION A PICEA (FUENTE: HUSS, 1989)



*El desarrollo de los renovales*

Prácticamente, toda primera intervención a un renoval, implica la extracción de un volumen económicamente atractivo, que se puede traducir en madera aserrada, leña y chips. Sólo en situaciones de renoval muy joven debería realizarse un raleo a deshecho.

Intervenciones al estrato codominante y dominante, reduciendo el AB del estrato a proyectar en un 30-40%, permiten extraer rollizos de dimensiones entre 15 y 40 cm.

En el área estudiada el crecimiento observado en el raulí es superior al que presenta roble, coigüe y tepa. Las proyecciones realizadas demuestran que la edad del rodal y la calidad del sitio, tienen gran influencia en el rendimiento de los árboles. Especialmente notorio es el caso de coigüe, ya que se duplica el rendimiento obtenido en el sector de Los Hornos, en relación al obtenido en el sector de Truful (Cuadro 16).

Las tepas, que crecen bastante más lento que los *Nothofagus*, por lo general deberán actuar como especie acompañante por dos o más generaciones, aprovechando su gran tolerancia a la sombra.

Con las proyecciones realizadas, se logran diámetros medios entre 30 cm y 51 cm para los *Nothofagus* y de 28 cm a 31 cm para las tepas, en períodos que fluctúan entre 10 y 30 años (Cuadro 14).

En la mayoría de las situaciones, desde el inicio del manejo se generan ingresos, a pesar de que existen pérdidas de volumen por pudrición. Esto sucede especialmente cuando se trata de árboles de un estrato superior sobremaduro.

**CUADRO 16****PROYECCION DE RENOVALES DE RAULI, ROBLE, COIGUE y TEPA, MANEJADOS  
(Area Neltume)**

Espec.	Sector	DAP (cm) (año 0)	Extracción (m <sup>3</sup> /ha)			Edad al año 0	Años a proy.	DAP (cm) Objetivo
			Año 0	Interm. + cosecha	Incram. anual (m <sup>3</sup> /ha)			
Raulí	Los Hornos	24,8	190	647	22,4	36	20	39,2
	Queb. Honda	20,1	/	1.000	31,1	24	30	51,4
Roble	Los Hornos	20,9	48	384	14,7	41	15	31,8
	Fuy	14,3	247	287	10,3	31	20	32,9
Coigüe	Truful	23,8	96	247	6,8	40	15	30,2
	Los Hornos	40,5	134	433	14,6	46	10	49,5
Tepa	Molco	22,5	275	356	6,5	63	30	30,7
	Huilo	18,2	844	232	4,8	81	30	27,9

### *La Silvicultura de los renovales*

La composición de especies y la estructura de los renovales es muy variada. En esta oportunidad se estudiaron las siguientes situaciones tipo:

- A : Renoval puro de *Nothofagus* (monoespecífico y mixto).
- B : Renoval mixto con *Nothofagus* en el estrato superior y especies tolerantes en el estrato inferior.
- C : Renoval de tepa bajo dosel de *Nothofagus* sobremaduro (especialmente coigüe).

En términos generales los renovales de *Nothofagus* en la fase de crecimiento óptimo deberían manejarse liberando los individuos del estrato a proyectar de sus competidores más directos a nivel de los árboles dominantes y codominantes. No se deberá extraer más del 30-40% del área basal de dicho estrato. Con esto asegura una maximización del incremento volumétrico, la estabilidad del rodal frente al viento y se evitan daños por insolación (GROSSE, 1987).

Esta recomendación es válida para las situaciones A y B, donde el estrato superior está formado por *Nothofagus*. Si se trata de un renoval mixto con especies tolerantes valiosas bajo un dosel de *Nothofagus* (elegimos caso B), puede considerarse un manejo en dos estratos. En este caso, y debido a su lento crecimiento, las especies tolerantes se proyectan a través de dos o más generaciones de *Nothofagus*. Esto significa que la repoblación de *Nothofagus* después de la cosecha estará protegida por un dosel abierto de especies tolerantes.

Al finalizar la siguiente rotación, sería posible cosechar entonces el grupo de especies tolerantes e intolerantes.

Una tercera situación se presenta cuando el renoval está formado por especies tolerantes, creciendo bajo un dosel de *Nothofagus* sobremaduros de bajo valor comercial. En este caso deberá buscarse la proyección de las especies tolerantes a través de raleos y la eliminación de los individuos viejos del estrato superior. Esto último se logra a través de la extracción cuidadosa del dosel superior de manera de evitar daños, o mediante el anillamiento en pie. Con este esquema se puede lograr un renoval puro de especies tolerantes.

Los esquemas analizados entregan posibilidades de manejo para renovales en uno y dos estratos, combinando especies de mayor y menor tolerancia a la sombra. La orientación que se le dé a los rodales, referida a la elección de las especies a proyectar depende de los objetivos del productor. Podrá elegir entre rodales puros de *Nothofagus* o mezclas de éstos con especies de mayor tolerancia.

Para un renoval entre 25 y 45 años, el período de espera hasta realizar la cosecha final podrá fluctuar según el caso entre 10 y 30 años. Antes de realizar la explotación definitiva, es posible consolidar la generación futura, a través de plantación y regeneración natural bajo un dosel que se debe abrir entre 5 y 10 años antes de la cosecha definitiva. Con esto se garantiza una mayor sobrevivencia de los individuos regenerados.

Generaciones futuras con árboles del género *Nothofagus*, establecidas con plantas de buena calidad y con las intervenciones silvícolas requeridas durante su desarrollo, podrían llegar a su edad de corta entre los 30 y 40 años. Especies tolerantes deberán proyectarse durante dos generaciones de *Nothofagus*, es decir, aproximadamente entre 60 y 80 años.

## CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones más importantes referidas a la situación actual de los renovales del área de Neltume, su proyección y su silvicultura.

- Los renovales se encuentran dentro de la fase de desarrollo, definida como crecimiento óptimo, lo que permite incrementar su rendimiento a través de raleos.
- Los objetivos del manejo deberán estar orientados en base a la creciente demanda mundial por la madera de latifoliadas de calidad.
- Las rectitudes de fuste y forma cilíndrica observadas para raulí, roble, coigüe y tepa, permiten una proyección de los renovales estudiados dentro del mercado mundial de latifoliadas.
- Al intervenir desde el comienzo de la fase de crecimiento óptimo se tendería a maximizar el rendimiento proyectado del rodal siendo factible llegar hasta un incremento volumétrico periódico de  $30 \text{ m}^3$  por ha al año. Para el caso del raulí se supera fácilmente un crecimiento diametral anual de un cm.
- De rodales del género *Nothofagus* manejados, se podrían esperar rotaciones entre 30 y 40 años.
- Con intervenciones tardías dentro de la fase del crecimiento óptimo se logran incrementos diametrales cercanos a 1 cm por año en el raulí, llegándose a incrementos volumétricos periódicos sobre  $20 \text{ m}^3$  por ha al año.
- Para las áreas estudiadas el rendimiento estimado para raulí supera al de los robles y coigües.
- El crecimiento de tepa es menor al de las especies del género *Nothofagus*. Por este motivo su permanencia en el rodal puede llegar a dos rotaciones de *Nothofagus*.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALVAREZ, S. (1977): Programa de Análisis de tallo en Fortran IV. Archivo del INFOR.
  2. BURSCHEL, P. y HUSS, J. (1987): Grundriss des Waldbaus. Paul Parey Hamburg - Berlin. 352 pp.
  3. CUBILLOS, V. (1987): Modelo de crecimiento diametral para raulí. Ciencia e Investigación Forestal N° 1. INFOR - Chile. pág. 68-76.
  4. CUBILLOS, V. (1988) a: Funciones de volumen y factor de forma para renovales de raulí. Ciencia e Investigación Forestal N° 3. INFOR - Chile. pág. 103-113.
  5. CUBILLOS, V. (1988) b: Funciones de volumen y factor de forma para renovales de coigüe. Ciencia e Investigación Forestal N° 4. INFOR - Chile. pág. 62-68.
  6. GROSSE, H. (1987): Desarrollo de renovales de raulí raleados. Ciencia e Investigación Forestal N° 2. INFOR - Chile. pág. 31-44.
  7. GROSSE, H. y CUBILLOS, V. (1987): Estudio de renovales de raulí. (Informe INFOR - CORFO). 124 pp.
  8. GROSSE, H., CUBILLOS, V., BOURKE, M. y URIARTE, A. (1988): Investigación Manejo Silvícola de diferentes tipos de Bosques Nativos. (Informe final INFOR - CORFO). 248 pp.
  9. GROSSE, H. (1989): Antecedentes para el manejo de renovales de raulí. Corma N° 206. Pág. 16-20.
  10. HUSS, J. (1989): La investigación del bosque nativo. (Charla ofrecida en el INFOR Marzo de 1989).
-

SELECCION DE PROCEDENCIAS DE PINO OREGON  
(*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO)  
EN LA ZONA SUR DE CHILE

Juan José Aguirre A. (\*)  
Johannes Wrann H. (\*\*)

RESUMEN

Se evalúan los resultados de tres ensayos de procedencias de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) establecidos en la VIII y X Regiones del país.

A la edad de 15 años se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los volúmenes de las diferentes procedencias ensayadas. Los mejores resultados se obtuvieron en los dos ensayos establecidos en la zona costera de la VIII y X regiones. Las procedencias de la zona Noroeste de Estados Unidos, especialmente las del estado de Washington son las que presentan los mejores crecimientos.

ABSTRACT

*A Douglas fir (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) provenance trial established in three Southern locations of Chile was assessed.*

*Fifteen years after the establishment, the total volumes are compared. ANOVA indicates the existence of statistically significant differences among the tested provenances. The best results were achieved in coastal experimental sites. The north western provenances (Washington State) showed the best growth rates, among the 10 seed origins tested.*

---

(\*) Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554 - Piso 4 - Santiago - Chile.  
(\*\*) Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554 - Piso 4 - Santiago - Chile.

## INTRODUCCION

Dentro del contexto forestal mundial, la especie Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) constituye una de las de mayor importancia económica. En su lugar de origen, Norteamérica, se distribuye ampliamente tanto en latitud como en longitud y ocupa una superficie de cerca de 13 millones de ha, con un volumen aproximado a 2.650 millones de metros cúbicos en pie. (USDA, 1982).

Debido a la gran capacidad de adaptarse y a las excelentes características de la madera, es una especie que se ha constituido en un recurso muy importante a nivel mundial. (UN, 1985).

En nuestro país esta especie fue introducida hace más de 90 años. Recién en 1928, se plantó en forma masiva en la zona de Traiguén. Dentro de las especies coníferas introducidas, el Pino Oregón es la segunda en importancia después de Pino Radiata. En efecto, hoy día ocupa una superficie de aproximadamente 11.000 ha, que se distribuyen preferentemente entre la IX y X Regiones (INFOR, 1987).

Previo a considerar esta especie en un programa de forestación, es de suma importancia analizar el origen de la semilla, ya que la procedencia es determinante en el éxito del establecimiento y productividad de las plantaciones.

En este trabajo se analizan la adaptabilidad y el crecimiento de 10 procedencias de Pino Oregón, establecidas por INFOR en 1968 en tres lugares de ensayo, situados en la VIII y la X Región.

## MATERIAL Y METODO

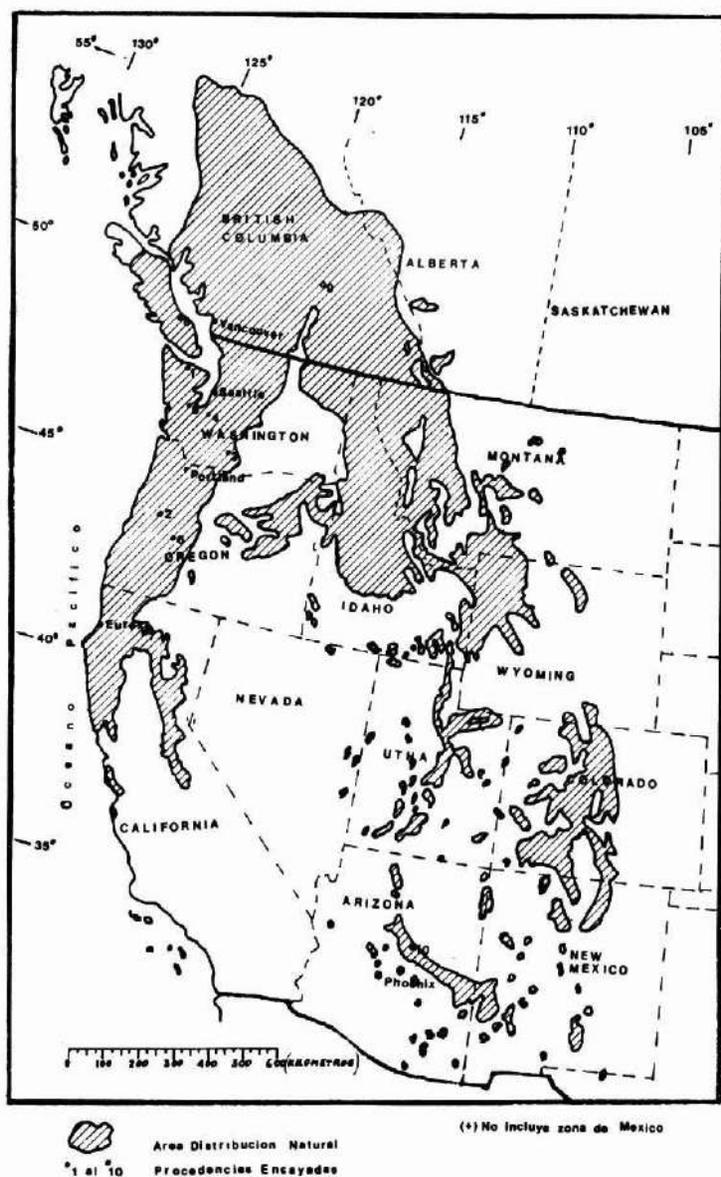
### *Lugares de Procedencia*

Las procedencias ensayadas provienen, en su mayoría, de las poblaciones costeras del Noroeste de los Estados Unidos y de la provincia de British Columbia, en Canadá. Sólo una corresponde a las poblaciones interiores, ya que proviene de Coconino, Arizona. En la Figura 1 se presenta el área de distribución natural del Pino Oregón excluyendo las zonas de México, (READ Y SPRACKLING, 1976) y se indican las procedencias ensayadas.

La ubicación geográfica se determinó según datos del proveedor de semillas (Silvaseed Company, Roy. Washington 98580, USA). La procedencia exacta dentro de la zona de Coconino, Arizona, se estimó de acuerdo al área de mayor ocurrencia natural del Pino Oregón.

En el Cuadro 1 se detallan los antecedentes de ubicación de los lugares de procedencia y los datos climáticos más relevantes. Estos se obtuvieron de las estaciones meteorológicas más cercanas a las zonas de origen de la semilla. (U.S. DEPT. OF COMMERCE, 1959 - 1965).

FIGURA 1  
AREA DE DISTRIBUCION NATURAL DEL PINO OREGON (\*)



(\*) Read and Sprackling, 1976

**CUADRO 1**  
**UBICACION DE LOS LUGARES DE PROCEDENCIA Y**  
**ANTECEDENTES DE CLIMA**

Lugar de Procedencia	Código Lugar de Procedencia	Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m.	Clima	
					Precipitac. mm/Año	Temperatura Media Anual °C
Joyce, Washington St.	1	48° 10' N	123° 40' W	23	1.973	9,6
Tidewater, Oregon	2	44° 20' N	123° 50' W	10	1.480	10,4
Randle, Washington St.	3	46° 40' N	121° 50' W	275	944	11,6
Tenino, Washington St.	4	46° 45' N	122° 40' W	55	1.973	9,6
Pe-Ell, Washington St.	5	46° 45' N	123° 15' W	55	1.480	10,4
Alpine Oregon	6	43° 42' N	123° 00' W	200	944	11,6
Ashland, Oregon	7	42° 10' N	122° 45' W	585	933	9,9
Alberni, B.C.	8	49° 24' N	124° 30' W	250	1.048	9,8
Salmon Arms, B.C.	9	51° 00' N	119° 30' W	350	1.369	9,4
Coconino, Arizona	10	34° 30' N	111° 25' W	1.000	462	8,9

*Lugares de ensayo y antecedentes de clima y suelo*

En el Cuadro 2 aparecen los lugares de ensayo, su ubicación geográfica, y los correspondientes datos climáticos generales.

**CUADRO 2**  
**UBICACION Y CLIMA DE LOS LUGARES DE ENSAYO**

Lugar	UBICACION			CLIMA		
	Latitud Sur	Longitud W	Altitud m.s.n.m.	Koepfen	Temp. Media Anual °C	Precipitación mm/año
Antiquina	38° 06'	73° 18'	50	C <sub>s</sub> b <sub>2</sub>	12	1.551
Llancacura	40° 12'	73° 30'	500	C <sub>f</sub> s <sub>b</sub> 2	10,6	1.929
Trafún	39° 38'	79° 51'	650	E H F	12	4.970

Fuente: FUENZALIDA H., 1967. ALMEYDA E, y SAEZ F., 1958.

En el cuadro 3 se detallan las características más relevantes de los suelos en los lugares de ensayos.

**CUADRO 3**  
**SUELOS DE LOS LUGARES DE ENSAYO**

Lugar de Ensayo	Origen	Textura	Profundid. cm	pH	Mat. orgán. % desde Hor. Inf. a Sup.	Nutrientes (ppm) Horizonte Inf. a Sup.		
						N	P	K
Antiquina	Ceniza Volcánica y sedimentos de mat. metamórfico.	franco-arenosa	70	5,7-6,0	3,6 - 12,8	5-30	1-1	62-186
Llancacura	Rocas metamórficas (Micasquistos).	franco-arenosa	50	5,3-5,6	3,0 - 14,4	5- 5	1-1	103-180
Trafún	Ceniza Volcánica.	franco-arenosa hasta arenosa	200	5,8-6,1	6,2 - 12,4	9-14	1-2	16- 62

Fuente: MELLA, 1965; IREN, 1974; BARROS D. y ROJAS P., 1979; PERALTA M. 1975.

## Metodología

### *Diseño estadístico, establecimiento y medición de los ensayos*

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental corresponde a una parcela de 49 plantas, con un espaciamiento de 3 x 3 m; de los cuales sólo se miden las 25 centrales.

La plantación se realizó en Julio de 1968, con plantas a raíz desnuda, con dos temporadas en el vivero sin repique (2:0), con un tamaño medio de 18 cm y una relación tallo: raíz de 1.1:1.

Las parcelas se midieron a los 2, 5, 10 y 15 años, excepto en Trafún, en donde no se realizó la tercera medición. En este informe se analizan los datos obtenidos en el último control, en el cual se midieron los siguientes parámetros: Supervivencia, Altura Total y DAP.

### Metodología de análisis

Con los datos obtenidos en cada ensayo, se calcularon los parámetros medios de: altura total en m, DAP en cm, número de árboles por hectárea y área basal por hectárea (m<sup>2</sup>/ha). En base a los parámetros de cada árbol vivo se calculó el volumen cúbico con corteza, según la fórmula de OPIE (1976). La función de volumen es la siguiente:

$$\log_{10} (D^2 H/V) = 4,762 - 5613 / (D + 127)^2$$

Se realizaron análisis de varianza para las variables de estado: altura promedio y volumen por hectárea. Debido a que en los ensayos de Antiquina y Trafún se habían destruido algunas parcelas, previo a realizar el análisis de varianza se utilizó la metodología que describe OSTLE (1964) y STEEL AND TORRIE (1960) para estimar los datos faltantes.

Al aplicar la Prueba de Bartlett se determinó que existía heterogeneidad en las varianzas, por lo que fue necesario realizar una transformación logarítmica (base 10), de acuerdo a lo que recomienda SACHS (1978).

Con el fin de determinar la existencia de interacciones entre los lugares de ensayo y las procedencias, se aplicó un análisis de varianza para series de experimentos, según lo descrito por PANSE y SUKATHME (1963) y COCHRANE y COX (1965).

## RESULTADOS

### Parámetros Medios y Volumen

Los resultados de los parámetros altura y DAP promedio, número de árboles por hectárea, área basal y volumen por hectárea se entregan en los Cuadros 4, 5 y 6 para los lugares de ensayo Antiquina, Llancacura y Trafún respectivamente. Las procedencias están ordenadas de mayor a menor volumen, en cada lugar de ensayo.

**CUADRO 4**  
**PROCEDENCIAS DE PINO OREGON**  
**CRECIMIENTO A LA EDAD DE 15 AÑOS**  
**Lugar de Ensayo: Antiquina**

Procedencia	Altura Promedio (m)	DAP Promedio (cm)	Número Árboles (/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
PE ELL (Wash. St.)	9,9	20,3	1044	34,7	147,5 a
RANDLE (Wash. St.)	8,9	19,9	1022	32,9	127,7 a
TIDEWATER (Oregon)	9,1	19,4	963	31,1	119,3 a
JOYCE (Wash. St.)	9,1	20,3	778	27,8	118,5 a
ALPINE (Oregon)	8,6	20,0	1022	33,5	117,3 a
ASHLAND (Oregon)	9,0	18,7	830	24,4	93,6 a
ALBERNI (B.C.)	7,3	15,3	733	18,2	70,2 b
TENINO (Wash. St.)	7,3	15,1	711	16,7	58,6 b
SALMON ARMS (B.C.)	6,6	15,5	726	16,6	54,0 b
COCONINO (Arizona)	6,3	14,3	519	11,3	34,9 b

Las procedencias que no presentan diferencias significativas entre sí se señalan con una misma letra. (Test de Duncan, 95% de confianza).

**CUADRO 5**  
**PROCEDENCIAS DE PINO OREGON**  
**CRECIMIENTO A LA EDAD DE 15 AÑOS**  
**Lugar de Ensayo: Llancacura**

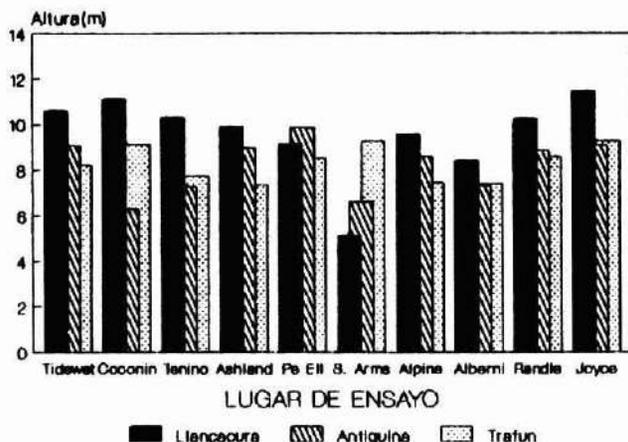
Procedencia	Altura Promedio (m)	DAP Promedio (cm)	Número Arboles (/ha)	Area Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
JOYCE (Wash. St.)	11,5	23,5	800	36,1	164,7 a
COCONINO (Arizona)	11,1	21,6	844	32,6	146,2 a
TIDEWATER (Oregon)	10,6	22,2	682	26,1	112,3 a
TENINO (Wash. St.)	10,3	20,7	667	24,0	103,1 a
RANDLE (Wash. St.)	10,2	23,2	548	21,8	97,4 a
ASHLAND (Oregon)	9,9	18,8	741	22,4	94,1 ab
ALPINE (Oregon)	9,6	19,4	637	22,2	93,3 b
ALBERNI (B.C.)	8,4	18,2	385	12,3	52,0 b
PE ELL (Wash. St.)	9,1	18,7	859	23,6	50,0 b
SALMON ARMS (B.C.)	5,1	11,0	563	5,9	14,1 c

**CUADRO 6**  
**PROCEDENCIAS DE PINO OREGON**  
**CRECIMIENTO A LA EDAD DE 15 AÑOS**  
**Lugar de Ensayo: Trafún**

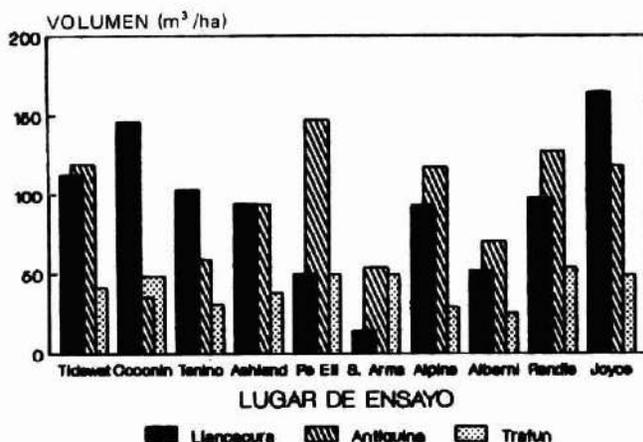
Procedencia	Altura Promedio (m)	DAP Promedio (cm)	Número Arboles (/ha)	Area Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
RANDLE (Wash. St.)	8,5	14,2	667	13,5	54,2 a
PE ELL (Wash. St.)	8,5	13,5	696	12,4	49,6 a
SALMON ARMS (B.C.)	9,3	13,6	733	12,7	49,6 a
JOYCE (Wash. St.)	9,3	13,3	682	11,0	49,3 a
COCONINO (Arizona)	9,1	15,2	519	11,3	48,4 a
TIDEWATER (Oregon)	8,2	11,6	978	11,8	41,8 a
ASHLAND (Oregon)	7,4	12,7	770	11,0	38,4 b
TENINO (Wash. St.)	7,7	11,2	867	9,6	31,0 b
ALPINE (Oregon)	7,4	11,8	682	8,3	29,2 b
ALBERNI (B.C.)	7,4	11,9	578	7,1	25,6 b

Con el fin de comparar más fácilmente el comportamiento de las procedencias con cada uno de los lugares de ensayo, los resultados de altura y volumen también se presentan en forma gráfica (Figuras 2 y 3).

**FIGURA 2**  
**ALTURAS MEDIAS POR PROCEDENCIA Y**  
**LUGAR DE ENSAYO**  
 Especie: Pino Oregón  
 Edad: 15 años



**FIGURA 3**  
**VOLUMEN POR PROCEDENCIA Y**  
**LUGAR DE ENSAYO**  
 Especie: Pino Oregón  
 Edad: 15 años



### Análisis Interacción Sitio - Procedencia

Al aplicar el análisis para series de experimentos entre los tres lugares de ensayo (PANSE V. G. y SUKATHME P.V., 1963; COCHRANE y COK, 1965) se determinó que existe interacción entre éstos y las procedencias (nivel de confianza 99%) para los parámetros altura media, volúmenes y sobrevivencia (Cuadro 7). Este análisis no arrojó diferencias significativas entre procedencias para todos los parámetros analizados, pero sí entre los lugares de ensayo. Sin embargo, según se indica en los Cuadros anteriores (N<sup>o</sup> 4 - 5 - 6), al analizar puntualmente cada lugar de ensayo, se determinaron diferencias significativas entre procedencias para el parámetro volumen (95% de confianza)

**CUADRO 7**  
**RESULTADO PARA SERIES DE EXPERIMENTOS**  
**Especie: Pino Oregon**

Fuente Var.	GL	Altura media	Area Basal	Volumen	Sobrevivenc.
Lugar	2	*	**	**	**
Procedencia	9	N S	N S	N S	N S
Interacción	18	**	N S	**	**

\* Significativo al nivel 95% de confianza.

\*\* Significativo al nivel 99% de confianza.

## DISCUSION

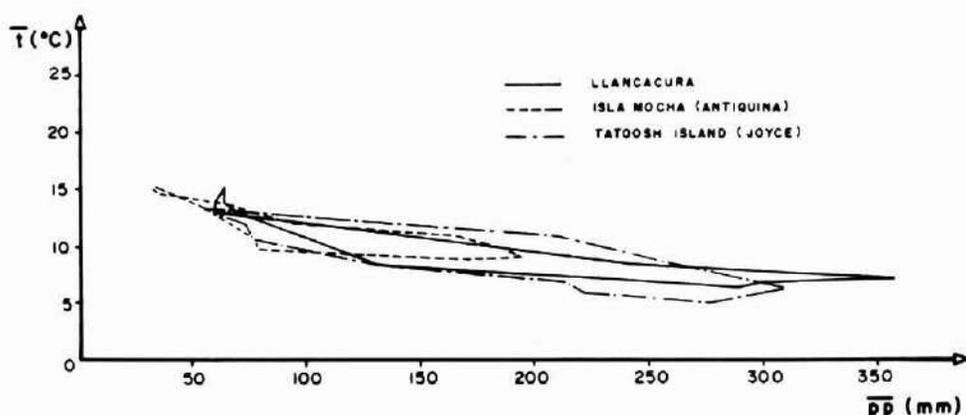
### El clima como factor de adaptación

Para comparar el clima de los lugares de procedencia y de los ensayos Llanacura y Antiquina, se superpusieron los climatogramas poligonales o hiterógrafos (CALDERON S., 1966) de cada lugar de procedencia con los del ensayo.

En general se observa una mejor adaptación de la especie cuando las condiciones climáticas de los lugares de procedencia y del ensayo son similares. Sin embargo en Llanacura esta tendencia se observa con menor claridad. Por otra parte llama la atención que en dicho lugar la procedencia de Coconino, cuyas condiciones de clima son muy distintas a las del ensayo, presente resultados satisfactorios.

Al comparar los resultados de los ensayos establecidos en Antiquina y Llanacura, se observa que los mejores corresponden a la procedencia Joyce (Washington) que presenta condiciones climáticas semejantes a los de los lugares de ensayo. (Figura 4).

FIGURA 4  
CLIMATOGRAMAS:  
JOYCE, ANTIQUINA Y LLANCACURA



### Resultados en Antiquina (Arauco)

Los crecimientos medios en volumen de las 10 procedencias de Pino Oregón ensayadas en Antiquina difieren entre sí significativamente. Las 6 procedencias típicamente costeras, identificadas con los números 1, 2, 4 y 5, que provienen de una zona climática similar al lugar de ensayo, presentan en general una buena adaptación, a pesar de haber crecido sometidas a una fuerte competencia hasta los 10 años de edad, ya que la plantación fue invadida por zarzamora (*Rubus sp.*). En el crecimiento inicial en altura se observaron diferencias significativas hasta la edad de 10 años (WRANN, 1979).

El suelo en el lugar de ensayo es fértil, profundo y bien drenado, lo cual favorece el desarrollo de la especie. CONTRERAS (1982) en un estudio realizado en la provincia de Valdivia determinó que la profundidad del horizonte A y el drenaje son las variables del suelo más importantes para determinar el índice de sitio de Pino Oregón.

A pesar de esta buena adaptación, los volúmenes estimados para las procedencias de mejor crecimiento son inferiores a los estimados en plantaciones comerciales en la zona de Villarrica (CONTRERAS y SMITH, 1973). Es necesario mencionar que se han empleado distintas funciones de volumen, en cada caso. Según dicho estudio, a los 15 años el volumen era de  $188\text{m}^3/\text{ha}$ .

Otro estudio de procedencias de Pino Oregón en la zona de Valdivia determinó volúmenes entre  $343$  a  $471\text{m}^3/\text{ha}$  a la edad de 17 años (DROPPelman, 1986), reflejando crecimientos muy superiores a los obtenidos en este estudio.

### Resultados en Llancacura

Llancacura presenta los mejores resultados de adaptación y crecimiento, aunque sólo levemente superiores a los del ensayo de Antiquina.

En este ensayo también se observan diferencias significativas entre procedencias, al comparar su crecimiento en volumen. Al igual que en Antiquina, las procedencias con mejor desarrollo son Joyce, Pe-Ell y Tidewater, todas de la zona del NW de Estados Unidos.

La procedencia de Coconino, Arizona, también presenta buenos resultados, a pesar de que las condiciones climáticas en su lugar de origen son muy diferentes. Es probable que este hecho sea algo excepcional, ya que normalmente las procedencias interiores son de crecimiento más lento (tal como aparece demostrado en el ensayo de Antiquina) aunque más resistentes a bajas temperaturas y sequía.

Siguiendo la misma tendencia del ensayo anterior, las diferencias en altura entre procedencias tienden a igualarse a medida que han pasado los años. Los mejores resultados también son inferiores a los obtenidos por DROPELMAN (1986) en Valdivia, pero semejantes a los logrados en Villarrica en el estudio de CONTRERAS y SMITH (1973).

### Resultados en Trafún

En este lugar, las procedencias ensayadas presentan un crecimiento en volumen bastante inferior, en relación a los otros dos ensayos. Esto se puede explicar por las condiciones en que crecieron inicialmente las plantas, las que estuvieron sometidas a una fuerte competencia del rebrote de la vegetación nativa, lo cual restringe el crecimiento y afecta las tasas de supervivencia. Además, el sitio del ensayo está a mayor altitud y por lo tanto presenta una temperatura media anual inferior y está expuesto a heladas más severas y prolongadas.

### CONCLUSIONES

De los ensayos analizados se concluye que las procedencias costeras del Noroeste de los Estados Unidos son las que mejor se adaptan en la zona centro sur de Chile, ya sea en condiciones costeras o de precordillera. Estos resultados, especialmente los obtenidos en Antiquina, confirman que la similitud climática es un buen punto de partida para la selección de procedencias. En efecto, numerosas investigaciones se han realizado en relación a este tema y la mayoría de ellas señala que hay diferencias muy significativas de desarrollo entre procedencias de diferentes regiones.

Comparando los ensayos analizados, la mejor área para el crecimiento de la especie resulta ser la Cordillera de la Costa de la X Región. Sin embargo, estos resultados son superados por los que obtuvo DROPELMANN (1986) en Valdivia, pero estas diferencias pueden deberse a las técnicas de establecimiento empleadas.

Específicamente, las mejores procedencias corresponden a Joyce (Washington), Pe-Ell (Washington) y Randle (Washington), además de la de Coconino (Arizona), que presenta buenos resultados en Llanacura.

Cualquier acción encaminada a utilizar esta especie como alternativa de forestación debe considerar necesariamente el origen de la semilla, pues los mejores resultados de crecimiento y supervivencia se han obtenido con aquellas que provienen de lugares similares a los de las zonas ensayadas.

### RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido preparado con los antecedentes del Proyecto Introducción de Especies Forestales, financiado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Los autores agradecen al señor Juan Carlos Bañados, por su participación en el análisis estadístico de los resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALMEYDA A., ELIAS y SAEZ S., FDO. Recopilación de datos climáticos de Chile y Mapas sinópticos respectivos. Ministerio de Agricultura. Santiago Chile, 1958.
2. BARROS, R., DANIEL y ROJAS, V. PATRICIO, 1979. Evaluación de Parcelas Experimentales de Introducción de Especies. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.
3. CALDERON S. SERGIO, 1966: Estudio preliminar fitoclimático de supervivencia en la introducción de algunas especies exóticas. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago.
4. COCHRANE, W.G. y COX, G.M. 1965. Diseños Experimentales Ed. F. Trillas México 661 p.
5. CONTRERAS A. J.M. y SMITH, G. BYRON. 1973. Estudio preliminar de Incremento y Rendimiento de Pino Oregón en la Región Sur de Chile. Tesis. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
6. CONTRERAS C. CARLOS. 1982. Índices de sitio para Pino Oregón en la provincia de Valdivia y sus relaciones con los sitios para Pino Insigne. Tesis, Facultad de Ingeniería Forestal. U. Austral de Chile. Valdivia.
7. FUENZALIDA H. 1967. Clima. En: Geografía Económica de Chile. CORFO. Edit. Universitaria, 1967 (p. 98 - 152).
8. DROPPPELMANN, FELMER, J. 1986. Evaluación de un ensayo de Procedencias de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB) Franco) de 17 años de edad (Fundo Las Palmas, Valdivia). Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia.
9. IREN. 1974. Estudio Integrado de los Recursos Naturales Renovables. Provincia de Valdivia. Corporación de Fomento de la Producción. 195 p.
10. INFOR. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Corporación de Fomento de la Producción, Gerencia de Desarrollo AF 86/32.
11. INFOR. 1987. Boletín Estadístico N° 6. Santiago. Chile.
12. MELLA, A. ARNOLDO. 1965. Estudio Agrológico de los Predios Antiquina, Luncao y Paicaví. Departamento de Agrología. Servicio Agrícola Ganadero. Santiago.
13. PANSE V. G. y SUKHATME P.V., 1963. Métodos estadísticos para investigadores agrícolas. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 350 p.
14. OPIE, J.E. 1976. Volume Functions for Trees of all Sizes. In: Forestry Technical Papers N° 25. Forest Commission. Victoria, Australia (p. 27 - 30).
15. OSTLE, BERNARD. 1964. Estadística Aplicada. Edit. Limusa. Wiley S.A. México.
16. PERALTA, P. MARIO. 1975. Ecología y Silvicultura del Bosque Nativo Chileno. Boletín Técnico N° 31. Fac. Cs. Forestales, Universidad de Chile, Santiago.
17. READ RALPH A., SPRACKLING, JOHN A. 1976. Douglas fir in Eastern Nebraska: A Provenance Study USDA, For Serv. Res. Pap. R.M. 178. 10 p. Rocky Mountain For. Exp. Sta. Fort Collins C.
18. ROCUANT, L.R. 1970. Importancia del origen de la Semilla. Chillán, U. de Concepción. Nota Informativa N° 8.
19. STEEL, G. D.R. and TORRIE, J. 1960. Principles and Procedures of Statistics with Special reference to the Biological Sciences. Mc. Graw-Hill N.Y. 481 p.
20. SACHS L. 1978. Angewandte Statistik. SPRINGER. V., N. York. 552 p.
21. U.S. DEPT. OF COMMERCE 1959: World weather Records 1941-50 U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
22. U.S. DEPT. OF COMMERCE 1965: World weather Records 1951-60. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
23. U.S.D.A. FOREST SERV. 1982. On analysis of the Timber Situation in the U.S. 1952 - 2030. For. Res. Rep. 23. Wash. D.C. 499 p.
24. 1985. The Forest Resources of the ECE Region (Europe, USSR. NA) United Nations, New York. 233 p.
25. WRANN, H., J. 1979. Resultados de Adaptación de 10 Procedencias de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) en Antiquina (Arauco) y Llanacura (Osorno). Instituto Forestal. Informe Interno no publicado.

**INCIDENCIA DE LA EDAD DEL ARBOL SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS Y  
MECANICAS DEL PINO RADIATA**  
*(Pinus Radiata D. Don.)*

Vicente Pérez Galaz (\*)

**RESUMEN**

El presente trabajo establece la influencia de la edad sobre las propiedades mecánicas del Pino Radiata mediante el ensayo de probetas libres de defectos, extraídas de árboles de 25 y 35 años. Al comparar los resultados para las dos poblaciones utilizando métodos normalizados, se demuestra que la resistencia de los árboles de mayor edad es superior a la de los árboles jóvenes obteniéndose, en promedio, un incremento igual a 20% para las diferentes propiedades mecánicas determinadas en estado verde y de un 11% para aquellas determinadas en estado seco al aire ( $H = 12\%$ ).

**ABSTRACT**

*This work establishes the influence of age on mechanical properties of Radiata Pine wood by testing small clear specimens, obtained from 25 and 35 year old trees. Comparing the results of the two populations using normalized methods, strength of older trees is shown to be higher than that of young trees, obtaining, on average, a 20% increase on the different mechanical properties determined in green condition and 11% for those determined in air dry conditions ( $H = 12\%$ ).*

---

(\*) Ingeniero Civil, Jefe División Industrias, Instituto Forestal, Huérfanos 554 Piso 5° Santiago - Chile.

## INTRODUCCION

La aplicación del Decreto Ley 701 de Fomento Forestal ha logrado que la actual superficie plantada de Pino Radiata (*Pinus radiata D. Don*) sea estimada en más de un millón de hectáreas.

Se considera que con este recurso la oferta nacional de madera en pie de Pino Radiata, en el año 2000, podría llegar a 41 millones de  $m^3$ , o sea tres veces mayor al volumen que se cortó en 1980, el cual fue de 9,3 millones de  $m^3$ .

Como lo más probable es que la demanda no tenga la misma tasa de crecimiento y que esto obligue a un aumento de la actual edad de rotación de las plantaciones de Pino Radiata (25 a 30 años) a edades mayores, se hace necesario y conveniente tener un panorama muy claro y preciso de lo que pasa con las propiedades físicas y mecánicas del Pino Radiata adulto, entendiéndose como tal a pino con edades de 35 años o más.

El objetivo del presente estudio es, por lo tanto, establecer si la madera del pino adulto tiene mejores propiedades que las determinadas en el pino joven (25 - 30 años).

Si esto se logra demostrar se posibilita: el uso de tal madera en campos que por ahora le están vedados debido a su baja resistencia (construcción habitacional y elementos estructurales), la comercialización de ella en mercados que ahora la rechazan y el aumento de su precio de venta.

Las propiedades se estudiaron en probetas estándares, en estado verde y seco al aire ( $H = 12\%$ ) y fueron: densidad, resistencia a la flexión estática y dinámica, resistencia a la compresión paralela y normal, cizalle, tracción normal, clivaje, dureza y extracción de clavo.

## METODO EXPERIMENTAL

### Material Utilizado

El material utilizado fue donado por la Empresa Forestal Arauco y estaba constituido por 10 árboles provenientes de un bosque de 25 años (pino joven) y por 10 árboles extraídos de un bosque de 35 años (pino adulto).

Se trató de que ambos rodales tuvieran características similares de clima y suelo para reducir la variabilidad de los resultados, lo cual se logró en la localidad de Horcones en la Comuna de Arauco.

Una vez seleccionados los diez árboles en cada edad, se les midió el DAP (ver Tabla N° 1) y luego fueron volteados y trozados. El trozado consistió en obtener 3 trozos de 0,6 m y dos de 2,4 m, siguiendo un orden alternado y partiendo con la troza de 0,6 m en el nivel inferior. Los trozos cortos se destinaron para el estudio de las propiedades químicas (pulpaje, contenido de lignina, etc.) y los trozos de 2,4 m para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas. El estudio químico lo tomó el Departamento de Productos Forestales de la U. de Concepción y el estudio físico-mecánico se realizó en los laboratorios del INSTITUTO FORESTAL.

De cada troza de 2,4 m se obtuvieron cuatro viguetas de 2" x 2" (5 x 5 cm) de sección transversal. Dos para obtener probetas en estado verde y las otras dos para probetas en estado seco al aire.

Se obtuvo así, en la mayoría de los casos 40 probetas por ensayo y por edad.

En resumen:

- Número de árboles por edad	: 10
- Número de trozas por árbol	: 2
- Número de viguetas por troza y por estado	: 2
- Número de probetas por viguetas y por estado	: 1
Total de probetas por edad, por ensayo y por estado	: $10 \times 2 \times 2 \times 1 = 40$

TABLA N° 1  
CARACTERISTICA Y TROZADO DE LOS ARBOLES MUESTREADOS

EDAD: 25 AÑOS				EDAD: 35 AÑOS			
ARBOL N°	DAP cm	TROZA (2,4 m)		ARBOL N°	DAP cm	TROZA (2,4 m)	
		Inferior N°	Superior N°			Inferior N°	Superior N°
1	35,0	50	51	1	56,0	70	71
2	36,5	52	53	2	64,0	72	73
3	31,0	54	55	3	66,0	74	75
4	36,0	56	57	4	57,0	76	77
5	35,0	58	59	5	48,0	78	79
6	31,0	60	61	6	40,0	80	81
7	31,0	62	63	7	47,0	82	83
8	29,5	64	65	8	56,0	84	85
9	36,0	66	67	9	52,0	86	87
10	36,0	68	69	10	57,0	88	89

### Propiedades estudiadas

De acuerdo a las prescripciones de las normas chilenas del INN se investigaron las siguientes propiedades: flexión estática, flexión dinámica, compresión paralela, compresión normal, cizalle paralelo tangencial y radial, clivaje tangencial y radial, tracción normal a las fibras tangencial y radial, dureza normal y paralela y extracción de clavo normal y paralela.

De cada una de las probetas se extrajeron muestras para determinar las siguientes propiedades físicas asociadas: el contenido de humedad y la densidad basada en:

- masa y volumen de la madera en el momento del ensayo (densidad de referencia y densidad normal).
- masa seca al horno y volumen en el momento del ensayo (densidad básica y densidad normal).
- masa y volumen seco al horno (densidad anhidra).

### Método de Ensayo

Los métodos de ensayo usados se ajustaron esencialmente a las prescripciones de las normas chilenas.

Se tuvo especial cuidado en que la selección de los elementos se hiciese al azar, especialmente en lo que se refiere a la ubicación de las viguetas en las trozas y a la elección de las probetas en las viguetas.

Una vez obtenidas las viguetas para las determinaciones y ensayos en estado verde, ellas se almacenaron en un depósito con agua hasta su procesamiento. Las viguetas destinadas al ensayo en estado seco al aire, permanecieron encastilladas hasta que se logró en ellas el contenido de humedad apropiado para su procesamiento.

### RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos y determinaciones en estado verde se encuentran detallados en la Tabla N° 2, y en la Tabla N° 3 para el estado seco al aire ( $H = 12\%$ ).

Cada una de las muestras formadas por los resultados de un determinado tipo de ensayo, fue sometida a la eliminación de valores extremos muy improbables, efectuada de acuerdo a las indicaciones de la norma ASTM D 178-61 T.

Para cada una de las propiedades ( $x$ ) estudiadas, se calculó la media ( $\bar{x}$ ), la desviación estándar ( $s_x$ ) y el coeficiente de variación ( $V_x$ ) de las  $n$  probetas correspondientes.

### Análisis de los Resultados

Los valores que se han obtenido en el presente estudio se comparan (ver Tabla N° 4 y N° 5) con aquellos que se determinaron en el año 1964 en una investigación realizada en el IDIEM de la Universidad de Chile y que correspondieron a un muestreo que consideró las principales regiones pineras del país. De ellas se eligió como patrón de comparación la de Arauco, que aportó 10 árboles provenientes de las localidades de Antihuala (5) y Curanilahue (5).

Las edades de los 40 árboles seleccionados en 1964 fluctuaban entre 25 a 30 años y por lo cual se pueden clasificar como pinos jóvenes. A este conjunto de ensayos se le ha identificado "muestreo nacional Arauco".

TABLE 2  
VALORES OBTENIDOS PARA EL ESTADO VERDE  
NORMA DE ENSAYO: ASTM – Nch (INN)

PROPIEDAD O DETERMINACION	UNIDAD	PINO JOVEN (Edad: 25 años)			PINO ADULTO (Edad: 35 años)		
		N° de Probetas	Media	Coef. de Variación (%)	N° de Probetas	Media	Coef. de Variación (%)
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	516	117,4	31,5	520	60,3	53,0
DENSIDAD							
De referencia	Kg/m <sup>3</sup>	516	823	3,4	520	692	23,0
Básica	Kg/m <sup>3</sup>	516	414	2,7	520	495	10,7
Anhidra	Kg/m <sup>3</sup>	516	470	2,6	520	505	13,1
FLEXION ESTATICA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	36	264,4	20,5	39	314,2	18,1
Módulo de Rotura	Kg/cm <sup>2</sup>	36	410,0	19,0	39	465,7	18,3
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	36	65,8	20,7	39	72,6	19,1
FLEXION DINAMICA							
Tenacidad Tangencial	N. cm	40	3.004	32,7	40	3.983	37,8
Tenacidad Radial	N. cm	40	2.788	31,2	40	3.451	48,0
COMPRESION PARALELA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	117,1	24,7	40	166,6	21,2
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	40	170,3	13,4	40	208,4	18,8
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	40	76,9	29,4	40	83,2	22,1
COMPRESION NORMAL							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	37,5	17,9	40	44,1	22,7
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	40	68,0	21,9	40	76,3	24,1
CIZALLE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	63,9	12,4	40	72,1	15,4
Resistencia Radial	Kg/cm <sup>2</sup>	40	55,5	18,9	40	63,7	13,5
CLIVAJE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm	40	38,3	19,3	40	42,5	16,5
Resistencia Radial	Kg/cm	40	32,6	20,9	40	36,9	24,1
TRACCION NORMAL							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	37,0	11,6	40	33,2	21,1
Resistencia Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	40	26,9	13,0	40	24,4	20,5
DUREZA (JANKA)							
Resistencia Paralela	Kg	40	218	17,0	40	263	23,9
Resistencia Normal	Kg	40	192	20,8	40	244	23,4
EXTRACION DE CLAVO							
Resistencia Paralela	Kg	40	19	68,4	40	49	28,6
Resistencia Normal	Kg	40	60	21,7	40	79	25,3

**TABLA N° 3**  
**VALORES OBTENIDOS PARA EL ESTADO SECO (H = 12%)**  
**NORMA DE ENSAYO: ASTM – Nch (INN)**

PROPIEDAD O DETERMINACION	UNIDAD	PINO JOVEN (Edad: 25 años)			PINO ADULTO (Edad: 35 años)		
		N° de Probetas	Media	Coef. de Variación (%)	N° de Probetas	Media	Coef. de Variación (%)
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	456	12,6	8,4	460	11,9	9,5
DENSIDAD							
Normal (1)	Kg/m <sup>3</sup>	456	522	15,2	460	544	12,5
Nominal (2)	Kg/m <sup>3</sup>	456	467	15,3	460	489	12,1
Anhidra	Kg/m <sup>3</sup>	456	484	12,7	460	505	12,7
FLEXION ESTATICA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	487,8	21,6	40	554,6	22,5
Módulo de Rotura	Kg/cm <sup>2</sup>	40	687,5	18,4	40	792,6	20,0
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	40	99,28	22,6	40	110,26	24,4
FLEXION DINAMICA							
Tenacidad Tangencial	N. cm	10	2.478	18,7	10	2.015	22,9
Tenacidad Radial	N. cm	10	1.910	11,2	10	1.655	12,0
COMPRESION PARALELA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	252,5	26,8	40	299,2	25,2
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	40	397,2	17,8	40	433,6	18,0
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	40	98,65	20,6	40	107,82	21,5
COMPRESION NORMAL							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	68,5	22,5	40	74,0	23,0
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	40	132,2	18,4	40	136,1	20,5
CIZALLE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	83,1	9,4	40	88,2	11,2
Resistencia Radial	Kg/cm <sup>2</sup>	40	79,7	4,8	40	80,8	5,9
CLIVAJE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm	39	50,2	15,1	40	54,0	22,6
Resistencia Radial	Kg/cm	40	37,9	19,5	40	36,3	25,2
TRACCION NORMAL							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	40	27,6	19,1	40	32,6	18,8
Resistencia Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	40	24,8	19,9	40	25,5	24,6
DUREZA (JANKA)							
Resistencia Paralela	Kg	40	446	12,1	40	472	11,7
Resistencia Normal	Kg	40	290	20,7	40	348	22,4
EXTRACION DE CLAVO							
Resistencia Paralela	Kg	37	32	50,0	40	54	38,6
Resistencia Normal	Kg	37	46	33,0	40	77	43,4

(1) Densidad Normal = cociente entre la masa y volumen, ambos determinados a un contenido de humedad igual a 12%.

(2) Densidad Nominal = cociente entre la masa anhidra y el volumen determinado a un contenido de humedad igual a 12%.

**TABLA 4**  
**COMPARACION DE LOS VALORES MEDIOS OBTENIDOS CON LOS DEL**  
**MUESTREO NACIONAL – ARAUCO (1964). ESTADO VERDE**

PROPIEDAD O DETERMINACION	UNIDAD	MUESTREO NACIONAL ARAUCO - 1964		PINO JOVEN		PINO ADULTO	
		Media	%	Media	%	Media	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	185,9	—	117,4	—	60,3	—
DENSIDAD							
Aparente	Kg/m <sup>3</sup>	—	—	823	100	692	84
Básica	Kg/m <sup>3</sup>	—	—	414	100	445	107
Anhidra	Kg/m <sup>3</sup>	403	86	470	100	505	107
FLEXION ESTATICA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	198	75	264,4	100	314,2	119
Módulo de Rotura	Kg/cm <sup>2</sup>	390	95	410,0	100	465,7	114
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	71,54	109	65,78	100	72,61	110
FLEXION DINAMICA							
Tenacidad Tangencial	N. cm	2725	91	3004	100	3983	133
Tenacidad Radial	N. cm	2551	91	2788	100	3451	124
COMPRESION PARALELA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	105,0	90	117,1	100	166,6	142
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	162,0	95	170,3	100	208,4	122
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	67,07	87	76,9	100	83,22	108
COMPRESION NORMAL							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	—	—	37,5	100	44,1	118
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	—	—	68,0	100	76,3	112
CIZALLE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	55,0	86	63,9	100	72,1	113
Resistencia Radial	Kg/cm <sup>2</sup>	46,0	83	55,5	100	63,7	115
CLIVAJE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm	38,0	99	38,3	100	42,5	111
Resistencia Radial	Kg/cm	33,0	101	32,6	100	36,9	113
TRACCION NORMAL							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	—	—	37,0	100	33,2	90
Resistencia Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	—	—	26,9	100	24,4	91
DUREZA (JANKA)							
Resistencia Paralela	Kg	197	90	218	100	263	116
Resistencia Normal	Kg	168	88	192	100	244	127
EXTRACION DE CLAVO							
Resistencia Paralela	Kg	21	111	19	100	49	258
Resistencia Normal	Kg	45	75	60	100	79	132
		<b>PROM.</b>	<b>91</b>	<b>PROM.</b>	<b>100</b>	<b>PROM.</b>	<b>120</b>

**TABLA 5**  
**COMPARACION DE LOS VALORES MEDIOS OBTENIDOS CON LOS DEL MUESTREO NACIONAL – ARAUCO (1964). ESTADO SECO (H = 12%)**

PROPIEDAD O DETERMINACION	UNIDAD	MUESTREO NACIONAL ARAUCO - 1964		PINO JOVEN		PINO ADULTO	
		Media	%	Media	%	Media	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11,7	–	12,6	–	11,9	–
DENSIDAD							
Normal (1)	Kg/m <sup>3</sup>	–	–	522	100	554	104
Nominal (2)	Kg/m <sup>3</sup>	–	–	467	100	489	105
Anhidra	Kg/m <sup>3</sup>	413	85	484	100	505	104
FLEXION ESTATICA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	400,0	82	487,8	100	554,6	114
Módulo de Rotura	Kg/cm <sup>2</sup>	689,0	100	687,5	100	792,6	115
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	89,32	90	99,28	100	110,26	111
FLEXION DINAMICA							
Tenacidad Tangencial	N. cm	1793	72	2478	100	2015	81
Tenacidad Radial	N. cm	1823	95	1910	100	1655	87
COMPRESION PARALELA							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	183,0	72	252,5	100	299,2	118
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	396,0	100	397,2	100	433,6	109
Módulo de Elasticidad	Ton/cm <sup>2</sup>	103,52	105	96,85	100	107,82	109
COMPRESION NORMAL							
Tens. Lím. de Proporc.	Kg/cm <sup>2</sup>	–	–	68,5	100	74,0	108
Tensión Máxima	Kg/cm <sup>2</sup>	–	–	132,2	100	136,1	103
CIZALLE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	78,0	94	82,1	100	88,2	106
Resistencia Radial	Kg/cm <sup>2</sup>	70,0	88	79,7	100	80,8	101
CLIVAJE							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm	54,0	108	50,2	100	54,0	108
Resistencia Radial	Kg/cm	37,0	98	37,9	100	36,3	96
TRACCION NORMAL							
Resistencia Tangenc.	Kg/cm <sup>2</sup>	–	–	27,6	100	32,6	118
Resistencia Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	–	–	24,8	100	25,5	103
DUREZA (JANKA)							
Resistencia Paralela	Kg	295	66	446	100	472	106
Resistencia Normal	Kg	215	74	290	100	348	120
EXTRACION DE CLAVO							
Resistencia Paralela	Kg	24	75	32	100	54	169
Resistencia Normal	Kg	39	85	46	100	77	167
		<b>PROM.</b>	<b>88</b>	<b>PROM.</b>	<b>100</b>	<b>PROM.</b>	<b>111</b>

(1) y (2): Ver notas en Tabla N° 3.

Para comparar los resultados obtenidos de las dos poblaciones en estudio se eligió el procedimiento que entrega la norma chilena NCh 1989 Maderas - Agrupamiento de Especies Madereras según su Resistencia - Procedimiento. El resumen de tal aplicación se incluye en la Tabla N° 6 y su resultado señala que el Pino Adulto queda en el grupo inmediatamente superior (en resistencia) que el Pino Joven.

La agrupación resultante, incluyendo todas las especies madereras para las cuales se cuentan con propiedades mecánicas confiables, se presenta en la Tabla N° 7, en la cual también aparecen el Pino Adulto y el Pino Joven estudiados.

Este agrupamiento se utiliza en la determinación de las Tensiones Admisibles aplicables a las maderas que se seleccionan mediante una clasificación estructural visual. Si se acepta que los grados estructurales que se pueden aplicar al Pino Radiata están comprendidos entre el Grado Estructural N° 3 (Razón de resistencia igual a  $RR = 0,48$ ) y el Grado Estructural N° 4 ( $RR = 0,38$ ) se obtiene, de acuerdo con la norma chilena NCh 1990 Madera - Tensiones Admisibles para Madera Estructural que, para un Grado Estructural determinado, la madera estructural proveniente de Pino Adulto mejora significativamente sus tensiones admisibles respecto a la que proviene del Pino Joven. Ver Tablas N° 8 y N° 9.

Para cuantificar esta mejoría en las Tensiones Admisibles, se compararán las resistencias admisibles de la madera estructural, clasificada visualmente en un hipotético Grado Estructural N° 4 ( $RR = 0,38$ ), proveniente de Pino Adulto y de Pino Joven, en ambos estados de contenido de humedad. Ver Tabla N° 10.

El incremento (en %) para cada una de las tensiones admisibles incluidas en esta comparación, tanto para el estado verde como para el estado seco al aire ( $H = 12\%$ ) se presenta en la Tabla N° 11.

**TABLA 6**  
**AGRUPACION DEL PINO JOVEN Y PINO ADULTO**  
Según NCh 1989

ESPECIE			PROPIEDAD EN ESTADO							
			VERDE				SECO			
Nombre Común	Nombre Científico	Antecedentes	Rf MPa	Ef MPa	Rc MPa	Grupo	Rf MPa	Ef MPa	Rc MPa	Grupo
Pino Radiata (Pino Joven) (Edad: 25 años)	Pinus radiata D. Don	Valor Grupo	40,2 E 6	6453 E 4	16,7 E 6	E 6	67,4 ES 5	9736 ES 5	39,0 ES 5	ES 5
Pino Radiata (Pino Adulto) (Edad: 35 años)	Pinus radiata D. Don	Valor Grupo	45,7 E 5	7120 E 4	20,4 E 5	E 5	77,7 ES 4	10813 ES 4	42,5 ES 5	ES 4

- \* : Rf : Módulo de Rotura  
Ef : Módulo de Elasticidad en Flexión  
Rc : Tensión Máxima den Compresión Paralela

**TABLA 7**  
**AGRUPACION DEL PINO JOVEN Y PINO ADULTO CON RESPECTO**  
**A OTRAS ESPECIES MADERERAS, SEGUN NCh 1989**

ESTADO VERDE		ESTADO SECO (H = 12%)	
GRUPO	ESPECIE MADERERA*	GRUPO	ESPECIE MADERERA*
E2	Eucalipto	ES2	Eucalipto
E3	Ulmo	ES3	Lingue
E4	Araucaria Coihue Coihue (Chiloé) Coihue (Magallanes) Raulí Roble Roble (Maule) Tineo	ES4	Araucaria Coihue Coihue (Chiloé) Laurel Lenga Mañío Hojas Largas Roble Roble (Maule) Tineo Ulmo PINO ADULTO (35 años)
E5	Alerce Canelo (Chiloé) Ciprés (Cordillera) Ciprés (Guaitecas) Laurel Lenga Lingue  Mañío Macho Olivillo Pino Oregón Tepa PINO ADULTO (35 años)	ES5	Alerce Canelo (Chiloé) Ciprés (Cordillera) Coihue (Magallanes) Mañío Macho Olivillo Pino Radiata (Muestreo Nacional) PINO JOVEN (25 años)
E6	Alamo Pino Radiata (Muestreo Nacional) PINO JOVEN (25 años)	ES6	Alamo Ciprés (Guaitecas) Mañío Hembra

\* Identificación por su nombre común.

**TABLA 8**  
**RELACION ENTRE EL AGRUPAMIENTO DE ESPECIES, LA CLASE**  
**ESTRUCTURAL Y LA CLASIFICACION VISUAL**  
**(GRADO ESTRUCTURAL) DE LA MADERA, SEGUN Nch 1990**

CLASIFICACION VISUAL		AGRUPAMIENTO DE ESPECIES			
IDENTIFICACION DEL GRADO	RAZON DE RESISTENCIA	ESTADO VERDE		EST. SECO (H=12%)	
		E5	E6	ES4	ES5
		CLAS. ESTRUCT.*		CLAS. ESTRUCT.*	
Grado Estructural N° 3	0,48	F 7	F 5	F 14	F 11
Grado Estructural N° 4	0,38	F 5	F 4	F 11	F 8

(\*) Las tensiones admisibles para estas clases estructurales se señalan en la Tabla N° 9.

**TABLA 9**  
**TENSIONES ADMISIBLES PARA LAS CLASES ESTRUCTURALES**  
**QUE INTERESAN, SEGUN Nch 1990**

CLASE ESTRUCTURAL	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)				MODULO DE ELASTICIDAD EN FLEXION MPa
	FLEXION	COMPRESION PARALELA	TRACCION PARALELA	CIZALLE	
F 14	14,0	10,5	8,4	1,25	9.100
F 11	11,0	8,3	6,6	1,05	7.900
F 8	8,6	6,6	5,2	0,86	6.900
F 7	6,9	5,2	4,1	0,72	6.100
F 5	5,5	4,1	3,3	0,62	5.500
F 4	4,3	3,3	2,6	0,52	5.000

1 MPa = 10.1927 Kg/cm<sup>2</sup>

TABLA 10

COMPARACION DE LAS TENSIONES ADMISIBLES PARA MADERA ESTRUCTURAL, CLASIFICADA VISUALMENTE, EN UN GRADO ESTRUCTURAL N° 4

ESTADO	VERDE		SECO (H = 12%)	
	PINO JOVEN	PINO ADULTO	PINO JOVEN	PINO ADULTO
Grupo Estructural (Ver Tabla 7)	E 6	E 5	ES 5	ES 4
Grado Estructural	N° 4 (RR = 0,38)			
Clase Estructural (Ver Tabla 8)	F 4	F 5	F 8	F 11
Tensión Admisible en Flexión	43,8 Kg/cm <sup>2</sup>	56,1 Kg/cm <sup>2</sup>	87,7 Kg/cm <sup>2</sup>	112,2 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión Admisible en Compresión Paralela	33,7 Kg/cm <sup>2</sup>	41,8 Kg/cm <sup>2</sup>	67,3 Kg/cm <sup>2</sup>	84,6 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión Admisible en Tracción Paralela	26,5 Kg/cm <sup>2</sup>	33,7 Kg/cm <sup>2</sup>	53,0 Kg/cm <sup>2</sup>	67,3 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión Admisible en Cizalle	5,3 Kg/cm <sup>2</sup>	6,3 Kg/cm <sup>2</sup>	8,8 Kg/cm <sup>2</sup>	10,7 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad en Flexión	50.986 Kg/cm <sup>2</sup>	56.085 Kg/cm <sup>2</sup>	70.360 Kg/cm <sup>2</sup>	80.558 Kg/cm <sup>2</sup>

TABLA 11

INCREMENTO DE LAS TENSIONES ADMISIBLES PARA MADERA ESTRUCTURAL  
PROVENIENTE DE PINO ADULTO RESPECTO A LA  
PREVENIENTE DE PINO JOVEN

TENSION ADMISIBLE	INCREMENTO (%) PARA ESTADO VERDE	INCREMENTO (%) PARA ESTADO SECO (H = 12%)
Flexión	28	28
Comprensión Paralela	24	26
Tracción Paralela	27	27
Cizalle	19	22
Módulo de Elasticidad en Flexión	10	14

## CONCLUSIONES

- En general se observa que los valores medios de las propiedades mecánicas del muestreo nacional (1964) son menores que las determinadas en este estudio. En promedio resultan, para la misma edad, un 9% menores en estado verde y un 12% más bajas para el estado seco (H = 12%).
- Los valores medios de las propiedades mecánicas del pino adulto (35 años) son mayores que los del pino joven (25 años), para árboles extraídos de zonas con condiciones climáticas similares. En promedio resultan un 20% más altas para el estado verde y un 11% mayores para el estado seco al aire (H = 12%).
- La densidad del rodal adulto se incrementa, en promedio en un 6% respecto al rodal joven.
- Si a los resultados obtenidos se le aplica el procedimiento normalizado en la NCh 1989 Maderas - Agrupamiento de Especies Madereras según su Resistencia-Procedimiento, se obtiene que:
  - El Pino Joven queda en los mismos grupos definidos para el Pino Radiata, los cuales quedaron establecidos con las propiedades mecánicas determinadas en el Muestreo Nacional (1964). Ello tanto en el estado verde como en el estado seco al aire. Se hace notar que la edad de los árboles usados en el muestreo de 1964 estaba comprendida entre 25 y 30 años.
  - El Pino Adulto queda en el grupo inmediatamente superior, en resistencia, que el Pino Joven, tanto en el estado verde como en el estado seco al aire (H = 12%).
- La posición del Pino Joven y del Pino Adulto en el agrupamiento final, considerando todas las especies madereras para las cuales se cuenta con propiedades mecánicas confiables se presenta en la Tabla N° 7, la cual sirve también como instrumento de comparación con las otras maderas que crecen en Chile. En esta comparación es necesario tener presente el origen de los árboles usados en el presente estudio.

- La mejoría de las propiedades mecánicas del Pino Radiata con la edad puede derivar en tensiones admisibles más altas, según se desprende de la aplicación de la norma NCh 1990 Madera - Tensiones Admisibles para Madera Estructural o los resultados de este estudio y aceptando un Grado Estructural hipotético con una razón de resistencia igual a:  $RR = 0,38$ , obtenido mediante una clasificación visual. Este incremento de las tensiones admisibles puede ser un 28% para la flexión, de hasta un 26% para la compresión paralela, de un 27% para la tracción paralela, entre un 19 y 22% para el cizalle y de un 10 a un 14% para el módulo de elasticidad en flexión. Lo anterior, considerando ambos estados del contenido de humedad de la madera. Ver Tabla N° 11.
- La madera de Pino Radiata adulto, es decir con edades iguales o superiores a 35 años tiene mejores propiedades resistentes que la del Pino Radiata de 25 años. Esto permite reubicar la madera estructural extraída de pinos adultos en Grados Estructurales superiores a los considerados hasta ahora para el Pino Joven (25 años), lo que puede derivar en lograr su comercialización en los mercados exigentes.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Recommended practice for dealing with outlying observations. ASTM Designation: E 178-68 En: American Society for Testing and materials. 1868 Book for ASTM standards with related material. Part. 30. Philadelphia (U.S.A.), 1968. pp. 434-450.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN) NCh 968. Madera. Selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de propiedades físicas y mecánicas. Santiago, Chile.

1. NCh 971. Madera. Determinación del contenido de humedad. Santiago, Chile. 3 p.
2. NCh 972. Madera. Determinación del peso específico de las probetas. Santiago, Chile. 3 p.
3. NCh 973. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de compresión paralela al grano. Santiago, Chile. 5 p.
4. NCh 974. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de compresión perpendicular al grano. Santiago, Chile. 5 p.
5. NCh 975. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas, Ensayo de tracción perpendicular al grano. Santiago, Chile. 5 p.
6. NCh 976. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de cizalle. Santiago, Chile. 5 p.
7. NCh 977. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de clavaje. Santiago, Chile. 6 p.
8. NCh 987. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de dureza. Santiago, Chile. 3 p.
9. NCh 979. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de extracción de clavos. Santiago, Chile. 4 p.
10. NCh 980. Madera. Determinación de la contracción. Santiago, Chile. 4 p.
11. NCh 986. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de tenacidad. Santiago, Chile. 5 p.
12. NCh 987. Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de flexión estática. Santiago, Chile. 5 p.
13. NCh 1989. Madera. Agrupamiento de especies madereras según Resistencia-procedimiento.
14. NCh 1990. Madera. Tensiones admisibles para madera estructural.
15. INSTITUTO FORESTAL. Recopilación de propiedades mecánicas de maderas creciendo en Chile. Instituto Forestal. Nota Técnica N° 8. 1967. 8 p.

# PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE POSTES DE PINO RADIATA CRECIDOS EN CHILE

Alberto Campos Barker (\*)

## RESUMEN

En este artículo se dan a conocer los resultados del ensayo normalizado de 315 postes a escala real y del ensayo de 8.500 probetas libres de defectos, destinados a conocer las propiedades físicas y mecánicas de los postes de pino radiata.

La metodología de ensayo fue expuesta en el artículo titulado "*Determinación de la resistencia de postes de pino radiata*", publicado en la edición N° 2 de esta revista.

Los ensayos se realizaron en tres estados: verde, seco e impregnado.

Se determinó que la tensión admisible de flexión de postes en estado seco aumenta en un 16% con respecto a postes en estado verde, y que la misma tensión disminuye un 25% en postes preservados a vacío y presión, frente a postes secos sin preservar.

Comparando los postes de pino radiata crecidos en Chile con los de la misma especie crecidos en Nueva Zelanda, se constató la similitud en las tensiones de ruptura entre ambos. Sin embargo, los módulos de elasticidad de postes de pino radiata crecidos en Nueva Zelanda son superiores hasta en un 32% a los crecidos en Chile.

Dado que una de las variables más importantes en la resistencia de los postes es la distancia entre verticilos, se entregan ecuaciones de correlación que permiten determinar las cargas máximas que soportarán los postes en función de esta variable.

## ABSTRACT

*This paper presents the results of a full size test of 315 Radiata pine poles under bending requirements and the results obtained by testing 8.500 small clear test specimens, in order to know the physical and mechanical properties of radiata pine poles.*

*The methodology of these tests was described in the paper entitled "Determination of radiata pine poles strength" published in this journal (Vol. 2).*

*The tests were performed with poles in three conditions: green, dry and preserved.*

*It was determined that, as compared to the green poles, the dry ones presented an allowable bending strength 16% higher, whereas the preserved poles presented values 25% lower than the dry ones.*

*Comparing the Chilean poles with those grown in New Zealand, the same kind of values for modules of rupture were found. Nevertheless, the modules of elasticity of the New Zealand grown poles were up to 32% higher.*

*Since one of the most important variables affecting pole resistance is the distance between whorls, functions that correlate this variable with maximum loads were developed.*

(\*) División Industrias, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Santiago.

## INTRODUCCION

El fuerte incremento en la producción de madera de pino radiata, no sólo se ha circunscrito a la madera aserrada, sino también ha provocado un importante aumento en el uso de postes de pino radiata. Es por esto que el Instituto Forestal realizó una investigación tendiente a llenar un vacío en este aspecto, cual es determinar las propiedades físico-mecánicas de los postes de pino radiata crecidos en Chile. Para determinar de manera real la resistencia de los postes, se consideró realizar los ensayos de acuerdo a la Norma ASTM D 1036-83 "Static Test of Wood Poles", la cual especifica que los ensayos principales deben realizarse a escala real y los ensayos secundarios en probetas libres de defectos. La metodología de ensayo se expuso en el número 2 de esta misma revista, motivo por el que se analizarán sólo los resultados de dichos ensayos, sin redundar en la explicación de la metodología de éstos.

El objetivo del presente trabajo es finalizar lo iniciado en aquel entonces, entregando en este número los resultados de los ensayos y las conclusiones que de ellos se deriven.

En la actualidad el Comité de Maderas del Instituto Nacional de Normalización ha aprobado la norma chilena NCh 2122 "Especificaciones y Dimensiones para postes de pino radiata", la cual regula y uniforma la clasificación de nuestros postes y además respalda una comercialización internacional, ya que se encuentra basada en normas reconocidas mundialmente como es el caso de las normas ASTM y ANSI.

## RESULTADOS

El desarrollo del proyecto contempló el ensayo normalizado a escala real de un total de 315 postes en estado verde, seco e impregnado con sales tipo C.C.A., así como 8.500 ensayos secundarios de probetas libres de defectos provenientes de los postes ensayados. A continuación se entrega una recopilación de los resultados más relevantes del estudio.

### Propiedades Físicas

Dentro de las propiedades físicas, para los efectos de este estudio, se consideró la determinación de la densidad y la humedad al momento de ensayo, y los valores que se obtuvieron son los siguientes:

TABLA 1  
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD

Estado	Contenido de Humedad (%)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	
		Básica	Anhida
Verde	51	436	485
Seco	13	461	366
Impregnado	18	480	505

### Características de Crecimiento

Una de las variables de mayor importancia en el resultado de la capacidad resistente de los postes fueron sus características de crecimiento, de éstas se midieron: Edad, porcentaje de albura, velocidad de crecimiento y conicidad. Los valores promedio de estas características son las entregadas en la Tabla 2.

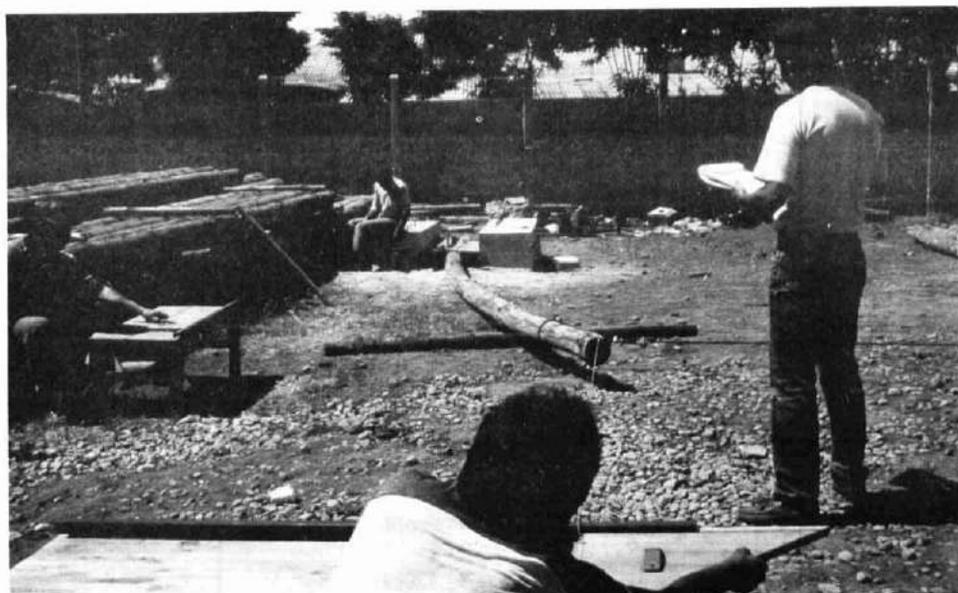
**TABLA 2**  
**PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO**

CARACTERISTICA	ESTADO		
	Verde	Seco	Impregnado
Edad (años)	21	22	24
Porcentaje de albura (%)	49	56	50
Velocidad de crecimiento (anillos/cm)	2,5	2,7	2,9
Conicidad (cm/m)	2,1	2,2	2,2

#### Propiedades Resistentes Derivadas de los Ensayos Principales

Los postes, tal como se muestra en la Figura N° 1, se sometieron a ensayos de flexión. Para ello se empotró el poste en una silla de hormigón y se aplicó una carga en el extremo superior hasta provocar la ruptura.

**FIGURA 1**  
**Ensayo de Flexión a Escala Real**



Los parámetros que se midieron y los resultados obtenidos se indican en las Tablas N° 3 y N° 4.

**TABLA 3**  
**RESULTADOS DE ENSAYOS PRINCIPALES**

TENSIONES DE FLEXION	ESTADO		
	Verde	Seco	Impregnado
Tensión en la línea de tierra (Kg/cm <sup>2</sup> )	537	679	614
Tensión de ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	512	645	584
Tensión admisible (Kg/cm <sup>2</sup> )	165	191	143
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	90.383	98.887	97.088

**TABLA 4**  
**CARGAS MEDIAS DE RUPTURA**

CLASE	CARGAS MEDIAS DE RUPTURA (Kg) Y ESTADIGRAFOS PARA ESTADOS:								
	VERDE			SECO			IMPREGNADO		
	NUMERO DE ENSAY.	VALOR MEDIO	COEF. DE VAR. (%)	NUMERO DE ENSAY.	VALOR MEDIO	COEF. DE VAR. (%)	NUMERO DE ENSAY.	VALOR MEDIO	COEF. DE VAR. (%)
5	30	960	14,9	26	1047	31,6	30	930	22,2
6	30	788	16,9	30	876	28,4	30	815	24,6
7	30	699	19,7	30	843	20,4	31	785	23,8
9	15	666	19,2	15	805	26,1	18	670	25,6

### Propiedades Resistentes Derivadas de los Ensayos Secundarios

Una vez que cada poste fue ensayado se obtuvieron de él probetas libres de defectos destinadas a realizar ensayos secundarios que permitieran establecer la relación entre la resistencia del poste y las probetas libres de defectos provenientes de éste. Los resultados obtenidos se indican en la Tabla N° 5.

**TABLA 5**  
**RESULTADOS DE ENSAYOS SECUNDARIOS EN FLEXION**

FLEXION ESTATICA	ESTADO		
	Verde	Seco	Impregnado
Tensión límite de proporcionalidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	301	543	420
Módulo de ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	503	795	648
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	84.840	101.609	86.879

### Ecuaciones de Regresión

Los resultados de la medición de la distancia entre verticilos en los postes ( $d_{vert}$ ) y la carga máxima promedio ( $\bar{P}$ ) de éstos, se pueden relacionar a través de las ecuaciones de regresión lineal indicadas, en las cuales se indica además el coeficiente de correlación correspondiente ( $r$ ).

**TABLA 6**  
**ECUACIONES DE REGRESION, ESTADO VERDE**

CLASE	ECUACIONES	r
5	$\bar{P} = 765,0 + 2,63 \times d_{vert}$	0,562
6	$\bar{P} = 446,3 + 4,73 \times d_{vert}$	0,549
7	$\bar{P} = 157,3 + 6,89 \times d_{vert}$	0,978
9	$\bar{P} = 29,0 + 6,05 \times d_{vert}$	0,993

**TABLA 7**  
**ECUACIONES DE REGRESION, ESTADO SECO**

CLASE	ECUACIONES	r
5	$\bar{P} = 389,7 + 9,28 \times d_{vert}$	0,285
6	$\bar{P} = 243,5 + 9,00 \times d_{vert}$	0,749
7	$\bar{P} = 479,0 + 4,99 \times d_{vert}$	0,851
9	$\bar{P} = 217,0 + 5,30 \times d_{vert}$	0,652

**TABLA 8**  
**ECUACIONES DE REGRESION, ESTADO IMPREGNADO**

CLASE	ECUACIONES	r
5	$\bar{P} = 1375,3 - 6,76 \times d_{vert}$	-0,207
6	$\bar{P} = 410,5 + 5,80 \times d_{vert}$	0,535
7	$\bar{P} = 29,6 + 9,06 \times d_{vert}$	0,938
9	$\bar{P} = 373,4 + 3,07 \times d_{vert}$	0,452

#### **Relación entre Resultados de Ensayos Principales y Secundarios**

Uno de los parámetros importantes de medir es encontrar la razón de resistencia (R.R.) y la razón de rigidez (R.R.e.) de los postes. La razón de resistencia se define como el cociente entre la tensión de ruptura media obtenida en los ensayos principales ( $\bar{R}_f$ ) y el módulo de ruptura medio obtenido en los ensayos secundarios ( $\bar{M}_r$ ).

La razón de rigidez se define como el cociente entre el módulo de elasticidad medio obtenido en los ensayos principales ( $\bar{E}_f$ ) y el módulo de elasticidad medio obtenido en los ensayos secundarios ( $\bar{M}_e$ ).

Los valores determinados para ambos parámetros son los que se indican en la Tabla 9.

**TABLA 9**  
**RAZONES DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ**

RAZON	ESTADO		
	Verde	Seco	Impregnado
$R.R. = \frac{\bar{R}_f}{\bar{M}_r}$	0,986	0,760	0,91
$R.R.e = \frac{\bar{E}_f}{M_e}$	1,060	0,790	1,12

La explicación de un valor mayor que la unidad de la razón de rigidez se encuentra en el efecto de la forma cilíndrica del poste, la cual le da un óptimo comportamiento estructural, además de la influencia de madera de mayor densidad en la periferia de la sección transversal, lo que influye sobre el momento de inercia del poste sometido a deformación aumentando su rigidez.

#### Comparación entre Postes Chilenos y Neozelandeces

Sin lugar a dudas, debido a las similitudes existentes resulta interesante realizar una comparación entre los ensayos de postes de pino radiata crecidos en Chile y los resultados de ensayos de postes de pino radiata crecidos en Nueva Zelanda, para esto se entregan las Tablas N° 10, N° 11 y N° 12.

**TABLA 10**  
**COMPARACION RESULTADOS CHILENOS Y NEOZELANDECES**  
**Estado Verde**

ORIGEN	NUMERO DE ENSAYOS	TENSION DE RUPTURA $R_f$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD $E_f$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	RAZON $P_1 / P_{m\acute{a}x}$
Chile	105	512	90.383	0,60
Nueva Zelanda	72	526	106.400	0,55

$P_1$  = Carga en el límite de proporcionalidad.

$P_{m\acute{a}x}$  = Carga máxima o de ruptura.

**TABLA 11**  
**COMPARACION RESULTADOS CHILENOS Y NEOZELANDECES**  
**Estado Seco**

ORIGEN	NUMERO DE ENSAYOS	TENSION DE RUPTURA $R_f$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD $E_f$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	RAZON $P_1 / P_{m\acute{a}x}$
Chile	101	645	98.887	0,69
Nueva Zelandia	12	697	123.769	0,52

$P_1$  = Carga en el límite de proporcionalidad.

$P_{m\acute{a}x}$  = Carga máxima o de ruptura.

**TABLA 12**  
**COMPARACION RESULTADOS CHILENOS Y NEOZELANDECES**  
**Estado Impregnado**

ORIGEN	NUMERO DE ENSAYOS	TENSION DE RUPTURA $R_f$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD $E_f$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	RAZON $P_1 / P_{m\acute{a}x}$
Chile	109	584	97.088	0,67
Nueva Zelandia	12	571	127.964	0,59

$P_1$  = Carga en el límite de proporcionalidad.

$P_{m\acute{a}x}$  = Carga máxima o de ruptura.

#### Comparación entre Ensayos en Estado Seco e Impregnado

El conocimiento de la variación en la resistencia de un poste en estado impregnado frente a un poste seco sin impregnar, entregará una relación cuantitativa del efecto que tiene sobre las propiedades físico-mecánicas el proceso de preservación a vacío y presión, la Tabla 13 entrega estas relaciones.

**TABLA 13**  
**PROPIEDADES ESTADO IMPREGNADO vs ESTADO SECO**

PROP. RESISTENTE	UNIDAD	ESTADO IMPREGNADO	ESTADO SECO	Razón = $\frac{\text{Est. Impregnado}}{\text{Estado Seco}}$
Tensión de ruptura	Kg/cm <sup>2</sup>	584	645	0,905
Tensión en la línea de tierra	Kg/cm <sup>2</sup>	614	679	0,904
Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>	97.088	98.887	0,981
Tensiór. admisible	Kg/cm <sup>2</sup>	143	191	0,748

## CONCLUSIONES

Para analizar los resultados de los ensayos principales de los 315 postes se determinaron ecuaciones de regresión que relacionan la tensión de ruptura ( $R_f$ ) con el módulo de elasticidad ( $E_f$ ). En este sentido se entrega la recta de regresión determinada directamente de los ensayos y la recta de regresión que excluye el 5%, es decir, con una confiabilidad estadística tal que el 95% tendrá una tensión de ruptura superior a la calculada mediante la ecuación.

**TABLA 14**  
**REGRESION  $R_f$  (vs)  $E_f$**

ESTADO	Nº DE ENSAYOS	RECTA DE REGRESION	RECTA DE REGRESION CON 5% DE EXCLUSION	r
Verde	105	$R_f = 333 + 1,95 \times 10^3 E_f$	$R_f = 202,4 + 1,95 \times 10^3 E_f$	0,623
Seco	101	$R_f = 73,2 + 5,8 \times 10^3 E_f$	$R_f = 145,4 + 5,8 \times 10^3 E_f$	0,756
Impregnado	109	$R_f = 222,2 + 3,7 \times 10^3 E_f$	$R_f = 188,3 + 3,7 \times 10^3 E_f$	0,582

En las propiedades mecánicas, como era de esperar, se produjeron diferencias de acuerdo al estado de los postes. La cuantificación de éstas es de suma importancia ya que entrega los factores de modificación a usar en un poste inicialmente en estado verde y que se usará en estado seco o impregnado.

El resultado de los ensayos indicó que la tensión admisible de flexión en un poste en estado verde se incrementó en un 16% al secar el poste. En un poste originalmente seco e impregnado a vacío y presión y secado posteriormente al aire, la tensión admisible de flexión disminuyó en un 25% debido al proceso de preservación.

Se pudo constatar durante los ensayos y posteriormente en el procesamiento de los datos obtenidos en ellos, la directa relación entre verticilos y la carga máxima que soporta el poste.

La mayoría de los postes fallaron en las secciones donde se encontraban los verticilos, además como era de esperarse, a mayor distancia entre verticilos mayor fue la carga soportada para postes de geometrías similares. Las ecuaciones que relacionan estas variables están dadas en las Tablas 6, 7 y 8.

Sin lugar a dudas, resulta muy interesante evaluar las razones de resistencia y rigidez, las cuales son excepcionalmente altas comparándolas con la madera aserrada de pino radiata. Sin embargo, en el caso de postes desempeña un factor determinante la geometría circular de éste, la cual le da favorables condiciones de inercia a los postes sometidos a flexión. Es por este motivo que el cociente entre valores de ensayos a escala real y los valores obtenidos en probetas libres de defectos es tan alto.

La comparación entre investigaciones realizadas en Nueva Zelandia y en Chile permiten notar la similitud de resultados en la tensión de ruptura entre los postes crecidos en uno y otro país. Sin embargo, los módulos de elasticidad medidos en Nueva Zelandia son superiores a los medidos en estos ensayos realizados en Chile en una proporción que fluctúa entre 18% y 32%.

Finalmente, resulta conveniente recomendar y fomentar el uso de la NCh 2122 "Postes de pino radiata, Especificaciones y Dimensiones", la cual regula y clasifica los postes de acuerdo a la metodología de la norma "American National Standards Institute 05.1-1979" "Specifications and Dimensions for Wood Poles", logrando así optimizar el uso de las propiedades resistentes de los postes de pino radiata crecidos en Chile.

## BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), U.S.A. "Specifications and Dimensions for Wood Poles" ANSI 05.1-1989.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, STATIC TEST OF WOOD POLES. ASTM - D 1036 - 1983.
3. CAMPOS B. ALBERTO (1987). Determinación de la resistencia de postes de pino radiata. INFOR. Chile. Ciencia e Investigación Forestal. Vol. 1 N° 2 Diciembre. pp. 93-107.
4. COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION, AUSTRALIA. "The Strength of Australian Poles Timbers". Paper N° 53, 1968.
5. FOREST RESEARCH INSTITUTE, NEW ZEALAND FOREST SERVICE. "Radiata Pine Wood Properties Survey (1977-1982), Bulletin N° 50, 1983.
6. FOREST RESEARCH INSTITUTE, NEW ZEALAND FOREST SERVICE. "The Strength of New Zealand Radiata Pine Poles", Technical Paper N° 36, 1965.
7. FOREST RESEARCH INSTITUTE, NEW ZEALAND FOREST SERVICE. "Wood Properties of Radiata Pine in Some Forest of the Bay of Plenty/Taupo Región", Bulletin N° 81, 1984.
8. PEREZ G. VICENTE y CAMPOS B. ALBERTO (1989). "Propiedades Físico-mecánicas de Postes de pino radiata crecidos en Chile. INFOR. Chile, Informe Técnico N° 115, Enero.

**APUNTES SOBRE PINO OREGON. 2. REGENERACION NATURAL DE LA ESPECIE.** Ute Kannegiesser S., Ing. Forestal. División Regional. Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción - Chile.

## INTRODUCCION

La regeneración es una fase importante en el ciclo de vida de un rodal porque establece la base del bosque futuro en cuanto a las especies y su calidad. Hasta hace algunos años la regeneración de los bosques vírgenes de Pino Oregon ocurría solamente en forma natural. La mayoría de los bosques que actualmente se manejan y explotan en EE.UU. se establecieron de esta forma.

Los tratamientos silvícolas ofrecen muchos métodos de corta, ordenación, alternativas para regenerar y manejar rodales. Estas técnicas aplicadas individualmente o en conjunto, permiten practicar un manejo óptimo de los recursos. Una de las labores más difíciles es encontrar un método ideal para regenerar o reforestar un terreno. Cada especie presenta características individuales de germinación, establecimiento, crecimiento y desarrollo, requiriendo condiciones especiales para cada una de estas etapas.

Al regenerar un sector por medio del proceso natural es importante disponer de información acerca de la producción y dispersión de semillas y las condiciones ambientales necesarias para su germinación y el posterior desarrollo de la plántula.

El objetivo de este trabajo es entregar antecedentes generales sobre la especie Pino Oregon (*Pseudotsuga menziesii*), haciendo referencia a temas como su producción y dispersión de semillas y métodos aplicables para su regeneración natural.

## PRODUCCION DE CONOS Y SEMILLAS

### Floración y fructificación

*Pseudotsuga menziesii* es una conífera monoica, es decir, un árbol presenta flores masculinas y femeninas separadas. En EE.UU. el ciclo reproductivo de Pino Oregon se extiende a lo largo de 17 meses (SPURR y BARNES, 1980).

Las yemas florales masculinas y femeninas se hacen visibles en julio o agosto, permaneciendo latentes hasta la primavera siguiente. Una vez abiertas, las flores femeninas de color verde-rojizo son receptivas al polen. La polinización se realiza en los siguientes 7 a 10 días, prolongándose por 2 a 3 semanas. Los conos péndulos fertilizados se desarrollan durante las últimas semanas de la primavera y el verano. Cuando han alcanzado su tamaño final, se lignifican, se secan y la semilla madura y es dispersada a mediados del otoño.

Los eventos fenológicos varían con la latitud, con la altitud, entre los árboles de una localidad y en la copa de un mismo individuo.

RODRIGUEZ (1975) menciona que en el fundo "Bellavista" en Traiguén (IX Región), la floración ocurre en el mes de septiembre y las semillas maduran en febrero. Para la localidad de Valdivia, BRUN (1963) describe flores femeninas de color verde-rosado que son polinizadas a principios de octubre. Durante el verano el estróbilo se lignifica y libera las semillas en marzo.

### Producción de conos y semillas

A partir de los 10 a 15 años de edad el Pino Oregon comienza a ser un gran productor de conos y semillas (ISAAC, 1943). La producción aumenta gradualmente con la edad, llegando a un máximo entre los 200 y 300 años. En árboles menores, los conos son más grandes y contie-

nen un mayor número de semillas viables. En la provincia de Arauco, CONTRERAS (1982) encontró árboles de 15 años de edad que producían conos y semillas fértiles. Según RODRIGUEZ (1975) en el fundo "Voipir", Villarrica, el Pino Oregón comienza a fructificar entre los 15 y 18 años.

*Pseudotsuga menziesii* en su hábitat natural produce semillas anualmente y, en forma abundante, cada 2 a 11 años. Por lo menos un fracaso ocurre junto con 2 o más fructificaciones bajas y medianas durante este período (ISAAC, 1943; ALLEN y OWENS, 1972). La producción de conos y semillas es muy variable en cada árbol y de año en año.

Para analizar la posibilidad de inducir estas producciones abundantes, REUKEMA (1982) realizó raleos de distinta intensidad y con diferente periodicidad en un rodal de 39 años, ubicado en la costa del estado de Washington. Durante 29 años ocurrieron 9 cosechas abundantes con intervalos de uno a 4 años. La producción anual fluctuó entre 0,1 y 3,1 millones de semillas por hectárea, con una viabilidad promedio de un 45%.

Los raleos de distinta intensidad no tuvieron efectos sobre la producción de conos y semillas en años de baja semillación. Sin embargo, se observó que inciden sustancialmente en los años de alta productividad. Esto quedó de manifiesto en rodales con raleo fuerte, al producir éstos casi tres veces más semillas que el testigo sin manejo (REUKEMA, 1982). Aunque no se pudo cuantificar la relación entre la producción de semillas y la intensidad del raleo, se observó que ésta aumenta por lo menos un 50% al reducir en un tercio el área basal. Este efecto sólo se logra después de la primera intervención.

La fertilización es un método comúnmente usado para inducir la fructificación en coníferas (PURITCH, 1972). Dos y cuatro años después de la aplicación de fertilizantes a una plantación de Pino Oregón de 20 años, MILLER y WERT (1979) encontraron mayores producciones de conos y semillas.

La época de aplicación del fertilizante es crítica para su efectividad. La producción de conos no se estimula si la aplicación ocurre dos semanas antes o después de la apertura de las yemas. Además, EBELL y McMULLAN (1970) demostraron que la aplicación de nitrógeno para inducir la fructificación en pino oregón es más efectiva en forma de nitrato que como amonio.

Las condiciones climáticas ejercen un efecto secundario sobre la producción de conos y semillas, determinando principalmente el período de dispersión. Durante 36 años, EIS (1973) observó la producción de conos de Pino Oregón en la isla Vancouver (Canadá) y concluyó que existe una relación con las condiciones climáticas. Dos años antes de la fructificación, los meses estivales julio y agosto deben ser húmedos y fríos, seguidos por otro verano cálido y seco. Al alternarse estas condiciones climáticas se obtuvieron producciones de 1.200 a 2.000 conos por árbol. Además de estas condiciones, heladas fuera de la época y vientos fríos pueden dañar, incluso abortar el estróbilo femenino. Persistentes precipitaciones impiden la polinización.

### Dispersión de semillas

Las semillas maduran a fines del verano y la dispersión se inicia aproximadamente 2 semanas después. Las condiciones climáticas, especialmente la temperatura y la humedad relativa, influyen en la apertura de los conos. Sus brácteas son leñosas y, por lo tanto, presentan contracción y dilatación. En condiciones climáticas secas se contraen y se abren, liberando las semillas. Con clima húmedo se cierran parcialmente, retardando la dispersión.

Al sur de Oregon, la dispersión de semillas se inicia antes que en la costa oeste de Columbia Británica y en el oeste y centro de Oregon. Esto se debe a que durante agosto las condiciones climáticas son más secas y favorecen la apertura del cono.

Al oeste de las Montañas Rocallosas, durante un año normal, dos tercios de las semillas de Pino Oregón caen antes de fines de octubre y el tercio restante se dispersa entre el otoño y la primavera (ISAAC, 1943).

La semilla de Pino Oregón se dispersa por gravedad y viento. ISAAC (1943) instaló trampas de 30 en 30 m del árbol para cuantificar la distancia de dispersión. El 39% de las semillas se colectó en el primer tramo de 30 m, un 44% en el rango que va de 60 a 150 m y el 17% restante se dispersó más allá de 180 m de distancia. De un estudio realizado en California, McDONALD (1980) concluye que las semillas de Pino Oregón no se dispersan más allá de 90 m. El 98% se diseminó dentro de un área máxima de una y media vez la altura de los árboles dominantes. La velocidad de caída de la semilla es 1,3 m/seg. Según McDONALD (1980) esta velocidad le permite alejarse más del árbol padre que lo detectado en su estudio. La razón de que esto no ocurriera se debió a que los árboles productores de semillas se encontraban protegidos dentro del rodal.

### Factores que afectan la producción de conos y semillas en el árbol y en el suelo

En su hábitat natural y en algunas regiones donde se ha introducido *Pseudotsuga menziesii*, las semillas y los conos son susceptibles al ataque de insectos, animales y aves.

Durante la floración y la formación de los conos, el daño más significativo es causado por larvas. En EE.UU., los conos y las semillas son dañados por una polilla (*Barbara colfaxiana*) que deposita sus huevos en los estróbilos femeninos. Las orugas se desarrollan, perforan las escamas y semillas hasta alcanzar el centro del cono, donde ocurre la metamorfosis que culmina con el estado adulto.

La pequeña avispa *Megastigmus spermotrophus* taladra conos verdes y pone huevos en las semillas inmaduras. Las larvas consumen los tejidos interiores sin que exteriormente se evidencie el daño. La nueva avispa adulta sale por un pequeño agujero en la testa de la semilla. Este insecto ha sido observado en semillas de Pino Oregón en Norteamérica, Gran Bretaña y Nueva Zelanda.

La dispersión de semillas a través de los animales es un proceso natural de gran importancia para la regeneración. Se debe distinguir entre predadores y dispersores de semillas. Los primeros son aquellos animales que destruyen la semilla. Los segundos sólo se limitan a su dispersión.

Las ardillas norteamericanas (*Tamiasciurus hudsonicus*) son consideradas los principales predadores por su eficiencia de cortar los conos y enterrarlos profundamente.

El factor más importante en la reducción del stock de semillas para la regeneración es el consumo por roedores (ISAAC, 1943). Tan pronto cae la semilla inician su actividad nocturna, produciendo más daño que las ardillas. Sin embargo, a la vez presentan un efecto benéfico, debido al hábito de enterrar semillas en el suelo a nivel superficial, donde encuentran buenas condiciones para germinar.

En general, las aves son grandes consumidores de semillas, pero su efecto es dispersor, porque no existe pérdida de viabilidad después de pasar por el tracto digestivo. Incluso, en algunos casos se mejora la germinación. Se sabe que las semillas de Pino Oregón forman parte de la dieta alimenticia de algunas aves migratorias (FOWELLS, 1965). Este daño en la producción se manifiesta cuando los conos y las semillas aún se encuentran en el árbol.

Una vez en el suelo, de la cantidad de semillas dispersadas, sólo un pequeño número puede germinar y producir plántulas.

Las semillas de Pino Oregón pierden gran parte de su viabilidad después de encontrarse almacenadas en el suelo por más de un año (ISAAC, 1943).

Otro factor que disminuye la cantidad de semillas viables en el suelo son las quemaduras de explotaciones. MORRIS (1936, citado por ISAAC, 1943) observó con la ayuda de ensayos que las semillas de Pino Oregón con un bajo contenido de humedad podían resistir tempera-

turas hasta 66°C sin perder su viabilidad. Semillas con un moderado contenido de humedad, alrededor de 30%, la perdían totalmente al calentarse hasta 60°C. Para el mismo material de ensayo con temperaturas de hasta 50°C aún se produjo un 60% de germinación.

### La germinación y el establecimiento de plántulas

En otoño e invierno, cuando cae el mayor porcentaje de semillas de Pino Oregon, las condiciones ambientales no permiten la germinación. La mayoría de las semillas son inmaduras, presentando latencias embrionaria y de cubiertas (ALLEN, 1962; RODRIGUEZ, 1975). Durante el invierno las semillas están sometidas a condiciones húmedas y frías en el suelo, produciéndose así una estratificación natural.

Cuando en la primavera la temperatura del suelo alcanza en promedio 15°C, comienza la germinación (ALLEN, 1962). En los sectores más calurosos de la distribución natural del Pino Oregon ocurre a partir del 1° de abril y, a más tardar el 1° de julio en las áreas más frías, prolongándose por 2 a 4 semanas (FOWELLS, 1965).

El Pino Oregon se establece en una gran variedad de suelos. Su profundidad y las características del subsuelo son menos significativas para la germinación que las capas superficiales.

En una ladera de exposición sur en la costa de Oregon, HERMANN y CHILCOTE (1965) analizaron la germinación de Pino Oregon en seis tipos de sustratos: suelo mineral sin quema, fuerte y suavemente quemado con mezcla de cenizas, carbón vegetal, hojarasca y aserrín. Al factor suelo agregaron tres niveles de luminosidad: 25, 75 y 100%. Seis meses después de instalado el ensayo se observaron los primeros resultados. El menor porcentaje de germinación, un 10%, se obtuvo en sustrato de aserrín con un 75% de luminosidad. En carbón vegetal sin sombra germinó un 93% de las semillas. Bajo cualquier condición de luminosidad, la germinación fue mejor en carbón vegetal y suelo mineral fuertemente quemado. La textura de estos suelos es más gruesa y así retienen humedad en el centro de las partículas por más tiempo. De esto, HERMANN y CHILCOTE (1965) concluyeron que la temperatura del suelo influye en menor grado sobre la germinación que su contenido de humedad.

Una vez germinada la semilla, las plántulas emergentes están sometidas a una serie de factores ambientales que pueden causarles daños y lesiones hasta su muerte. Los principales factores son las temperaturas excesivamente altas y bajas y la escasez de precipitaciones.

En el mismo ensayo antes mencionado, durante 10 semanas HERMANN y CHILCOTE (1965) midieron temperaturas máximas sobre 60°C en distintos sustratos, manteniéndose éstas entre 1,5 y 6 horas. Un 53% de las plántulas murieron por daños causados por las altas temperaturas en la superficie del suelo. Este porcentaje se redujo a un 15% en condiciones con un 75% de luminosidad.

La sombra tiene un efecto minimizante sobre estos factores. En el suroeste de Oregon, MINORE (1971) estudió el establecimiento y la sobrevivencia de plántulas de Pino Oregon bajo distintos tipos de cobertura. Después de 2 temporadas de crecimiento, sólo el 10% de las plántulas sin sombra estaba vivo, en comparación con un 47% de aquellas protegidas por arbustos y un 60% con sombreadero artificial. BRIX (1970) en Columbia Británica determinó que existen niveles de sombra que son más favorables para el crecimiento y la sobrevivencia de plántulas de Pino Oregon. Los mejores resultados los obtuvo con un 50 a 70% de luz solar. Bajo fuerte sombra existe crecimiento pero las plantas son etioladas y, si la situación persiste, el incremento declina. ISAAC (1943) concluye que las plántulas de Pino Oregon tienen pocas posibilidades de establecerse en condiciones con luminosidad menor al 20%.

STROTHMANN (1972) analizó la germinación de semillas de Pino Oregón bajo cuatro niveles de sombra en California. Las parcelas con un 50% de sombra mostraron la mejor germinación y un 80% de sobrevivencia después de 2 años.

El establecimiento de las plántulas es más común bajo el abrigo de plantas competidoras (MINORE, 1987). En sus estudios en Oregon ha encontrado excelente regeneración natural de Pino Oregón bajo el dosel de *Arbutus menziesii*.

Otro factor limitante para la germinación y el posterior establecimiento de las plántulas de Pino Oregón es la depredación que realiza la fauna.

Las plantas nuevas son consumidas en parte o totalmente por roedores, aves, lagomorfos y otros mamíferos. HERMANN y CHILCOTE (1965) mencionan que las principales pérdidas de plántulas producidas en invierno se deben al consumo de ciervos y conejos. Además observaron que el daño aumentaba con el grado de luminosidad, incrementando desde un 13% en terrenos desforestados a un 57% bajo un 75% de sombra.

De la misma forma, los daños y las pérdidas producidas por patógenos del complejo damping-off fueron mayores a medida que la parcela presentaba más sombra. En general, los hongos patógenos son menos frecuentes en el bosque que en el vivero (ISAAC, 1943).

LAWRENCE y REDISKE (1962) sembraron semillas de Pino Oregón en febrero en el estado de Washington y siguieron el desarrollo de la germinación y sobrevivencia a través del período más crítico. El 46% de las semillas fue destruido por hongos y animales antes de germinar.

### Métodos silviculturales para obtener regeneración natural

Los métodos de reproducción describen la manera correcta de talar un rodal de modo que pueda asegurarse su regeneración. Cada uno crea un ambiente particular en términos de luminosidad, humedad y otros factores. Esto puede favorecer la germinación, la sobrevivencia y el establecimiento de especies determinadas.

Para la elección del método adecuado de regeneración se debe conocer la tolerancia y otras características silvícolas de la especie que se desea propagar. Se han descrito cuatro métodos silviculturales para obtener regeneración natural en Pino Oregón (DANIEL et al., 1982).

#### *Método de corta a tala rasa*

La tala rasa es el método de explotación más utilizado para Pino Oregón en la costa oeste de EE.UU. (FRANKLIN, 1963). Se talan áreas de 6 a 32 ha, dejando sin cortar los bosques circundantes para asegurar la provisión de semillas. Los resultados de regeneración son poco satisfactorios.

Utilizando la tala rasa, FRANKLIN (1963) obtuvo una regeneración de 1.000 plántulas de Pino Oregón por ha.

En California, McDONALD (1976) aplicó tala rasa y posteriores quemas a superficies que fluctuaban entre 44 y 217 ha. En promedio, se obtuvieron 400 plántulas/ha, lo que correspondió a una repoblación del 4% de la superficie. En esta situación regeneraron solamente especies asociadas al Pino Oregón.

En general, cinco años después de intervenciones a tala rasa es posible encontrar entre 200 y 1.300 plántulas de Pino Oregón por hectárea.

Los principales impedimentos para la regeneración son las altas temperaturas en la superficie del suelo desforestado y la ocurrencia cíclica y poco frecuente de las producciones abundantes de semillas de Pino Oregón. Considerando esto, FRANKLIN (1963) modificó el método de regeneración a tala rasa, disminuyendo los tamaños de las superficies intervenidas y favorecien-

do la dispersión de las semillas. En Oregon cortó fajas de 0,3 a 3,4 ha en dirección norte-sur y este-oeste y manchones de 0,1 a 1,6 ha. La sombra de los rodales circundantes favoreció el establecimiento de Pino Oregon. Cuatro años después de la explotación se muestrearon 3.500 plántulas por hectárea. WORTHINGTON (1953) obtuvo resultados similares en un sector explotado a tala rasa en fajas y manchones de 0,5 a 1,6 ha.

### *Método del árbol semillero*

El método del árbol semillero supone la existencia de individuos vivos productores de semillas, uniformemente distribuidos en el área que se desea regenerar. Los árboles se seleccionan por fenotipo, vigor, sanidad y resistencia al viento. Aquellos de valor maderable se extraen después del establecimiento de la regeneración. En el caso contrario, se anillan para que mueran en pie. Estos últimos son los que generalmente producen una mayor cantidad de semillas.

Con Pino Oregon se han obtenido buenos resultados dejando 15 a 25 individuos por hectárea (ISAAC, 1943).

FRANKLIN (1963) dejó 5 árboles semilleros por hectárea para favorecer la producción de semillas y proveer sombra. Cuatro años después, el sector estaba repoblado con 3.600 plántulas de Pino Oregon por ha.

La sombra suave e intermitente proyectada por los árboles semilleros mejoró el establecimiento de la regeneración de Pino Oregon en Columbia Británica. GARMAN (1955) considera suficiente dejar 8 a 20 árboles/ha, dependiendo del sitio.

Para Pino Oregon este método presenta la ventaja de poder usarse en mayores superficies que el de tala rasa. Los árboles semilleros, además de proyectar sombra, son mejores productores y dispersores de semillas que los rodales circundantes.

El apilado y la quema de residuos, exponiendo el suelo mineral antes de la caída de las semillas, mejora la regeneración de Pino Oregon (FRANKLIN, 1963; McDONALD, 1976). Ambos autores recomiendan el método del árbol semillero para regenerar rodales de Pino Oregon.

### *Método de cortas sucesivas*

En el método de cortas sucesivas se induce la regeneración bajo la sombra y protección de los árboles que forman la cosecha final. Normalmente se realizan tres cortas consecutivas, manejando así la densidad y el grado de protección del suelo.

McDONALD (1976) modificó el método realizando solamente dos cortas en un bosque mixto, donde la especie principal era *Pinus ponderosa* seguida por Pino Oregon. Para favorecer el establecimiento de la regeneración de Pino Oregon efectuó una corta semillera fuerte en la que permanecieron 30 árboles por hectárea para la cosecha final. Nueve años después existía una regeneración compuesta principalmente por *Pinus ponderosa* y solamente algunos individuos de Pino Oregon.

Este método favorece el establecimiento de Pino Oregon, si los árboles que permanecen son de la misma especie. Si el dosel que forma la cosecha final es mixto se debe tener en cuenta el grado de luminosidad que necesita el Pino Oregon para regenerarse.

Los mejores resultados se han obtenido con niveles de luminosidad alrededor de un 50% (ISAAC, 1943). Dos años después de establecida la regeneración se debe realizar la corta final, para no perjudicar el crecimiento y desarrollo de Pino Oregon (STROTHMANN, 1972; McDONALD, 1976).

### *Otros métodos de regeneración natural*

Los métodos anteriormente descritos producen bosques coetáneos de una o más especies. McDONALD (1976) realizó intervenciones en bosques de Pino Oregón localizados en California, tendientes a un rodal multietáneo. El utilizó el método de selección por grupo y por árbol individual.

Los principios básicos de este método son las cortas suaves y frecuentes. Constantemente se extraen los árboles biológicamente maduros y aquellos defectuosos, para concentrar el volumen en los individuos jóvenes y favorecer la regeneración en los claros dejados.

Simulando la caída de algunos árboles grandes, McDONALD (1976) creó aberturas en el dosel de 9, 18 y 27 m en diámetro. Además escarificó el suelo, exponiendo el material mineral. Con el método del árbol individual extrajo aproximadamente un 20% del volumen comercial por hectárea. Finalmente obtuvo 730 plántulas por hectárea. A pesar de este reducido número, McDONALD (1976) concluye que el Pino Oregón se establece bien en el hábitat oscuro y húmedo producido por las cortas de selección.

### **Desarrollo inicial de la plántula**

Se ha observado que una vez que se abren las yemas vegetativas, la plántula de Pino Oregón crece en altura y diámetro por unos 3 a 4 meses. El incremento en altura durante los dos primeros años es de 2 a 5 cm anuales. A partir del tercero se duplica hasta alcanzar una tasa constante entre los 6 y 10 años, que puede llegar hasta 30 cm anuales (ISAAC, 1943; FOWELLS, 1965; STROTHMANN, 1972).

En sitios con cobertura herbácea, el crecimiento en altura es mejor, probablemente debido a una menor competencia y un mayor contenido de humedad del sustrato. En cambio, la sobrevivencia en estas situaciones es más baja. Al parecer se produce una selección natural, permaneciendo sólo los individuos adaptados a esas condiciones (ISAAC, 1943).

HERMANN y CHILCOTE (1965) evaluaron los crecimientos en altura de plántulas de Pino Oregón establecidas en laderas con exposición sur al oeste de Oregon. Ellos observaron que la altura incrementaba a medida que disminuía la exposición a la luz. Plántulas que crecían sin sombra presentaban una altura promedio de 5,8 cm en julio del primer año, comparada con 6,5 cm de aquellas desarrolladas bajo una cobertura del 75%.

Inicialmente el Pino Oregón requiere la protección del dosel superior para establecerse. A medida que se desarrolla la plántula se debe alcanzar una situación con sombra intermitente del rodal lateral.

### **Conclusiones**

A modo de resumen se presentan a continuación las principales conclusiones sobre la producción de conos y semillas, su dispersión, además de la regeneración en el bosque y el establecimiento de la plántula.

- A partir de los 10 a 15 años de edad el pino oregón comienza a producir conos con semillas viables. Estas en Chile se dispersan entre febrero y marzo, según la latitud.
- En años de productividad abundante, que ocurren con una periodicidad de 2 a 11 años, se pueden encontrar entre 100 y 70.000 semillas viables por hectárea. Estos valores varían anualmente, en función de los árboles y las localidades.

- Las condiciones climáticas tienen mayor efecto sobre el período de dispersión que sobre la producción de conos y semillas.
- Las semillas se dispersan en un radio de una y media vez la altura de los árboles dominantes.
- La cantidad de semillas viables en el suelo disminuye por el consumo de roedores y aves, por prolongado almacenamiento en el bosque y por tratamientos al suelo, como son quemaduras y roces después de explotaciones.
- A mediados de la primavera, cuando la temperatura del suelo alcanza en promedio 15°C, se inicia la germinación de semillas de Pino Oregón en EE.UU.
- Suelos con textura gruesa, pero que retienen la humedad, son favorables para la germinación.
- El principal factor de mortalidad de las plántulas recién emergidas es la alta temperatura de la superficie del suelo prolongada por varias horas.
- La sobrevivencia y el establecimiento de las plántulas se favorece con sombra natural o artificial. En estas condiciones se minimizan los daños causados por factores climáticos. No ocurre así con los factores patógenos ni los animales.
- Dentro de los métodos de corta para obtener regeneración natural, los más favorables para el Pino Oregón son la tala rasa modificada y el árbol semillero. En general, las cortas sucesivas favorecen la instalación de especies más tolerantes que Pino Oregón. Este presenta pocas probabilidades de desarrollarse si la luminosidad es menor al 20%.
- El crecimiento inicial en altura es de 2 a 5 cm durante los 2 primeros años. Alcanza una tasa constante de unos 30 cm entre los 6 y 10 años de edad.
- El incremento en altura es inversamente proporcional a la cantidad de sombra recibida.
- Para instalarse en un sitio, la plántula de Pino Oregón requiere la sombra y protección de un dosel superior. A medida que se desarrolla, éste debe desaparecer. Lo más favorable es mantener un rodal lateral que proyecte sombra intermitente.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALLEN, G.S. 1962. The deterioration of Douglas-fir seed under various storage conditions. *For. Chron.* 38: 145-147.
2. ----- and J.N. OWENS. 1972. The life history of Douglas-fir. Canada, Ottawa, Can. For. Serv. 139 p.
3. BRIX, H. 1970. Effect of light intensity on growth of western hemlock and Douglas-fir seedlings. *Can. For. Serv. Bi-monthly Res. Note* pp. 34-35.
4. BRUN, W.R. 1963. Análisis fustal y mecánico de un pino oregón. Chile, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. For. 61 p.
5. CONTRERAS C., C. 1982. Índices de sitio para pino oregón en la provincia de Valdivia y sus relaciones con los sitios para pino insigne. Chile, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Ing. For. Tesis Ing. For. 52 p.
6. DANIEL, P.W.; HELMS, V.E., y F.S. BAKER. 1982. Principios de silvicultura. 2ª ed. México, McGraw Hill. 492 p.
7. EBELL, L.F. and E.E. McMULLAN. 1970. Nitrogenous substances associated with differential cone production responses of Douglas-fir to ammonium and nitrate fertilization. *Can. J. Bot.* 48: 2169-2177.
8. EIS, S. 1973. Cone production of Douglas-fir and grand-fir and its climatic requirements. USDA, For. Serv. Res. Paper PNW-217. 6 p.
9. FOWELLS, H.A. 1965. Silvics of forest trees of the United States. USDA, Agric. Handb. No. 217. 762 p.
10. FRANKLIN, J.F. 1963. Natural regeneration of Douglas-fir and associated species using modified clear-cutting system in the Oregon Cascades. USDA, For. Serv. Res. Paper PNW-3. 14 p.
11. GARMAN, E.H. 1955. Regeneration problems and their silvicultural significance in the coastal forests of British Columbia. *B.C. For. Serv. Tech. Publ. T 41.* 67 p.
12. HALVORSON, C.H. 1986. Influence of vertebrates on conifer seed production. In: SHEARER, R.C. Proceedings: Conifer Tree Seed in the Inland Mountain West Symposium, Missoula, Montana, August 5-6, 1985. USDA, For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-203: 201-222.
13. HERMANN, R.K. and W.W. CHILCOTE. 1965. Effects of seedbeds on germination and survival of Douglas-fir. Corvallis, Oregon State University, For. Res. Lab. Res. Paper 4. 28 p.
14. ISAAC, L.A. 1943. Reproductive habits of Douglas-fir. Washington, Charles Lathrop Pack Forestry Foundation. 107 p.
15. ----- and E.J. DIMOCK II. 1958. Silvical characteristics of Douglas-fir var. *menziesii*. USDA, For. Serv. PNW Silvical Series No. 9.
16. LAWRENCE, H.B. and J.H. REDISKE. 1962. Fate of sown Douglas-fir seed. *For. Sci.* 8: 210-218.
17. McDONALD, P.M. 1976. Forest regeneration and seedling growth from five major cutting methods in north-central California. USDA, For. Serv. Res. Paper PSW-115. 10 p.
18. ----- 1980. Seed dissemination in small clearcuttings in north-central California. USDA, For. Serv. Res. Paper PSW-150. 5 p.
19. MILLER, R.E. and S. WERT. 1979. Effects of soil and foliar application of nitrogen fertilizers on a 20-year-old Douglas-fir stand. USDA, For. Serv. Res. Note PNW-329. 12 p.
20. MINORE, D. 1971. Shade benefits Douglas-fir in southwestern Oregon cutover area. *Tree Planter's Note* 22(1): 22-23.
21. ----- 1987. Madrone duff and the natural regeneration of Douglas-fir. USDA, For. Serv. Res. Note PNW-RN-456. 7 p.
22. PURITCH, G.S. 1972. Cone production in conifers. *Can. For. Serv., Inform. Rep. BC-X-65.* 94 p.
23. REUKEMA, D.L. 1982. Seed fall in a young-growth Douglas-fir stand: 1950-1978. *Can. J. For. Res.* 12(2): 249-254.
24. RODRIGUEZ, G. 1975. Antecedentes sobre tres especies forestales exóticas en la provincia de Malleco. Chile, Los Angeles, U. de Concepción. Tesis Tecn. For. 135 p.
25. SPURR, S.H. and B.V. BARNES. 1980. *Forest Ecology*. 3rd ed. New York, Wiley & Sons. 687 p.
26. STROTHMANN, R.O. 1972. Douglas-fir in northern California: effects of shade on germination, survival and growth. USDA, For. Serv. Res. Paper PSW-84. 10 p.
27. WORTHINGTON, N.P. 1953. Reproduction following small group cuttings in virgin Douglas-fir. U.S. For. Serv. Res. Note PNW-84. 5 p.

**VARIABILIDAD DE LA DENSIDAD BASICA Y LA CONTRACCION EN MADERA DE AROMO AUSTRALIANO (*Acacia melanoxylon* R. Br.).** Rubén Andrés Ananías Abuter, Magister en Tecnología de la Madera, Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería en Maderas, Universidad del Biobío - Concepción - Chile.

## RESUMEN

Se estudia el comportamiento de la densidad básica, la contracción tangencial, radial y longitudinal, con la posición radial, la altura y la orientación cardinal en madera de reacción y normal proveniente de un mismo árbol de Aromo australiano (*Acacia melanoxylon* R. Br.).

La densidad básica aumenta de la médula a la corteza hasta  $0,51 \text{ gr/cm}^3$  y  $0,54 \text{ gr/cm}^3$  en madera de reacción y normal respectivamente. A 12,5 m. de altura, se alcanza la mayor densidad básica en madera de reacción  $0,50 \text{ gr/cm}^3$  y en madera normal  $0,52 \text{ gr/cm}^3$ .

La contracción radial y tangencial aumenta de la médula a la corteza. Con la altura, la contracción tangencial disminuye.

En promedio la contracción radial y tangencial de la madera de reacción superan a la contracción de la madera normal. La contracción longitudinal en estado anhidro de la madera de reacción es 0,28% y en madera normal es 0,35%.

El coeficiente de contracción unitario y el punto de intersección de la contracción, son levemente superiores en la madera de reacción.

## INTRODUCCION

El Aromo australiano (*Acacia melanoxylon* R. Br.) es una especie introducida al país, procedente del noreste de Australia y Tasmania que alcanza alturas de 20 a 35 m. en terrenos con pluviosidad entre 750 y 1.650 mm. al año. Las plantaciones contribuyen con nitrógeno al suelo y protegen el crecimiento de bosques más valiosos (Hillis y Brown, 1984). Su madera de gran atractivo visual tiene su mayor aplicación en fines decorativos. El principal problema de esta especie, es su tendencia a la formación de madera de reacción, denominada madera de tensión, que se caracteriza por presentar el corazón descentrado y por la proliferación de deformaciones durante el procesamiento y el servicio.

En este trabajo se estudia la variabilidad de la densidad básica, la contracción transversal y la contracción longitudinal en madera de reacción y madera normal provenientes de un mismo árbol de Aromo australiano.

## MATERIAL Y METODO

Dos árboles de Aromo Australiano se seleccionan de la zona de Colcura en la Octava Región, Concepción, Chile. Las probetas cortadas en ángulo de  $90^\circ$  y cada 30 mm. a partir de la médula en la dirección radial, se obtienen de rodela de 15 cm. de espesor cortadas cada 2,5 m. de altura desde la base. Se clasifican 111 probetas libre de defectos. Se midió el radio en cada dirección cardinal con pie de metro y el número de anillos con la ayuda de una lupa de investigación (Cuadro 1). La madera de reacción se detectó por inspección visual al igual que la presencia de albura.

**CUADRO 1**  
**CARACTERISTICAS DE LA MADERA DE AROMO AUSTRALIANO ENSAYADA**

Rodela N°	Norte	Radio (mm)			Anillos N°	Probetas N°	Tipo Madera
		Sur	Este	Oeste			
1	290	170	245	245	60	25	Duramen Albura
	26	17	42	13			
2	197	166	157	160	58	27	Duramen Albura
	30	9	16	17			
3	176	139	168	167	54	19	Duramen Albura
	31	16	17	32			
4	135	144	157	142	53	18	Duramen Albura
	34	18	6	18			
5	103	100	128	108	51	21	Duramen Albura
	25	26	30	23			

Para la determinación de la densidad básica el peso anhidro es medido mediante el método gravimétrico y el volumen máximo por medición directa. La contracción es calculada en base a mediciones experimentales realizadas con pie de metro de precisión 0,1 mm.; una sala de clima es utilizada para obtener las condiciones de equilibrio de la madera requeridas por norma.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra la relación entre la densidad básica de la madera de Aromo australiano y la posición radial desde la médula a la corteza. El comportamiento de la densidad básica con la altura en el árbol se grafica en la Figura 2. Las densidades básicas de las maderas de reacción y normal aumentan desde la médula hasta el centro del radio del trozo para posteriormente decrecer hacia la periferia. La madera de reacción alcanza una densidad básica de 0,51 gr/cm<sup>3</sup> a un radio de 9 cm. de la médula; la densidad básica de la madera normal es de 0,54 gr/cm<sup>3</sup> a 12 cm. de la médula. Similar comportamiento indica Haslett (1983) para el Aromo australiano crecido en Nueva Zelanda. Con la altura la densidad básica de la madera de reacción alcanza un valor máximo 0,50 gr/cm<sup>3</sup> a 7,5 m. y 12,5 m. En cambio la madera normal presenta una densidad básica que aumenta con la altura de 0,48 gr/cm<sup>3</sup> a 5 m. hasta 0,52 gr/cm<sup>3</sup> a 12,5 m. Estas diferencias entre la densidad básica de ambos tipos de madera se explican por la distinta conformación de la pared celular.

FIGURA 1

DENSIDAD BASICA V/S POSICION RADIAL EN MADERA DE AROMO AUSTRALIANO

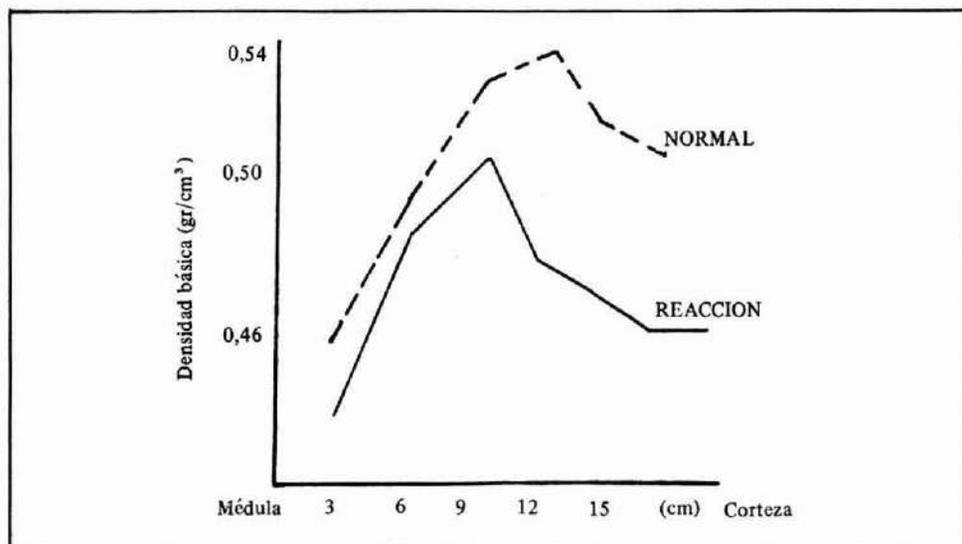
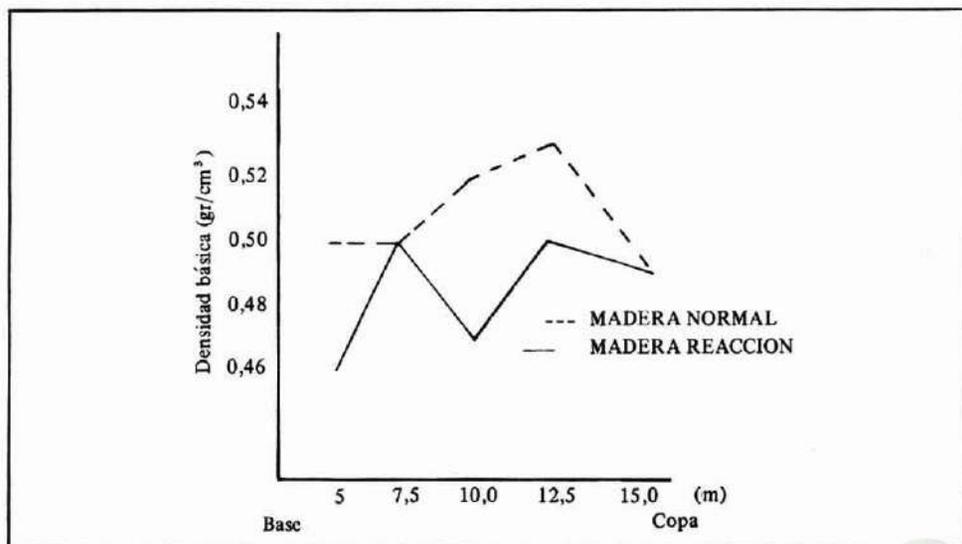


FIGURA 2

DENSIDAD BASICA V/S ALTURA EN EL ARBOL EN MADERA DE AROMO AUSTRALIANO



La Figura 3 muestra el comportamiento de la densidad básica desde la médula a la corteza, para los cuatro puntos cardinales. La madera de reacción en la dirección norte, presenta el menor nivel de variación de la densidad básica. La orientación sur, inmediatamente opuesta a la dirección de la madera de reacción, muestra por contraste la mayor variabilidad de la densidad básica. Similar comportamiento se indica en la relación de la densidad básica con la altura en el árbol para las cuatro orientaciones cardinales en la Figura 4. En este caso la madera normal en la dirección sur, presenta el máximo nivel de densidad básica a 12,5 m. con  $0,58 \text{ gr/cm}^3$ ; en cambio la madera de reacción en la dirección norte tiene una densidad básica de  $0,50 \text{ gr/cm}^3$  a la misma altura.

FIGURA 3

## VARIACION DE LA DENSIDAD BASICA CON LA POSICION RADIAL Y LOS 4 PUNTOS CARDINALES EN MADERA DE AROMO AUSTRALIANO

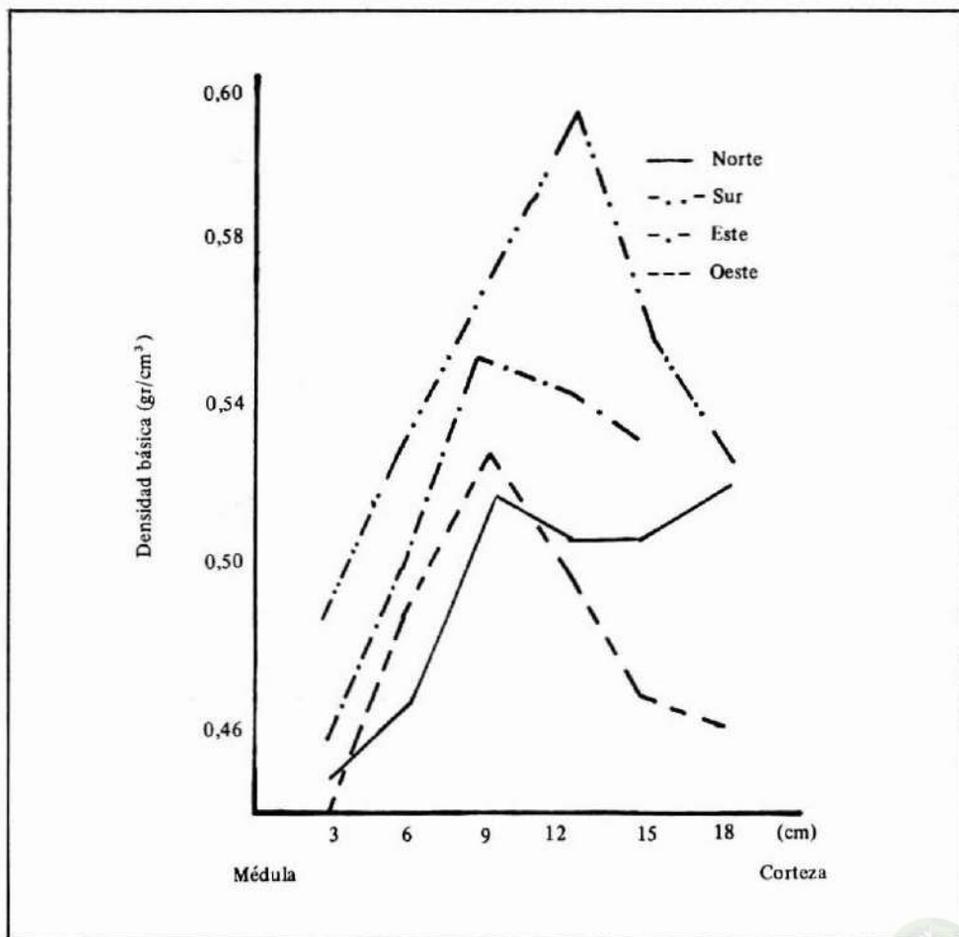
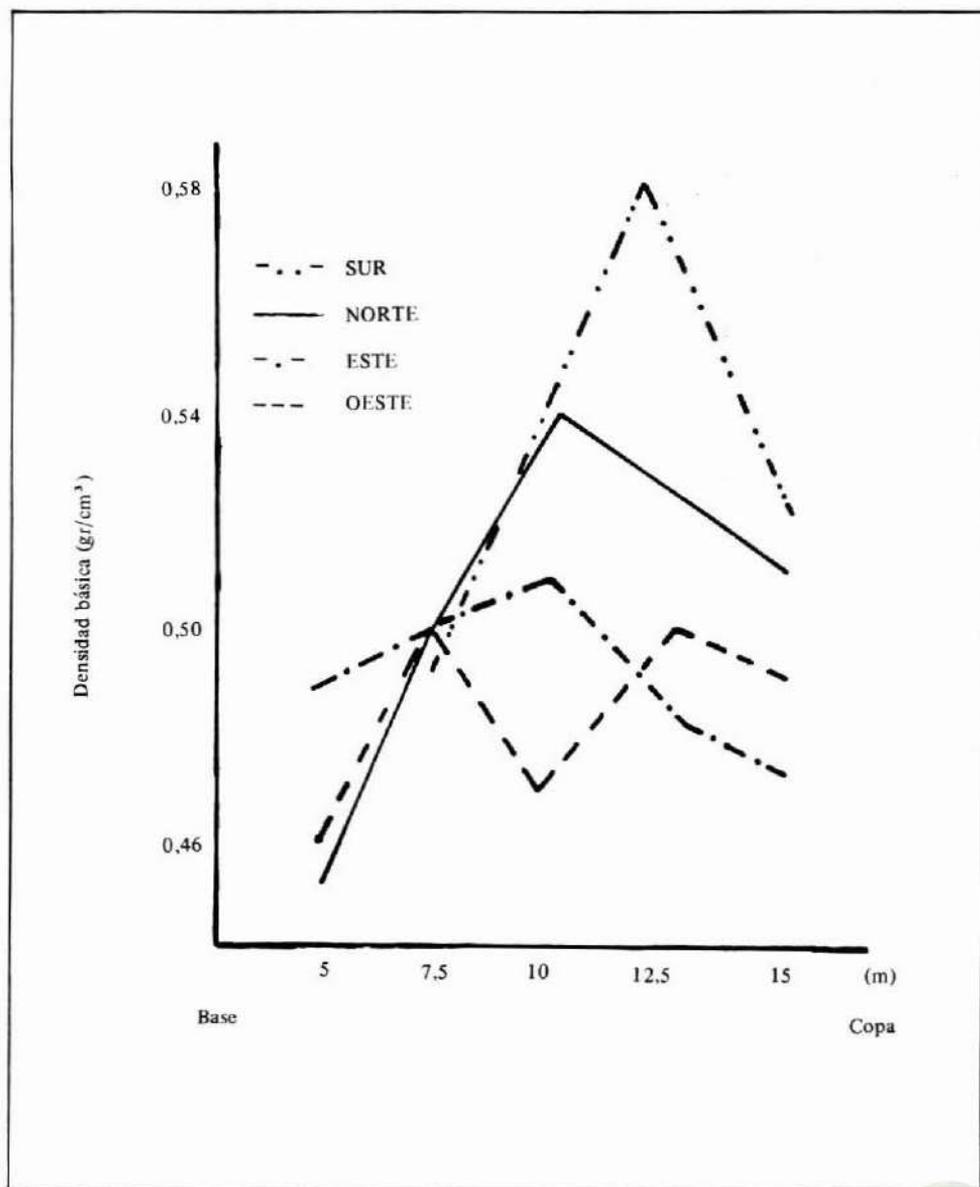


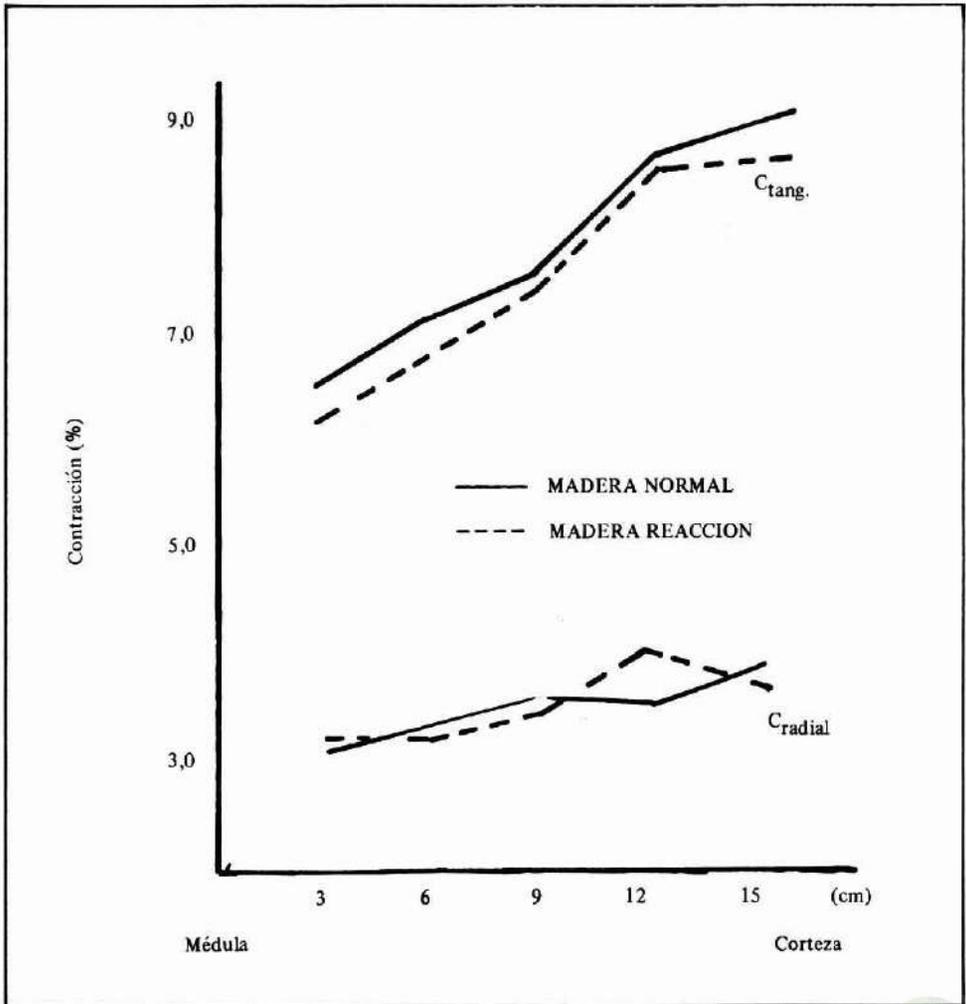
FIGURA 4

VARIACION DE LA DENSIDAD BASICA CON LA ALTURA EN EL ARBOL, PARA LOS 4 PUNTOS CARDINALES EN MADERA DE AROMA AUSTRALIANO



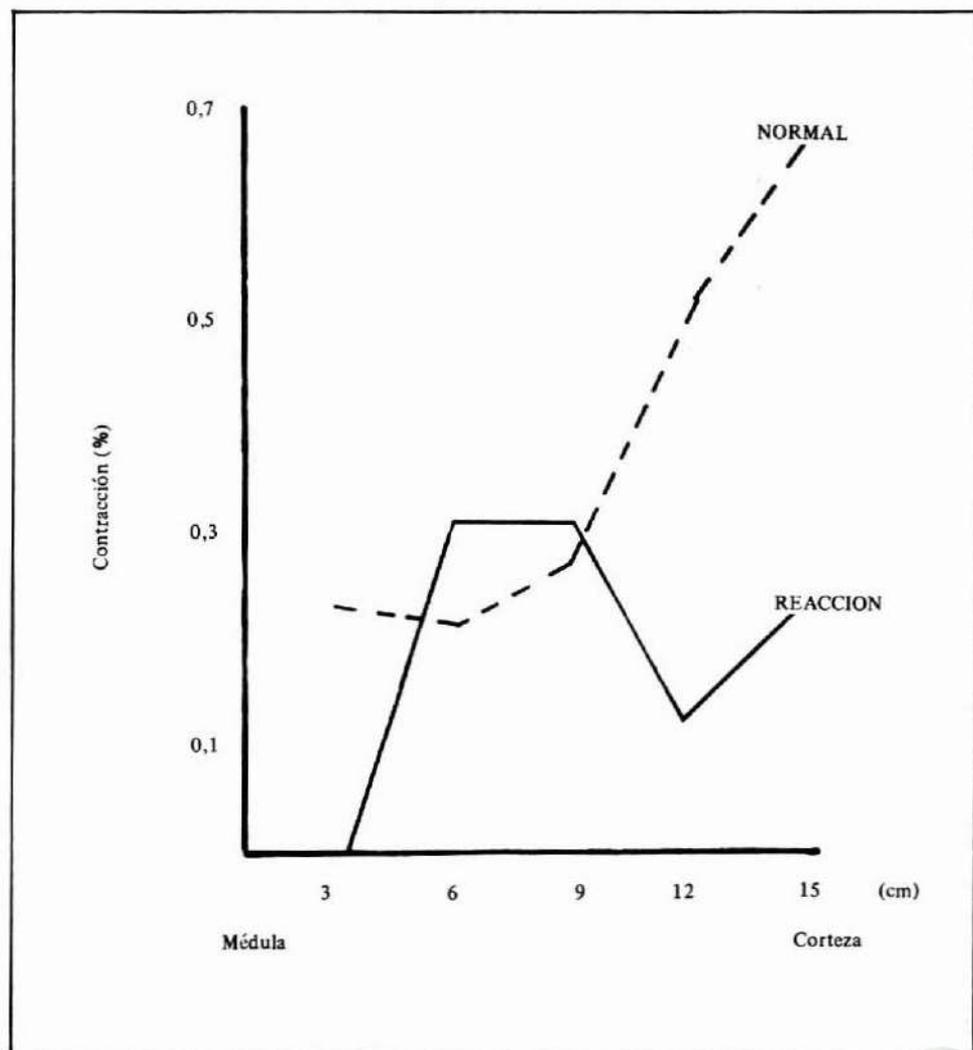
La Figura 5 muestra la relación entre las contracciones transversales máximas y la posición en madera de Aromo australiano. La contracción tangencial de la madera de reacción aumenta de 6,3% a 8,2% entre los 3 cm. y los 15 cm. de radio. La contracción tangencial de la madera normal aumenta de 6,6% a 8,6% en el mismo radio anterior. La contracción radial de la madera de reacción varía de 3,2% a 3,8% y la contracción radial de la madera normal varía de 3,1% a 3,9% desde la médula a la corteza.

**FIGURA 5**  
**CONTRACCION TRANSVERSAL V/S POSICION RADIAL EN MADERA DE**  
**AROMO AUSTRALIANO**



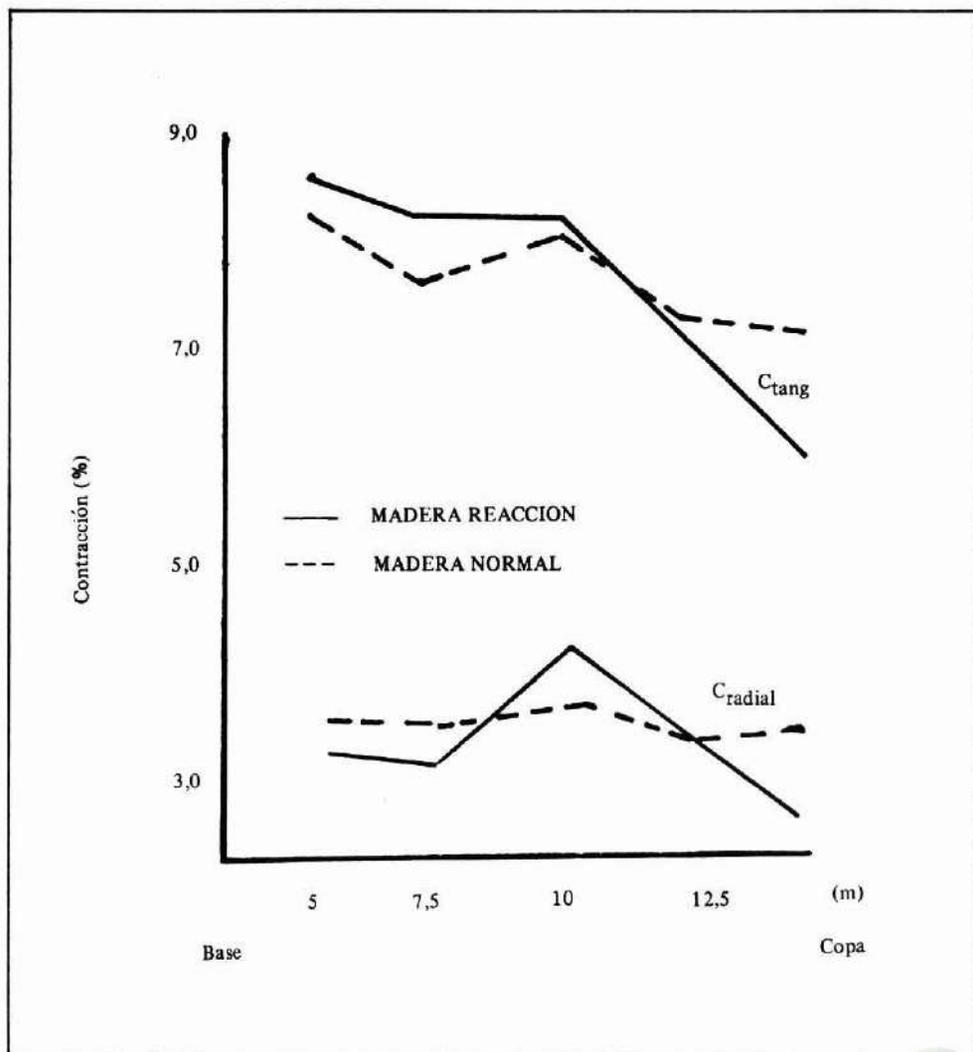
La variabilidad de la contracción longitudinal máxima con la posición radial es indicada en la Figura 6. En madera de reacción esta variación no presenta un comportamiento definido, en cambio en madera normal la contracción longitudinal aumenta de 0,24% a 0,68% desde la médula a la corteza.

**FIGURA 6**  
**CONTRACCION LONGITUDINAL V/S POSICION RADIAL EN MADERA DE**  
**AROMO AUSTRALIANO**



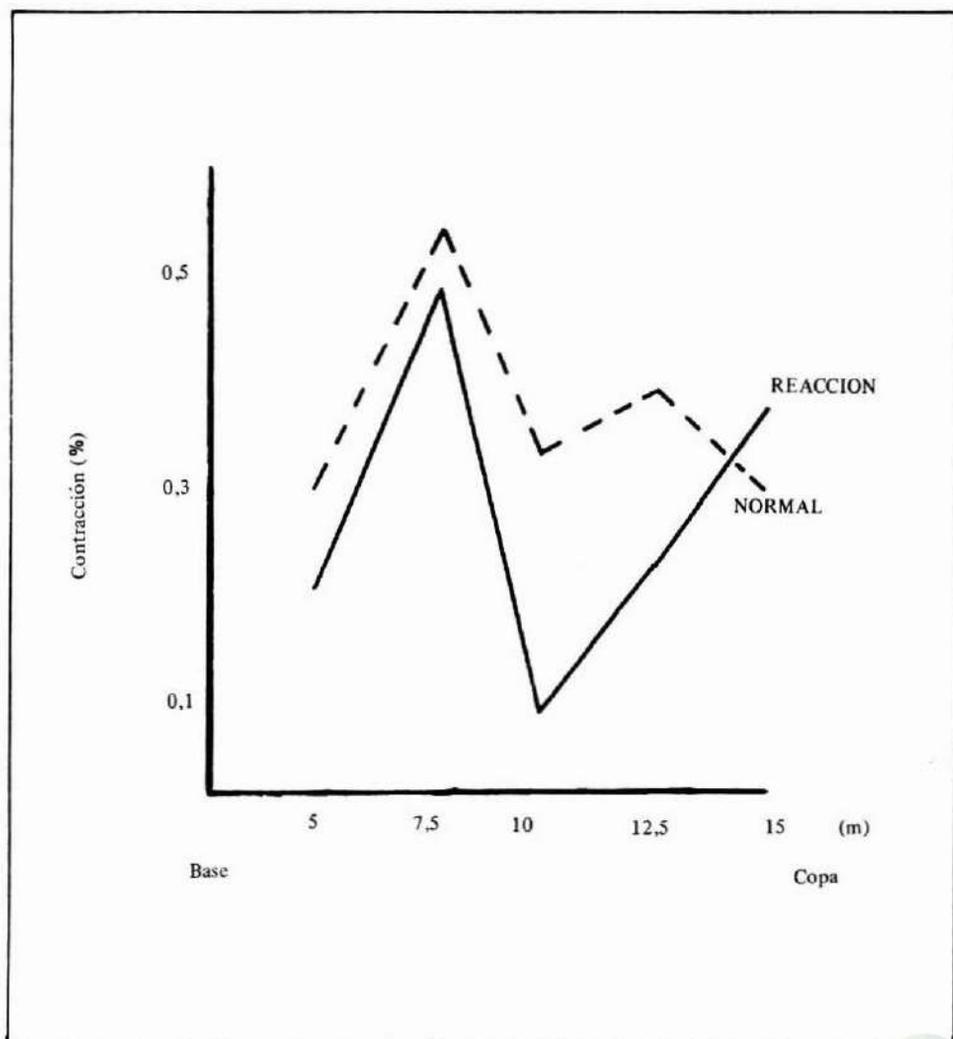
La variación de las contracciones transversales con la altura en el árbol es mostrada en la Figura 7. La contracción tangencial tiende a disminuir con la altura, en madera de reacción se reduce de 8,6% a 5,8% y en madera normal baja de 8,1% a 7,2% entre los 5 m. y los 15 m. de altura. En la dirección radial la contracción de la madera de reacción aumenta hasta 4,2% a 10 m. y luego disminuye a 1,9% a 15 m. de altura.

**FIGURA 7**  
**CONTRACCION TRANSVERSAL V/S ALTURA EN EL ARBOL DE**  
**AROMO AUSTRALIANO**



En la Figura 8 se observa que el comportamiento de las contracciones longitudinales con la altura en el árbol hasta 12,5 m. es similar en madera de reacción y normal. Además la contracción de la madera de reacción es de menor magnitud, lo que es consistente con los resultados de contracción transversal descritos anteriormente.

**FIGURA 8**  
**CONTRACCION LONGITUDINAL V/S ALTURA EN EL ARBOL DE**  
**AROMO AUSTRALIANO**



Por otra parte la variabilidad de la contracción volumétrica máxima con la posición radial, para los cuatro puntos cardinales se indica en la Figura 9. La orientación sur correspondiente a la dirección inmediatamente opuesta a la de reacción (norte), presenta el mayor incremento con la posición radial. Este comportamiento está de acuerdo con la mayor densidad básica encontrada en la dirección sur (Figura 3). La variación de la contracción longitudinal máxima con la posición radial, para los cuatro puntos cardinales es mostrada en la Figura 10. Las contracciones longitudinales en la dirección este y oeste tienden a aumentar con la distancia radial, la contracción longitudinal en la dirección sur no presenta un comportamiento bien definido, pero alcanza una magnitud de 1,02% a 15 cm. de la médula. La madera de reacción en la dirección norte alcanza también su mayor magnitud 0,26% en el sector más alejado de la médula.

FIGURA 9

VARIACION DE LA CONTRACCION VOLUMETRICA CON LA POSICION RADIAL, PARA LOS 4 PUNTOS CARDINALES, EN AROMO AUSTRALIANO

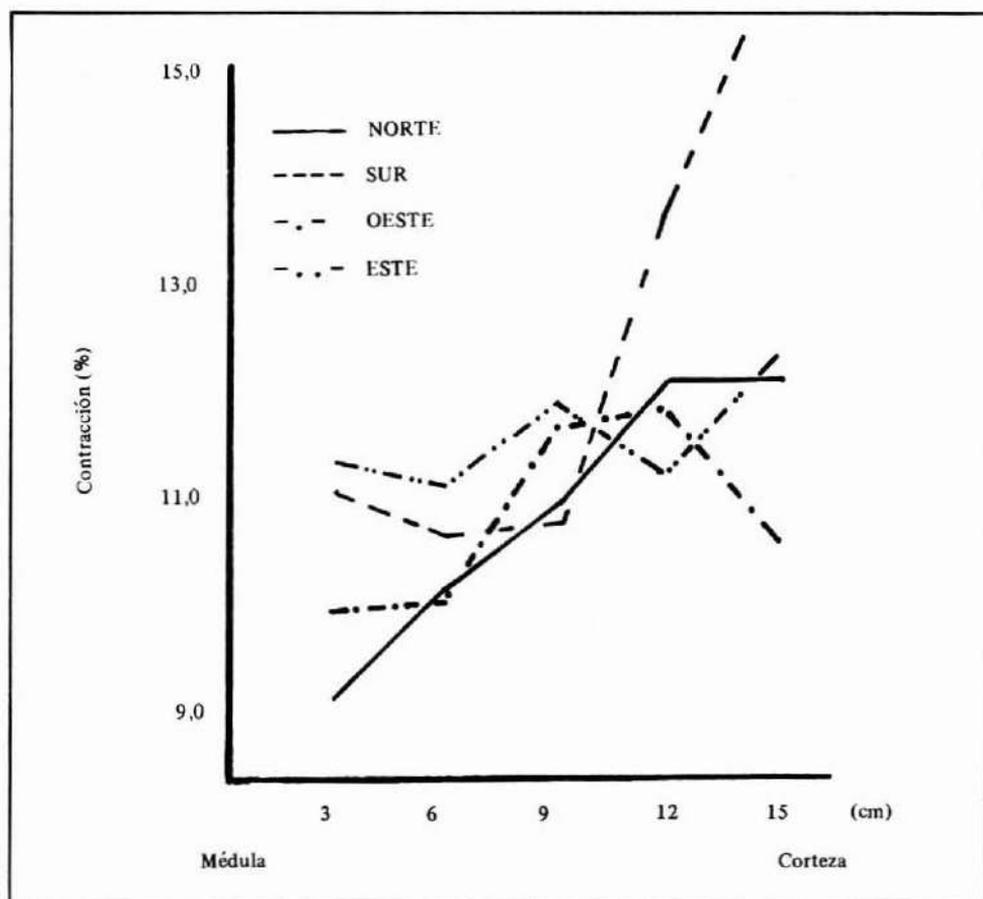
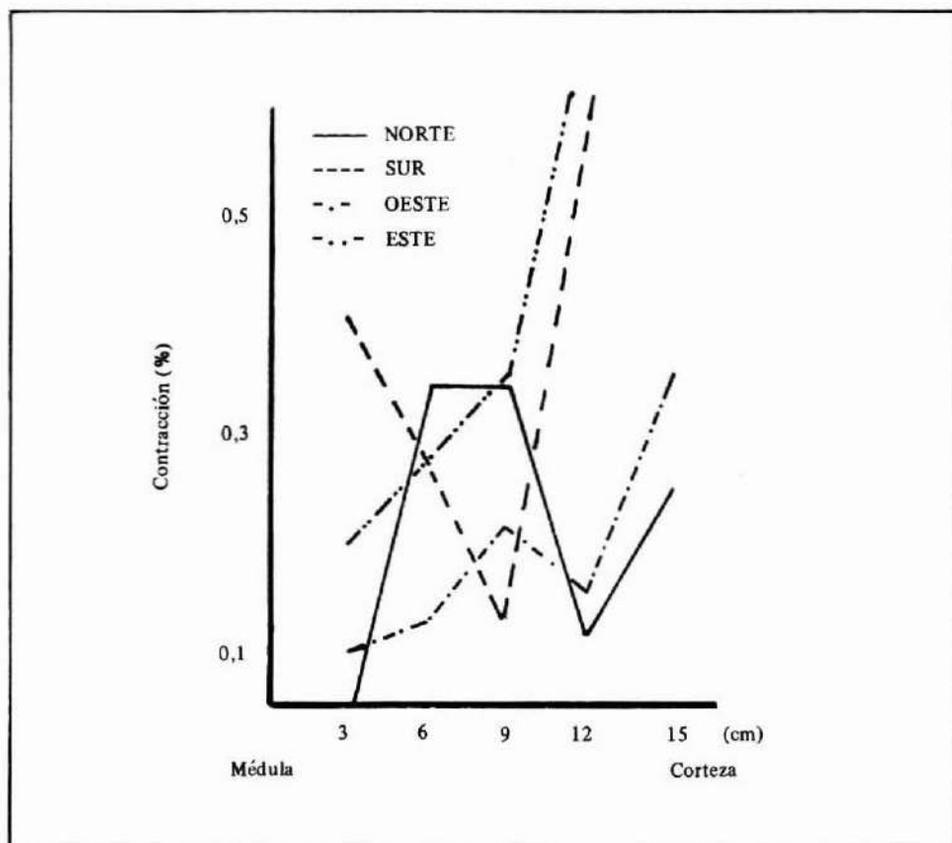


FIGURA 10

VARIACION DE LA CONTRACCION LONGITUDINAL CON LA POSICION RADIAL, PARA LOS 4 PUNTOS CARDINALES, EN MADERA DE AROMO AUSTRALIANO



La influencia del contenido de humedad sobre la contracción de la madera es mostrada en el Cuadro 2 y Cuadro 3. En promedio la contracción longitudinal en estado anhidro de la madera de reacción es 0,28%, en la misma condición de humedad la madera normal alcanza una contracción longitudinal de 0,35%. Esto por el efecto de la contracción longitudinal en la dirección sur descrita anteriormente. Por otra parte en la dirección tangencial el coeficiente de contracción unitario de la madera de reacción es 0,30; sólo un poco mayor que en madera normal cuyo valor es 0,29; pero esto significa por ejemplo, que una pieza floreada de 5" de ancho presentará una variación dimensional por unidad de contenido de humedad, 0,05" mayor en madera de reacción. El punto de intersección de la contracción tangencial es 26,6% en madera de reacción y es 26,1% en madera normal. En la dirección radial el punto de intersección de la contracción es 1,2% mayor en la madera de reacción. Estas pequeñas diferencias en el coeficiente de contracción unitario y el punto de intersección de la contracción, están relacionadas con las variaciones en la densidad básica atribuidas a la distinta conformación estructural de la pared celular.

CUADRO 2

VARIACION DE LA CONTRACCION CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD, COEFICIENTE DE CONTRACCION UNITARIO (CU), Y PUNTO DE INTERSECCION DE LA CONTRACCION (PIC) EN MADERA DE REACCION DE AROMO AUSTRALIANO

Contracción (%)	Contenido Humedad (%)			CU	PIC (%)
	18	10	0		
C <sub>radial</sub>	0,84	1,85	3,50	0,126	24,7
C <sub>tang.</sub>	2,56	4,98	7,84	0,300	26,6
C <sub>long.</sub>	0,17	0,17	0,28	—	—
C <sub>vol.</sub>	3,44	6,90	11,35	—	—

CUADRO 3

VARIACION DE LA CONTRACCION CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD, COEFICIENTE DE CONTRACCION UNITARIO (CU), Y PUNTO DE INTERSECCION DE LA CONTRACCION (PIC) EN MADERA DE AROMO AUSTRALIANO

Contracción (%)	Contenido Humedad (%)			CU	PIC (%)
	18	10	0		
C <sub>radial</sub>	0,75	1,86	3,50	0,138	23,5
C <sub>tang.</sub>	2,31	4,66	7,65	0,290	26,1
C <sub>long.</sub>	0,12	0,16	0,35	—	—
C <sub>vol.</sub>	3,09	6,55	11,30	—	—

## CONCLUSIONES

La densidad básica aumenta desde la médula hasta el centro del radio del trozo, luego decrece hacia la periferia, en la madera de Aromo australiano. En madera de reacción alcanza una magnitud de  $0,51 \text{ gr/cm}^3$  y en madera normal  $0,54 \text{ gr/cm}^3$ . La orientación sur presenta la mayor variabilidad con la posición radial.

Con la altura la densidad básica de la madera de reacción llega a  $0,51 \text{ gr/cm}^3$  en los 7,5 m. y los 12,5 m. En madera normal varía de  $0,48 \text{ gr/cm}^3$  a  $0,52 \text{ gr/cm}^3$  entre los 5,0 m. y los 12,5 m. respectivamente. La madera de reacción, en la dirección norte alcanza una densidad básica de  $0,50 \text{ gr/cm}^3$ ; en la orientación sur de madera normal es  $0,58 \text{ gr/cm}^3$ , a 12,5 m. de altura en ambos casos.

La contracción radial y tangencial aumenta de la médula a la corteza. En madera de reacción de 6,3% a 8,2% en el sentido tangencial y de 3,2% a 3,8% en la dirección radial. En madera normal de 6,6% a 8,6% en sentido tangencial y de 3,1% a 3,9% en dirección radial.

La contracción longitudinal de la madera de reacción en dirección norte llega a 0,26% cerca de la periferia del trozo, en la dirección sur de madera normal también se alcanza la mayor magnitud 1,02% en esta posición radial. La orientación sur afecta fuertemente el comportamiento de la contracción longitudinal de la madera normal, que aumenta en promedio de 0,24% a 0,68% de médula a corteza.

La contracción tangencial disminuye con la altura en el árbol. En madera de reacción varía de 8,6% a 5,8% y en madera normal se reduce de 8,1% a 7,2%. La contracción radial de la madera de reacción fluctúa entre 4,2% a 10 m. y 1,9% a 15 m. de altura.

La contracción longitudinal de la madera de reacción y normal presenta un comportamiento similar hasta los 12,5 m. de altura, pero es mayor en la madera normal en casi todo el rango de alturas analizado.

La contracción longitudinal de la madera de reacción supera a la contracción longitudinal de la madera normal cuando es medida en condiciones de humedad diferentes al estado anhidro.

El coeficiente de contracción unitario es 0,30 en madera de reacción y 0,29 en madera normal. El punto de intersección de la contracción tangencial es 26,6% en madera de reacción y 26,1% en madera normal.

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de Ingeniería Civil en Industrias Forestales Sres.: Juvenal Valdés, Fidel Retamal, Oscar Beltrán, Ignacio Herrera y Manuel Manríquez, por su colaboración en las mediciones experimentales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BENSON, M.; JACOBS, M. 1984. "Forest areas and centres of forest industry". En "Eucalypts for wood production", Eds. W. Hillis y A. Brown. CSIRO. Academic Press, Australia.
2. HASLETT, A. 1983. "Drying properties of New Zealand-grown *Acacia Melanoxylon*". *New Zealand Journal of Forestry Science*, Vol. 13, N° 2, Pag. 130-138.
3. HAYGREEN, J.; BOWYER, J. 1982. "Forest products and wood science". The Iowa State University Press, Iowa.
4. HILLIS, W.; BROWN, A. 1984. "The need for improved wood production from Eucalypts". En "Eucalypts for wood production", Eds. W. Hillis y A. Brown. CSIRO. Academic Press, Australia.
5. I.N.N. 1984. Norma Chilena Oficial N° 176. Madera. Parte 1: "Determinación de humedad", Parte 2: "Determinación de densidad", Parte 3: "Determinación de la contracción radial y tangencial".
6. PANSHIN, A.; DE ZEEUW, C. 1980. "Textbook of wood technology". 4ta. Ed., McGraw-Hill, N. York.

*El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales Exóticas, entre otros temas. En esta oportunidad se entregan antecedentes de algunas publicaciones de interés, disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).*

**1.- TABLAS DE CONVERSION MECANICA Y ELABORACION. Manual N° 15. División Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 115 págs.**

Con el fin de llenar el vacío de información existente en relación con información técnica de factores de conversión de uso frecuente en la actividad forestal y maderera, el INFOR elaboró, por encargo de la Corporación de Fomento de la Producción, el Manual "Tablas de Conversión Mecánica y Elaboración", que entrega una recopilación y actualización de antecedentes obtenidos de diversos estudios realizados por INFOR desde 1970.

La publicación incluye un conjunto de tablas de uso práctico en el proceso de transformación mecánica de la madera, junto con entregar un compendio de los principales factores de conversión para las unidades de medida. El Manual reúne un total de 66 tablas que entregan coeficientes y valores de rendimiento de trozos, para el aserrío y para los productos elaborados, así como otras materias complementarias.

Para facilitar su consulta, la información se ordenó dentro de lo posible, siguiendo el flujo del proceso de aserrío y elaboración. En la sección referente a rendimiento de trozas, se detallan las principales reglas madereras para cubicación de rollizos y los factores de conversión de volumen cúbico a aserrable en trozas.

En el capítulo dedicado al proceso productivo propiamente tal, se entregan valores característicos para sierras circulares y se presentan diversas tablas referentes a sus calibres estándares, velocidades, tensión y potencia, y rendimiento de diferentes tipos de aserraderos.

En relación a los productos del aserrío y elaboración, se entregan valores de volumen según escuadría, espesores y anchos nominales para madera aserrada y elaborada, así como la sobredimensión máxima aceptada para madera aserrada.

Después de proporcionar detallados factores de conversión para unidades de medida, la publicación presenta una serie de tablas sobre diversos aspectos de interés para el productor y el usuario de la madera, tales como rendimiento de mano de obra en faenas de explotación de Pino Radiata, humedad de equilibrio de la madera por especie y por localidad del país, densidad de referencia de algunas especies comerciales en Chile, poder calorífico de la madera, composición química elemental de algunas especies comerciales de Chile, volumen de madera en trozos requeridos para fabricar diversos productos y propiedades mecánicas de especies chilenas entre otros.

Se trata, en síntesis, de una recopilación completa y actualizada, destinada a constituirse en una herramienta de consulta permanente para los productores y profesionales vinculados al sector maderero y, especialmente, a la industria del aserrío.

**Valor del Ejemplar: \$ 2.500**

**2.- ESTADISTICAS FORESTALES 1987. Boletín Estadístico N° 6. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1988. 110 págs.**

El Instituto Forestal ha editado el Boletín Estadístico que anualmente publica, y que contiene indicadores de la gestión del año 1987, mostrando la evolución experimentada

en los últimos diez años, de las actividades vinculadas a la producción y comercialización de productos forestales.

Este documento ha sido preparado por la División de Estudios Económicos de INFOR, y está circunscrito al proyecto "Mantención de Estadísticas Básicas del Sector Forestal", que actualmente le contrata la Gerencia de Desarrollo de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO. De esta manera se entrega información estadística a las autoridades, a los productores, empresarios, ejecutivos y profesionales ligados directa e indirectamente con la actividad forestal.

Esta publicación con más de 70 cuadros estadísticos, está dividida en 9 capítulos.

- Capítulo I : Indicadores Macroeconómicos
- Capítulo II : El Recurso Forestal
- Capítulo III : Consumo y Producción
- Capítulo IV : Comercio Exterior Forestal
- Capítulo V : Precios de Productos Forestales
- Capítulo VI : Transporte de Carga Forestal
- Capítulo VII : Disponibilidad de Madera
- Capítulo VIII : Ocupación Forestal
- Capítulo IX : Índice de Precios y Valor Promedio del Dólar

Este documento contiene series estadísticas, que se extienden incluso a la década de los años 30, como es el caso de la producción, consumo aparente y exportación de madera aserrada. Esto constituye un banco de datos, especialmente valioso.

**Valor del Ejemplar: \$ 2.000**

### 3.- LA INDUSTRIA DEL ASERRIO. 1987.

**División Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1988. 130 págs.**

Esta publicación, que se origina en un estudio CORFO-INFOR, responde a la necesidad de efectuar anualmente un análisis de la Industria de la Madera Aserrada, con el objeto de evaluar la producción, la evolución tecnológica, la ocupación de mano de obra y la inversión realizada por los productores.

Contando con la valiosa cooperación de CONAF, el estudio censa a los aserraderos cuya producción anual es superior a 10.000m<sup>3</sup>

y efectúa un muestreo a aquellas de menor nivel de producción, desde la IV a XII Región.

El documento a que se hace referencia entrega información globalizada en una primera parte y en la segunda, estadísticas detalladas de la gestión productiva de esta industria, en cada una de las regiones consideradas. Así se entrega información que permite visualizar la estructura de la producción por Región, propiedad de los principales aserraderos, identificación del grado de especialización de la mano de obra empleada, definición de las fuentes de energía empleada para generar la producción, dispersión territorial de ella, y otros aspectos que permiten una clara caracterización de la industria regional.

**Valor del Ejemplar: \$ 1.800**

### 4.- COSTOS OPERACIONALES Y DE CAPITAL DE LAS ACTIVIDADES FORESTALES EN CHILE. Informe Técnico N° 113. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1988. 82 págs.

La dinámica y el interés que en círculos financieros ha despertado la actividad forestal, motivó a la Gerencia de Desarrollo de la Corporación de Fomento de la Producción, para desarrollar diversos estudios respecto de los costos que representan en la actualidad la actividad forestal chilena.

En esta oportunidad se informa la edición del Informe Técnico N° 113 del Instituto Forestal. "Costos Operacionales y de Capital de las actividades forestales en Chile. 1987", que se encuentra a la venta en Santiago y Concepción.

El documento entrega la información ordenada en 5 capítulos. El primero proporciona los costos de establecimiento de una plantación forestal, incluyendo los costos de roce, quema, construcción de cercos, plantación y desbrote. Cada faena se describe en detalle respecto de sus costos, posibilitando así los antecedentes necesarios para simular cualquier caso específico.

En el segundo capítulo se entregan los costos de la cosecha forestal incluyendo la construcción de caminos y la explotación propia-

mente tal. En los costos considerados para la construcción de camino, se incluye su estabilización, en tanto que en la explotación se incluyó volteo, desrame, trozado en bosque, estrobadado, madereo, trozado en cancha y apilado.

En el siguiente capítulo se analizan las inversiones y costos involucrados en la operación de fábricas de tableros de partículas, fibra y contrachapados. En el caso de tableros de partículas y contrachapado, se estudió además el efecto del tamaño de la planta sobre los costos de producción. Para el caso de tableros de fibra, sólo se analiza el caso para una planta de capacidad de producción reducida.

En el último capítulo se estudian las inversiones y costos involucrados en la operación de una fábrica productora de pulpa, y plantas integradas a la producción de papel. Para este caso se estudian proyectos de pulpa kraft cruda y blanqueada, diseñadas para grandes escalas de operación. El proyecto papelerero en cambio, está orientado a evaluar la producción de papeles blancos.

**Valor del Ejemplar: \$ 3.200**

**5.— ACTUALIZACION DE VOLUMENES DE MADERA EN PIE DE PINO RADIATA EN LA VIII REGION. Informe Técnico N° 114. División de Inventarios Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1988. 140 págs.**

La VIII Región del Bío-Bío constituye la zona geográfica del país que concentra la mayor extensión de plantaciones forestales, equivalente a un 45% de la superficie nacional plantada, concentrando el 49% el total de las plantaciones de Pino Radiata.

Este documento concluye que en dicha Región existen 259,6 miles de hectáreas plantadas con Pino Radiata de edad superior a 10 años lo que representa un volumen de 81,3 millones de metros cúbicos sólidos sin corteza.

La publicación entrega funciones de rendimiento y existencias para madera en pie, volumen aserrable, considerando como índices de utilización, diámetros de 10, 15, 20 y 25 cm. Además del detalle de la superficie total de plantaciones de Pino Radiata existentes en

la VIII Región.

A través de sus páginas, el documento entrega antecedentes que permiten confirmar las tendencias proyectadas por los estudios de diversas instituciones, que sitúan los volúmenes de madera de esta especie, como determinante para el desarrollo futuro del sector forestal.

**Valor del Ejemplar: \$ 2500**

**6.— SISTEMA DE INFORMACION DE EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago, Chile.**

El Instituto Forestal, por encargo de la Corporación Nacional Forestal, ha venido desarrollando desde hace varios años el Sistema Informático de Exportaciones Forestales, que tiene por objetivo recopilar, procesar y difundir toda la información básica referente a la gestión exportadora del sector forestal chileno. A través del desarrollo de este Sistema de Información, el INFOR ha llegado a ocupar una posición de liderazgo en este campo, lo cual le permite en la actualidad proporcionar a los suscriptores de este servicio, información completa, precisa y oportuna, en términos de volumen y valor de los embarques, mercados de destino, precios medios y empresas exportadoras.

La información de Exportaciones Forestales es actualizada mensualmente con los últimos datos disponibles, difundidos a través de una publicación mensual que se distribuye mediante suscripción.

Cada publicación proporciona las cifras acumuladas al mes respectivo, así como la comparación con la gestión realizada en el mismo período del año anterior. La información incluye todos los productos que el sector vende en el exterior, analizando en forma más detallada los de mayor importancia. Datos más desagregados que los publicados se encuentran también a disposición de los suscriptores del Sistema, en el banco de datos del Sistema.

**Valor Suscripción Anual: \$ 66.000**

**7.- PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES CHILENOS. Boletín Estadístico N° División de Estudios Económicos, Instituto Forestal Santiago, Chile. 1988. págs.**

Por encargo de la Corporación de Fomento de la Producción, el Instituto Forestal ha publicado un nuevo Boletín Estadístico titulado "Precios de Productos Forestales Chilenos, actualizado al mes de Diciembre de 1988.

Se entrega a través de esta publicación los precios medios mensuales que registraron en el mercado externo aquellos productos forestales cuyo monto exportado superó los US\$ 500 mil durante 1988, así como los precios mensuales desde 1985 para los principales productos forestales comercializados dentro del país.

Junto con lo anterior, se proporciona un breve análisis de las principales causas del comportamiento de los precios en los mercados interno y externo.

**Valor del Ejemplar: \$ 1.500**

**8.- PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE POSTES DE PINO RADIATA CRECIDO EN CHILE. Informe Técnico N° 115. División Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1989. 281 págs.**

La producción Forestal se ha acrecentado fuertemente en los últimos años y es así como además de aumentar el volumen producido de madera aserrada, ha aumentado también el volumen de otros productos forestales como es el caso, entre otros, de los *Postes de Pino Radiata*.

El Instituto Forestal, consciente de la necesidad de conocer las propiedades físico-mecánicas de los *Postes de Pino Radiata* crecido en Chile, realizó una investigación basada en las más modernas tecnologías de ensayos utilizadas en los países desarrollados, cuyo resultado dio origen a la publicación que aquí se presenta.

El objetivo principal de la investigación, fue obtener las propiedades resistentes de los *Postes de Pino Radiata* trabajando como elemento estructural, el cual por su forma cilíndrica presenta favorables características resistentes.

Para llevar a cabo el estudio se determinaron como variables el origen, largo, estado y clase diamétrica, ésta última determinada de acuerdo a la norma American National Standard Institute ANSI 05.1-1979. El realizar la clasificación de acuerdo a la norma ANSI, se debe a que ésta es internacionalmente reconocida y por tanto facilitará su comercialización.

Se ensayaron 315 postes de: 7,6 m; 9,1 m y 10,6 m, además se realizaron 8.500 ensayos secundarios en probetas libres de defectos para determinar la correlación entre las propiedades de éstas y la resistencia de los postes a escala real. Los estados fueron: verde, seco e impregnado con sales hidrosolubles tipo C.C.A. a fin de determinar la incidencia del contenido de humedad y de la impregnación, en la resistencia de los postes.

Es necesario hacer presente que este estudio fue tomado como base para la creación de la norma chilena NCh 2122 "Maderas de Pino Radiata, Especificaciones y Dimensiones". El informe está compuesto de 6 capítulos y cinco anexos.

**Valor del Ejemplar: \$ 2.500**

**9.- RECOPIACION DE ANTECEDENTES TECNICOS Y ECONOMICOS EN LA PRODUCCION DE ASTILLAS DE MADERA. Informe Técnico N° 116. Depto. Industrias División Regional, Instituto Forestal, Concepción, Chile. 1989. 141 págs.**

El crecimiento sostenido que ha mostrado el sector forestal en el país, ha llevado a preocuparse, entre otros muchos aspectos, por el aprovechamiento de los subproductos generados por él a fin de optimizar la utilización del recurso boscoso y por ende su rentabilidad.

Una forma conveniente de aprovechar los residuos del manejo (forestal) de la explotación y de la industria de aserrío, ha resultado ser la producción de astillas o chips.

El Instituto Forestal, en su rol de la investigación forestal aplicada, ha desarrollado el documento "Recopilación de antecedentes Técnicos y Económicos en la Producción de Astillas de Madera", el cual pretende servir de apoyo al manejo, producción y comerciali-

zación de astillas de madera.

La organización que se le ha dado a la publicación es la siguiente: en primer lugar, se define el producto y se entregan características de los equipos para su fabricación. A continuación, se hace referencia a la calidad de las astillas, su almacenamiento y las diferentes formas de medición comúnmente empleadas. Finalmente, se analiza el transporte de astillas y se proporcionan antecedentes económicos de los costos de producción.

**Valor del Ejemplar: \$ 2.500**

**10.— EL FUTURO DEL MERCADO INTERNO DE LA MADERA ASERRADA Y TABLEROS. NECESIDAD DE UNA ESTRATEGIA PAIS. Informe Técnico N° 117. División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1989. 255 págs.**

La situación de bajo consumo interno per cápita de madera aserrada y tableros, en relación al de países de similar desarrollo económico que el nuestro y la necesidad de conocer el comportamiento futuro de este mercado, motivó a la Corporación de Fomento de la Producción a solicitar al INFOR la elaboración de este estudio.

La metodología de trabajo empleada para su desarrollo se basa en el uso de técnicas cuantitativas y cualitativas que abarcan todos los factores implícitos en el consumo.

Entre las materias consideradas en el estudio, pueden destacarse las siguientes: Consumo de madera aserrada y tableros en Chile y su situación frente a otros países. Factores que afectan dicho consumo, con especial énfasis, en cuanto a la formación que sobre la madera imparten las carreras universitarias; percepción de la madera por parte del consumidor, aspectos legales y de normativa que regulan la construcción con madera y un análisis econométrico que explica las variables que determinan el consumo interno de madera aserrada.

Cerrando este capítulo de investigación de dichos factores, se proporciona una visión de la situación actual y de mediano plazo del

mercado, a través de la metodología "sesiones de grupo", que permitió reunir opiniones de personas representativas de las áreas de la producción y el consumo de madera aserrada y tableros.

La situación de largo plazo, obtenida mediante la técnica predictiva Delfos, constituye tal vez, el aporte más novedoso del estudio, pues utilizando una metodología de proyección poco conocida en el país, se logra reunir información sobre el futuro del mercado interno de más de un centenar de personas líderes relacionados directa o indirectamente con el sector forestal chileno.

Finalmente, a través de un análisis denominado "mapa de terreno estratégico", se visualiza la situación de desarrollo alcanzando para los principales productos forestales, destacándose áreas de negocios de interés para inversionistas nacionales o extranjeros.

**Valor del Ejemplar: \$ 2.500**

**11.— LA ACTIVIDAD FORESTAL EN CHILE A 1988. Informe División de Estudios Económicos, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1989. 60 págs.**

El informe que se presenta, titulado "*La Actividad Forestal en Chile a 1988*", constituye una síntesis de la información económica más relevante del Sector, actualizada a 1987 y cuando fue posible a 1988, la cual ha sido resumida desde los más recientes informes técnicos del INFOR y otros. Estos antecedentes permiten obtener una rápida y clara visión global sectorial, a quienes estén interesados en conocer el sector forestal chileno.

El informe se ha estructurado en siete capítulos en el que el primero y el último corresponde a la Introducción y Bibliografía respectivamente.

El capítulo 2, trata acerca de la evolución sectorial de la corta de madera y de la Industria. En el capítulo 3, se describe la situación actual del sector forestal, desde el punto de vista de la contribución económica al desarrollo del país.

El tema 4, se refiere a las disponibilidades actualizadas de los recursos naturales produc-

---

## BIBLIOGRAFIA

---

tivos, tanto nativo como de plantaciones forestales. El capítulo siguiente, describe la Industria Forestal en sus aspectos, según el caso, de producción, capacidad instalada, establecimientos y otros.

En la parte final, se presenta el conjunto de aspectos directos legales de protección, fomento y control, que rigen al sector forestal.

**Valor del Ejemplar: \$ 1.200**

## REGLAMENTO DE PUBLICACION

**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL** es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos que deseen difundir sus experiencias sobre Silvicultura, Manejo Forestal, Industria Maderera, Economía Forestal y Madera en la Construcción.

Todas las colaboraciones serán revisadas por un selecto grupo de profesionales quienes actuarán para estos efectos como editores asociados de la publicación. Previo a ello, la publicación cuenta con la asesoría permanente de un Consejo Editor, facultado para aceptar, rechazar o solicitar modificaciones a los autores.

“La publicación aceptará colaboraciones sólo en dos idiomas: Español e Inglés. El texto de los artículos deberá redactarse en un lenguaje universal, que pueda ser comprendido no sólo por profesionales, en atención a que la publicación tiene por objetivo traspasar conocimiento y experiencia al sector forestal en general. Los artículos o trabajos, que transgredan esta disposición, serán devueltos a sus autores, para efectuar las modificaciones que solicite el Consejo Editorial de la publicación.

“La publicación consta de 3 secciones:

- a) *Artículos*: trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico y/o tecnológico, como resultado de una investigación o serie de experiencias, que se hayan efectuado siguiendo el método científico.
- b) *Apuntes*: Comentarios y/o análisis sobre un tema en particular que presente un enfoque metodológico novedoso, o que corresponda a un avance de investigación en ejecución o dé cuenta de la realización de reuniones técnicas que permita especializar el conocimiento sobre el bosque y sus productos.
- c) *Bibliografía*: Comentarios sobre el contenido de libros, documentos o artículos, chilenos o extranjeros, de cuyo conocimiento puedan derivarse avances científicos y/o tecnológicos para el país.

Todos los artículos publicados darán derecho al autor a recibir 20 reproducciones del mismo, para su empleo y distribución. Cantidades adicionales se deberán solicitar junto a la aprobación del texto, debiéndose considerar el importe respectivo por ello.

---

## ESTRUCTURA Y PRESENTACION DE LAS COLABORACIONES

---

- a) *Artículos*: Todos los trabajos presentados a esta sección deberán contener: Resumen (en español e inglés), Introducción, Material y Método, Resultado y Discusión, Referencias Bibliográficas. Eventualmente podrá incluirse un capítulo de agradecimiento, el que se incluirá antes de las Referencias Bibliográficas.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo, construido con el mínimo de palabras, evitando el empleo de verbos, y abreviaciones.

El Resumen deberá contener el objetivo del trabajo, el material o metodología (en término genérico) empleada y los resultados fundamentales. Su extensión máxima será de 1 carilla o el equivalente a 20 líneas. Al final de cada resumen, el autor deberá entregar a lo menos 3 “palabras claves”, para lograr una adecuada clasificación bibliográfica de su contenido para lo cual se empleará el Vocabulario Forestal Unitérmino de INFOR. El Abstract, corresponderá a la traducción al inglés del resumen ya definido.

En la Introducción se incluirá la revisión bibliográfica efectuada, orientada a definir el estado actual del conocimiento sobre el tema, la importancia que implica su divulgación y la

compatibilización de los principales resultados con su objetivo. Aquí no podrá incluirse cuadros ni figuras.

Los puntos relativos a material y método, deberán desarrollarse cuidando entregar información precisa y completa, que permita una visión clara de la metodología y materiales empleados en la investigación o estudios que diera origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original, deberá citarse con claridad su procedencia. Todas las citas taxonómicas deberán entregarse con el nombre científico subrayado (entre paréntesis) luego de citar el nombre y vernáculo de la especie. Sólo se aceptarán cuadros y figuras que no repitan informaciones y se excluirán aquellas que registren antecedentes que hayan sido suficientemente desarrollados en el texto. Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por organismos científicos, preferentemente las del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará el sistema métrico decimal, para la expresión de unidades de medida, volumen y similares.

En la sección Resultados deberán aparecer todos los obtenidos, sin duplicar tablas ni figuras. Respecto de la discusión, corresponderá analizar aquí la relación entre el estado actual del problema planteado en la introducción y los resultados. No se incluirán nuevos resultados.

Las Referencias Bibliográficas se harán de acuerdo a las normas del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de OEA, adaptadas al sistema "autor-año".

b) *Apuntes*: Los trabajos presentados a esta sección se estructurarán siguiendo el siguiente esquema:

- primero, descripción breve del método, fenómeno, avance o hecho que da cuenta, dando a conocer todos los elementos ambientales, circunstanciales o técnicos, en el que se presente.
- luego, comentario sobre la trascendencia que representa para la actividad forestal chilena y para el desarrollo de la Ciencia Forestal.
- finalmente, análisis u opiniones respecto de su evolución o desarrollo futuro, así como también, el desafío que representa para los profesionales vinculados a la ciencia forestal y maderera.

El título no podrá exceder de siete palabras, deberá ser representativo de lo que se informa. Se aceptará redacción personal. El nombre del autor, así como su título o grado profesional e institución o empresas que trabaje, se incluirá luego del título del trabajo.

c) *Bibliografía*: Los análisis de artículos, libros, documentos técnicos a incluir en esta sección, se estructurarán cuidando explicar el objetivo de la publicación, análisis de la metodología empleada, comentario de sus resultados desde el punto de vista de su trascendencia para la ciencia forestal y maderera y breve reseña de la estructura, cuando se trate de un comentario de un libro o documento técnico.

El título de esta colaboración será el mismo de la publicación que analiza, seguido del nombre del o los autores, nombre de la editorial o revista o institución editora, año de publicación, extensión.

Al final del comentario, que será redactado en forma objetiva, se podrá incluir el nombre de autor o redactor, su especialidad y grado profesional e institución o empresa a la que pertenece.

---

## PRESENTACION DEL ESCRITO

---

Para el caso exclusivo de ARTICULOS, todo el trabajo deberá escribirse en papel tamaño carta con 20 líneas por página, presentando en la primera página el título del trabajo, el nombre

# BIBLIOTECA INSTITUTO FORESTAL

completo del autor, su título profesional, grado académico, el nombre y dirección de la institución o empresa a la que pertenece, y fecha de remisión del mismo.

En la segunda página se incluirá el resumen en español con una extensión no superior a 20 líneas, acompañado de 3 palabras claves para clasificación, debiéndose emplear para ello el Vocabulario Forestal Unitérmino de INFOR. En la tercera página se entregará el resumen en inglés. En la cuarta página se desarrollará la Introducción, y así sucesivamente, en páginas nuevas, se iniciará cada sección del trabajo (Material y Método, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Referencias Bibliográficas).

La extensión de los artículos será de 35 carillas tamaño carta como máximo y de 10 carillas como mínimo.

Los escritos correspondientes a Apuntes y Bibliografías se entregarán indicando en una primera página el título (más referencias bibliográficas para el segundo de los casos), el nombre del autor, su título profesional y grado académico, nombre de la institución o empresa a la que pertenece. A partir de la segunda página se desarrollará el texto del comentario.

Su extensión no podrá exceder las 15 carillas y tendrá como mínimo una extensión de 3 carillas en total.

Todos los cuadros, figuras, fotos o similares se enumerarán correlativamente a lo largo del trabajo. Todas las lecturas o notas explicativas, se entregarán en páginas separadas, cuya extensión no supere las 10 líneas, evitando duplicar información con el texto.

Los cuadros, gráficos y figuras, así como las fotos, respetarán la fuente de origen de la información que contiene o la autoría que representan, debiendo citarla al final de cada uno o de la nota explicativa. Cada cuadro, gráfico o figura, se entregará en original más una fotocopia, en páginas separadas del texto mismo.

La posición ideal de cuadros, tablas, figuras y fotos la indicará el autor al margen del escrito, a la altura del texto donde sea sugerido, razón por la cual se dejará un margen de 5 cms. en cada página del texto.

Las fotos y figuras llevarán al reverso el número correlativo que corresponda, hecho con lápiz grafito, debiendo citarla al final de cada uno, o de la nota explicativa.

Sólo se reproducirán fotos en blanco y negro, siempre que reúnan buenas características de contraste, brillo y nitidez y sus dimensiones no sean inferior a 12 x 18 cms.

---

## RECEPCION DE COLABORACION

---

Deberán enviarse en original y dos copias al Editor de la publicación, a Huérfanos N° 554, Piso 3°, Santiago, Chile.





