2

1(2)87

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

DICIEMBRE 1987

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

INFOR
infor CHILE
FILIAL CORFO

2

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

DICIEMBRE 1987

infor CHILE
FILIAL CORFO

INFOR

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

Director : Patricio Valenzuela V.

Subdirector : Jorge Cabrera P.

Editor : Carlos Sierra S.

Consejo Editor : Rolando Bennewitz B., Ignacio Cerda V., Ronald Du Belloy G., Hans Grosse W., Vicente Pérez G., José A. Prado D.

Editores Asociados : René Alfaro (Canadá), Ronald Brun (RFA), Hernán Cortés S., Roberto Delmastro, Claudio Donoso, Fernando Garrido, Bertram Husch, Jaime Latorre A., Eduardo Morales, Ramiro Morales, Manuel Ortiz C., Hernán Peredo, Roland Peters N., 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 es de $ 3.500, incluido IVA, siendo de $ 2.000 para los estudiantes universitarios. El valor de la suscripción para los interesados del extranjero es de US$ 25,00, incluido franqueo. El valor de cada ejemplar es de $ 1.500 y de $ 750 para estudiantes (US$ 9,5, 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.

INFOR

CONTENIDO

Artículos

Págs.

Propagación vegetativa por estacas en ***Eucalyptus camaldulensis*** Dehn . . . . . *P. Rojas V., P. Arce J. y M. Arriagada B.* 1

Funciones de Biomasa para seis especies arbustivas de la Zona Arida Chilena . . . . . *J. A. Prado , P. Infante C., M. Arriagada B y S. Aguirre* 11

Fertilización de Raulí en Vivero . . . *Michael Bourke y Hans Grosse W.* 21

Desarrollo de Renovales de Raulí Raleados . . . . . *Hans Grosse W.* 31

Ensayos de Reforestación por siembra directa con Algarrobilla ***(Balmasocarpon brevifolium*** CLOS) en la Zona de Vallenar . . . . . *Johannes Wramm H. y Daniel Barros.* 45

Empleo de Imágenes Satelitarias para la Clasificación Termal de Suelos Forestales . . . . . *N. Vergara R., y M. Farías S.* 57

Tensiones Admisibles para Madera Estructural . . . . . *Vicente Pérez G.* 75

Determinación de la la Resistencia de Postes de Pino Radiata . . . . . *Alberto Campos B.* 93 94

Características del Debobinado de Aromo Australiano (***Acacia melanoxylon*** R. Br.) . . . . . *F. Devlieger S., H. Cuevas D. y L. Inzunza D.* 109

Diseño Factorial en secado industrial a alta temperatura de Pino Radiata . . . . . *Roberto Melo H.* 115

Apuntes

Costos de secado por deshumidificación . . . . . *Gastón Cubillos C.* 121

Diseño de un banco de medición de defectos de Madera Aserrada . . . . . *Martín Pavón H.* 126

Bibliografía

Secado por Deshumidificación de Especies Madereras de Interés Comercial. Parte. I: Pino Radiata, Coigüe, Tepa y Lenga 133

Desarrollos Tecnológicos Relevantes para la Industria de Pulpa y Papel . . 133

Las Plantaciones Forestales de América Latina 134

Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile, 1986 - 2015 134

Perspectivas del Mercado Latinoamericano para Productos del Pino Radiata Chileno 135

Visión Tecnológica de la Industria Forestal Chilena 136

El Mercado Forestal Interno 136

Tecnología y Perspectivas de Tableros de Partículas Tipo Waferboards, Flakeboards y OBSB. 137

El Mercado Internacional y las Exportaciones Forestales Chilenas 138

Tablas de Conversión Mecánica y Elaboración 139

Clasificación Estructural Mecánica de la Madera. Principios y Aplicación 139

Clasificación Estructural del Pino Radiata destinado a Madera Laminada . . 140

ARGENTINA: Diagnóstico sobre Demanda y Perspectivas de los Productos Forestales Chilenos 141

VENEZUELA: Perspectivas de Colocación de Productos del Pino Radiata Chileno 141

INFOR

PROPAGACION VEGETATIVA POR ESTACAS EN *Eucalyptus camaldulensis Dehnh*

Patricio Rojas V. (*)
Patricio Arce J. (**)
Manuel Arriagada B. (***)

RESUMEN

Se evalúa el arraigamiento de estacas de ***E. camaldulensis*** a partir de material proveniente de rebrotes, en condiciones ambientales controladas de luz, temperatura del sustrato, temperatura ambiental, humedad relativa y riego automático.

El material colectado proviene de vástagos de árboles adultos seleccionados de las parcelas experimentales de introducción de especies de INFOR.

Se evaluó el efecto de la variabilidad individual, la concentración de hormonas y el tipo de sustrato en la capacidad de arraigamiento de estacas de ***E. camaldulensis*** para bosquejar protocolos de propagación de especies del género Eucalyptus.

ABSTRACT

This paper evaluates rooting ability of cuttings of ***Eucalyptus camaldulensis*** *obtained from basal epicormic shoots, under controled conditions of light, greenhouse temperature, rooting media temperature, humidity and irrigation.*

The cuttings were obtained from selected trees growing in experimental plots established as part of a species introduction program.

The effects of individual variability, hormone concentration and rooting medium on rooting capacity of ***E. camaldulensis*** *are evaluated, in order to determine procedures for vegetative propagation of Eucalyptus species.*

(*) Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554 - Piso 4 - Santiago - Chile.
(**) Botánico, Fisiólogo. P. Universidad Católica.
(***) Licenciado en Ingeniería Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554 - Piso 4 - Santiago - Chile.

INFOR

INTRODUCCION

Eucalyptus es un género de amplia distribución mundial, que se perfila como el más importante recurso maderero en la industria de la celulosa y sus derivados (DURAN - CRESWELL et. al., 1985; MARTIN, 1987, TOUZET, 1980).

Las especies de este género presentan rápido crecimiento y una madera densa, por lo que son muy atractivas en el sector productivo forestal (MARTIN, 1987). Además, poseen diversos mecanismos de adaptación como yemas epicórmicas, lignotubérculos, asociaciones micorrízicas, que le permiten habitar regiones edafoclimáticas diversas (ELDRIDGE y CROMER, 1987; HARTNEY, 1980).

Es notable en las especies de Eucalyptus, su gran variabilidad intra e interespecífica en caracteres tales como: producción de biomasa, tasa de crecimiento, resistencia a heladas y déficit hídrico, entre otros (CHAPERON, 1987; ELDRIDGE y CROMER, 1987). Una forma de mantener las características favorables, evitando la variabilidad encontrada en árboles obtenidos a partir de semillas, es recurrir a la propagación vegetativa (BURDON, 1982; CAMPINHOS, 1987; CAUVIN y MARIEN, 1978; CAMPINHOS et al., 1983; MAX DE BORBA y MACHADO, 1983; POTTS y POTTS, 1986). Es por esto que la implementación de técnicas de propagación clonal en individuos seleccionados de buenas características productivas y/o resistentes a condiciones desfavorables, se presenta como una etapa crucial en programas de mejoramiento genético para futuras plantaciones comerciales.

Por esta razón el concepto de silvicultura clonal en Eucaliptos es cada vez más conocido en el mundo, desde que FRANCLET, en 1956, iniciara los trabajos de macropropagación en especies del género Eucalyptus en Marruecos (CHAPERON, 1987).

Estos clones de alta productividad reproducidos asexualmente mediante estacas (cuttings) han permitido en el programa genético iniciado por la empresa brasileña Aracruz, incrementar el rendimiento de sus bosques en un 112% (de 33 m^3/ha/año a 70 m^3/ha/año), mejorar las características de la pulpa (densidad, contenido) e incrementar la productividad forestal en un 135% (de 7,85 a 18,45 toneladas de pulpa/ha/año) (GARCIA, 1984).

Actualmente millones de plantas son producidas por el sistema de estacas en el mundo (Brasil, Congo, Sudáfrica y Portugal), principalmente en especies subtropicales como ***Eucalyptus grandis*** y marginalmente en especies de zonas templadas como ***Eucalyptus globulus***. La técnica de propagación vegetativa se está desarrollando muy velozmente y probablemente reemplazará la producción tradicional de plantas en un futuro muy cercano (CHAPERON, 1987).

Las especies del género Eucalyptus se presentan como una atractiva alternativa de forestación en Chile, debido a su gran plasticidad, alta productividad y múltiples posibilidades de uso. Las plantaciones experimentales realizadas en el país indican que las especies de interés son: ***E. camaldulensis, E. cladocalyx, E. globulus*** y sus subespecies maidenii y bicostata en la zona mediterránea semiárida y ***E. regnans, E. nitens, E. delegatensis, E. fastigata*** en la zona mediterránea central (INFOR, 1986).

Entre las especies recomendadas para la zona semiárida se destaca ***E. camaldulensis*** (procedencia Lake Albacutya) por su resistencia a las condiciones de sequía del secano interior de la zona central, su buena adaptación y alta productividad (ROJAS y BARROS, 1987).

Considerando las limitaciones de las regiones semiáridas y la reconocida plasticidad que ***E. camaldulensis*** posee para crecer rápidamente en sitios pobres, con poca precipitación, esta especie se presenta como buen candidato para seleccionar ecotipos para estas regiones.

Por esta razón, el objetivo de este trabajo es evaluar la técnica de propagación vegetativa por estacas, en material seleccionado de ***E. camaldulensis***, pretendiendo también bosquejar los

INFOR

procedimientos de propagación, para un futuro programa de mejoramiento genético de este género en Chile.

OBJETIVOS

Evaluar la propagación vegetativa de ***E. camaldulensis*** por medio de estacas (cuttings) provenientes de rebrotes de tocón en condiciones ambientales controladas.

Determinar el efecto de la concentración hormonal, el tipo de sustrato y el material colectado en la propagación por estacas de ***E. camaldulensis.***

Bosquejar el procedimiento de propagación por vía asexual en especies del género Eucalyptus.

METODOLOGIA

El trabajo experimental contempló el arraigamiento de estacas provenientes de rebrotes de tocón de ***Eucalyptus camaldulensis*** para diferentes tratamientos. Las variables ensayadas fueron: árbol, sustrato y concentración de Acido Indol Butírico (AIB) en el invernadero bajo condiciones ambientales controladas.

Los árboles de ***E. camaldulensis*** fueron seleccionados de las parcelas experimentales del programa de introducción de especies de INFOR. Para este efecto, se incluyeron dos sitios representativos del secano costero de la V Región: Casablanca (Ensayo Santa Marta) y Peñuelas (Ensayo Reserva Forestal Peñuelas), donde la especie alcanza buen desarrollo en altura y diámetro.

Obtención del Material

Los árboles escogidos correspondieron a individuos entre 16 a 20 años, con buenas características de volumen, forma, poda natural, vigor y resistencia al ataque de hongos e insectos. El volumen de los árboles se cuantificó de acuerdo a la fórmula de OPIE (1976). La puntuación de los árboles de acuerdo al formulario de terreno permitió seleccionar mediante un programa utilitario en el computador los tres mejores individuos de ambos sitios incluidos en el estudio.

CUADRO 1

CARACTERISTICAS DE LOS ARBOLES SELECCIONADOS DE *E. camaldulensis*

	ARBOL Nº		
	1	2	3
Localidad	Sta. Marta	Peñuelas	Peñuelas
Parcela	503	501	204
Nº en la parcela	19	9	19
Procedencia	Glenisla, Vic. Australia	New South Wales, Australia	New South Wales, Australia
Edad (años)	16	20	20
Altura (m)	15,0	23,0	19,0
DAP (cm)	23,2	31,0	26,5
Vol (m^3 scc)	0,2448	0,6343	0,3949

Corta de los Arboles

Los árboles fueron cortados con motosierra y repasados con una sierra de arco de tal modo de dejar los tocones a una altura máxima de 12 cm del suelo, con un corte de bisel en 30°. Los tocones fueron protegidos con una malla hexagonal para evitar el daño a la rebrotación.

Preparación de las Estacas

Los vástagos obtenidos de la rebrotación de alrededor de 4 meses fueron cortados y sumergidos en una caja térmica con una solución de Benlate (fungicida sistémico) y azúcar al 5%. Se seleccionaron aquellos vástagos no muy lignificados y con un largo máximo de 80 cm.

A partir de un rebrote se obtuvieron varias estacas, desechando aquellas cuyo aspecto fuera demasiado herbáceo (ápice) o muy lignificado (base de la rama). Cada estaca debía tener 2 pares de hojas (las que se cortaron por la mitad) y un diámetro de tallo de 3 a 4 mm.

Las estacas fueron sumergidas en una solución de 140 ppm de Benlate durante 15 minutos. Finalmente se aplicó la hormona, introduciendo la base de la estaca (2 cm) en la solución de talco ácido indol butírico (AIB).

Las estacas fueron plantadas en las macetas del invernadero, de acuerdo a los tratamientos correspondientes.

Diseño Estadístico

Para evaluar la respuesta de las estacas a distintas concentraciones de hormonas, diferentes sustratos y orígenes del material colectado, se efectuó un diseño factorial al azar con tres repeticiones (Cuadro 2), en que la unidad experimental estuvo constituida por 5 estacas.

CUADRO 2

DISEÑO ESTADISTICO

		Concentración de la hormona AIB	Sustrato	Procedencia Arbol
N I V E L	1	2000 ppm	Vermiculita	Arbol 1
	2	5000 ppm	Vermiculita y Turba (1 : 1)	Arbol 2
	3	8000 ppm		Arbol 3

Total tratamientos: 3 x 2 x 3 = 18

Regulación de las Condiciones Ambientales

Las macetas con las estacas fueron colocadas en el invernadero del Instituto Forestal bajo condiciones controladas de temperatura ambiental, temperatura en la base de la estaca y luminosidad, según se detalla en el Cuadro 3. Además el invernadero cuenta con un sistema de riego automático.

INFOR

CUADRO 3

CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS ESTACAS PARA SU ARRAIGAMIENTO

TEMPERATURA		HUMEDAD	LUMINOSIDAD		OBSERVACIONES
Ambiental 0° C	Sustrato 0° C	RELATIVA	Foto - Período	Intensidad Lumínica	
14 - 24 $\bar{x}$ = 19,3	16,1 - 25,5 $\bar{x}$ = 20,8	86%	12 Hrs.	150 ($\mu E/m^2s$)	Las estacas fueron fertilizadas periódicamente con Poliverdol (1 gr/lt) y fumigadas con Benlate (140 ppm).

CUADRO 4

RESULTADOS OBTENIDOS POR TRATAMIENTO

Tratamiento (* *)	Arbol N° (* *)	Sustrato (–)	Hormona (ppm)(–)	Plantas con Callosidades (%)	Plantas Con raíz (%)
1	1	Vermiculita	2000	46,7	33,3
2			5000	33,3	46,7
3			8000	6,7	33,3
10		Vermiculita y Turba	2000	20,0	26,7
11			5000	20,0	46,7
12			8000	40,0	26,7
4	2	Vermiculita	2000	0,0	80,0
5			5000	13,3	33,3
6			8000	20,0	20,0
13		Vermiculita y Turba	2000	13,3	40,0
14			5000	20,0	60,0
15			8000	20,0	26,7
7	3	Vermiculita	2000	33,3	20,0
8			5000	6,7	13,3
9			8000	13,3	6,7
16		Vermiculita y Turba	2000	66,7	0,0
17			5000	13,3	20,0
18			8000	6,7	13,3

(* *) Diferencias significativas (Alfa : 0,99).
(–) No significativo

INFOR

RESULTADOS

Se entregan los valores porcentuales promedios de las tres repeticiones por tratamiento según plantas que presentaron callosidades y plantas que desarrollaron sistema radicular.

De acuerdo a los resultados obtenidos del ANDEVA, existen diferencias significativas según el árbol donde se colecten las estacas (Alfa = 0,99).

No existen diferencias significativas en la concentración de la hormona, ni en el sustrato utilizado, ni en las interacciones de los factores. (Alfa = 0,99).

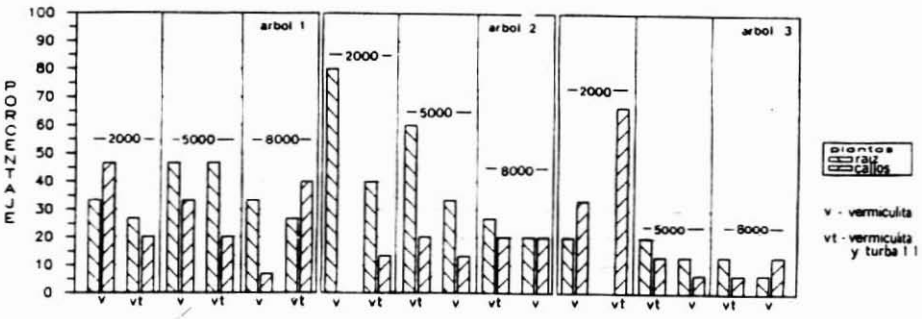
DISCUSION

Son numerosos los ejemplos de propagación vegetativa en diversas especies del género ***Eucalyptus*** (HARTNEY, 1980; CAUVIN, 1981, CELBI, 1982; CHAPERON et al., 1983; DURAN - CRESWELL et al., 1985). Muchas de tales publicaciones se refieren exclusivamente a ***E. camaldulensis*** (GIORDANO, 1961; GEARY y HARDING, 1984; MONTALDI y MARCAVILLACA, 1963; BACHELARD y STOWE, 1963).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo fue posible obtener hasta un 80% de arraigamiento en uno de los tratamientos ensayados (Fig. 1). En el resto de los tratamientos dicho porcentaje es inferior al 60%, sin considerar las plantas con callosidades que pueden mejorar sustancialmente los resultados.

FIGURA 1

ARRAIGAMIENTO DE ESTACAS



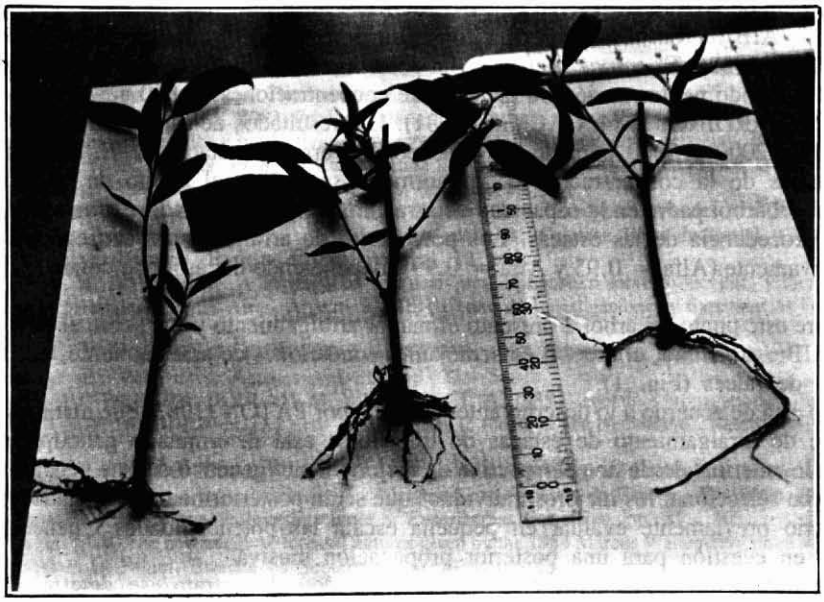
Se ha descrito que para inducir arraigamiento de estacas en numerosas especies, éstas deben ser tratadas con hormonas promotoras de raíces. BACHELARD y STOWE (1963) probaron diferentes auxinas en estacas de ***E. camaldulensis*** en medio líquido y obtuvieron los mejores resultados con ácido indol butírico, en solución de 1.0 mg/lt. En medio sólido, en cambio, esta hormona es comúnmente usada en diferentes especies de ***Eucalyptus***, en concentraciones que oscilan las 500 a 8000 ppm (CELBI, 1982; MAX DE BORBA y BRUNE, 1983; CAMPINHOS e IKEMORI, 1983).

De acuerdo a nuestros resultados, la mejor concentración hormonal fue de 2000 ppm, en la cual se obtuvo una buena formación tanto de brotes como de raíces (Fig. 2). Lo anterior está

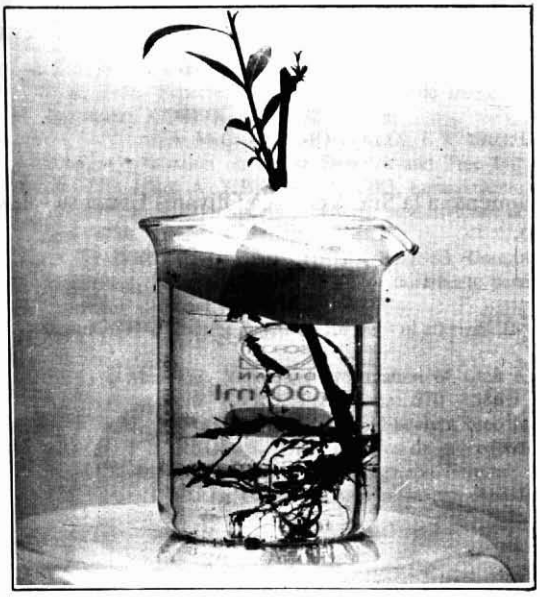
INFOR

FIGURA 2

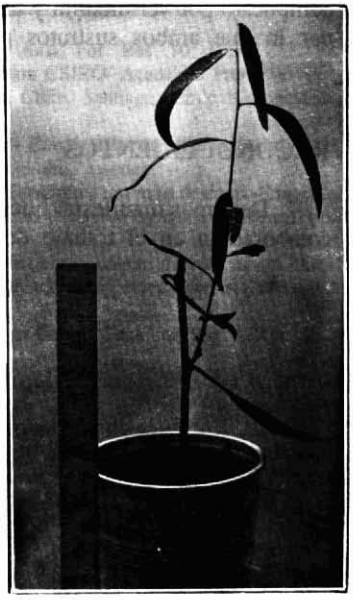
ARRAIGAMIENTO DE ESTACAS EN *Eucalyptus camaldulensis*



a) Estacas completas mostrando brotes y raíces.



b) Detalle del vigoroso sistema radicular



c) Plántula arraigada creciendo en macetas

INFOR

de acuerdo a lo reportado por otros autores para esta misma especie, en que han conseguido semejantes porcentajes de arraigamiento con 1600 ppm de AIB (CAUVIN y MARIEN, 1978).

Otros autores han conseguido propagar estacas de ***E. grandis, E. saligna y E. urophylla*** con 8000 ppm de AIB (CAMPINHOS e IKEMORI, 1983), mientras que en ***E. globulus*** sólo 500 ppm de AIB fueron necesarias para conseguir porcentajes de arraigamiento superiores al 70% (CELBI, 1982). ***E. camaldulensis*** se ha descrito como una especie muy plástica, puesto que se ha inducido neoformación de raíces entre concentraciones de 800 a 3000 ppm de AIB (GEARY y HARDING, 1984; CAUVIN, 1981). Los resultados de este estudio lo confirman, ya que entre 2000 y 8000 ppm de AIB fue posible arraigar estacas de ***E. camaldulensis.***

Además de la concentración de la hormona se evaluó el efecto de la variabilidad individual del árbol padre en la capacidad de arraigamiento, encontrándose grandes diferencias según la procedencia de las estacas. Los porcentajes de arraigamiento conseguidos difieren significativamente (Alfa = 0.95 y Alfa = 0.99), dependiendo del árbol de donde se colecte el material.

Sobre este punto, el árbol 2 presentó el mayor arraigamiento y fue sobre el 80% en 2000 ppm de AIB; en cambio, el árbol 3 en semejantes condiciones de arraigamiento, no consiguió inducción de raíces (Fig. 1).

Esto está de acuerdo a lo descrito anteriormente por PATON (1983) que manifiesta que el porcentaje de arraigamiento de estacas de Eucaliptos está determinado genotípicamente.

Por lo anterior, desde una perspectiva de mejoramiento genético de este género en Chile, no basta con seleccionar los mejores individuos que serán posteriormente propagados, sino que es necesario previamente evaluar en pequeña escala las potencialidades regenerativas del individuo en cuestión para una posterior propagación masiva.

Finalmente, en relación al otro factor analizado, el sustrato, se determinó que en promedio las estacas plantadas en vermiculita dieron mejores resultados que en el medio compuesto por vermiculita y turba (Cuadro 3), aunque las diferencias no fueron significativas, por lo que ambos sustratos pueden ser utilizados como medios de propagación de estas especies.

RECONOCIMIENTOS

Debemos manifestar nuestro reconocimiento a la Sra. Verónica Olivares L. por su valiosa colaboración en el trabajo de laboratorio.

INFOR

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BACHELARD, E.P. AND STOWE, B.B. 1963. Rooting of cuttings of Acer rubrum L. and ***Eucalyptus camaldulensis Dehnh.*** Aust. J. Biol. Sci. 16: 751 - 767.
2. BURDON, R.D. 1982. The roles and optimal place of vegetative propagation in tree breeding strategies.
3. CAMPINHOS, E. 1987. Propagacao vegetativa de Eucalyptus por enraizamento de estacas. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. Buenos Aires, Argentina. CIEF. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. pp. 208 - 214.
4. CAMPINHOS, E. IKEMORI, Y. 1983. Producao massal de Eucalyptus spp a través de estaquia. Simposio IUFRO. En melhoramento genético e productividade de especies florestais de rapido crescimento, Brasil. pp. 770-775.
5. CAUVIN, B. Y MARIEN, J.N. 1978. La Multiplication Végétative des Eucalyptus en France. Quelques aspects de la Juvénilité et de la réjuvénilization. Annales AFOCEL pp. 141 - 175.
6. CAUVIN, B. 1981. Réjuvénilization - Multiplication d'ortets séniles Eucalyptus. Annales AFOCEL pp. 74 - 105.
7. CELBI, 1982. Propagacao vegetativa do ***Eucalyptus globulus.*** Celulosa Beira Industrial (CELBI), SARL. Departamento Florestal, Figueira da Fez, Portugal. 12. p.
8. CHAPERON, H. 1987. Vegetative Propagation of Eucalyptus. Simposium sobre Silvicultura y mejoramiento de especies forestales. Buenos Aires, Argentina, CIEF, Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. pp. 215 - 232.
9. CHAPERON, H., BERGER, M., FRAYSSE, J. et LEZE, D. 1983. Influence de la qualité du pied - mere sur le bouturage de l'Eucalyptus. Annales AFOCEL pp. 27 - 54.
10. DURAN - CRESWELL, R., BOULAY, M. Y FRANCLET, A. 1985. Vegetative propagation of Eucalyptus. In: BONGA, J.M. and DURZAN, D.J., ed. Tissue culture in forestry. The Netherlands, Martinus Nigloff pp. 150 - 181.
11. ELDRIDGE, K.G., CROMER, R.N. 1987. Adaptation and physiology of Eucalyptus in relation to genetic improvement. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. Buenos Aires, Argentina. CIEF, Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. pp. 85 - 100.
12. GARCIA, L. 1984. The new eucalypt forest. Lectures given by the 1984 Marcus Wallemberg Prize Winners at the Symposium in Falum, Sweden on September 14, 1984. pp. 13.
13. GEARY, T. F. Y HARDING, W. G. 1984. The effects of leaf quantity and trimming on rooting success with ***Eucalyptus camaldulensis Dehnh.*** Cuttings. Commonw. for. Rev. 63 (3): 225 - 236.
14. GIORDANO, E. 1961. Mist propagation of eucalypt cuttings. In: FAO Second World Eucalypt Conference, Sao Paulo, Brasil. pp. 375 - 379.
15. HARTNEY, V.J. 1980. Vegetative propagation of the Eucalyptus. In: Aust. For. Res. 10: 191 - 211.
16. HILLIS, W.E. AND BROWN, A.G. 1984. Eucalypts for wood production CSIRO/ Academic Press. 434. p.
17. INFOR. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. Gerencia de Desarrollo, CORFO, AF 86/32. 167 p.
18. MARCAVILLACA, M.C. AND MONTALDI, E.R. 1963. Enraizamiento de ***Eucalyptus camaldulensis.*** En: FAO World Consultation on Forest Genetics and Tree Improvement, Stockholm, Sweden. 6. p.
19. MAX DE BORBA, A. Y BRUNE, A. 1983. Enraizamento de estacas de Eucalyptus um mito desfeito. Simposio IUFRO. Em: Melhoramento genético e produtividade de especies florestais de rapido crescimento. Brasil. pp. 758 - 759.
20. MAX DE BORBA, A. Y MACHADO, R. 1983. Controle ambiental para enraizamento de estacas em clima subtropical. Simposio IUFRO. Em: Melhoramento genético e produtividade de especies florestais de rapido crescimento, Brasil. pp. 760 - 761.
21. OPIE, J.E. 1976. Volume functions for trees of all sizes. In: Australia, Forest Comm. Technical Paper 25 pp. 27 - 30.
22. PATON, D.M. 1983. Vegetative propagation of adult eucalyptus. Colloque International sur les eucalyptus résistants au froid. IUFRO, France. pp. 570 - 586.
23. POTTS, B.M. Y POTTS, W.C. 1986. Eucalypt breeding in France. Aust. For. 49 (4): 210 - 218.
24. ROJAS, P. Y BARROS, S. 1987. Ensayos de procedencias de ***Eucalyptus camaldulensis Dehnh*** en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 1 (1): 29 - 40.
25. TOUZET, G. 1980. La culture clonale intensive. Annales AFOCEL. pp. 1-9.

FUNCIONES DE BIOMASA PARA SEIS ESPECIES ARBUSTIVAS DE LA ZONA ARIDA CHILENA

José A. Prado D. (*)
Pedro Infante L. (**)
Manuel Arriagada B. (**)
Sergio Aguirre. (*)

RESUMEN

Como parte de un estudio que pretende cuantificar la disponibilidad de biomasa en un sector de la zona árida chilena, se desarrollan funciones para estimar la biomasa de seis especies consideradas importantes, que son: ***Acacia caven, Cassia coquimbensis, Colliguaya odorifera, Cordia decandra, Flourenzia thurifera y Lithraea caustica.*** Se seleccionan modelos lineales ya que entregan mejores estimaciones que los modelos logarítmicos. Considerando la gran variabilidad que presentan las especies en cuanto a su edad, forma y grado de alteración por la acción del hombre y los animales, las funciones entregan una buena estimación de la biomasa, la que, en los arbustos mayores, se concentra en las ramillas (< 3 cm) y hojas.

ABSTRACT

Biomass equations to estimate weight of six shruby species were developed as part of a project that intends to quantify the availability of fuelwood in an area of the Chilean arid zone. Linear models were selected since they gave better estimates than logarithmic functions.

Good biomass estimates were obtained in spite of the great variability that each species presents due to age variations and alterations caused by man and animals. Results indicate that in tall shrubs, biomass is mainly concentrated in small branches (Diameter < 3 cm) and leaves.

(*) Ingenieros Forestales. División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554. Piso 4. Santiago - Chile
(**) Licenciados en Ingeniería Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554 - Piso 4. Santiago - Chile.

INFOR

INTRODUCCION

Las formaciones vegetales naturales de la zona árida chilena se caracterizan por una baja densidad, un escaso desarrollo de la mayoría de las especies y normalmente, por un avanzado estado de degradación producto de una sobre-utilización a que han sido tradicionalmente sometidas. A pesar de esta condición, estas formaciones vegetales aún constituyen un recurso fundamental para la subsistencia de muchas comunidades rurales, ya que son la principal fuente de energía, forraje, madera para infraestructura y otros bienes.

Este hecho hace que exista una intensa y constante presión sobre estas formaciones, lo cual ha producido, en muchos casos, una fuerte degradación e incluso la eliminación de parte o del total de la vegetación, especialmente cerca de las áreas más densamente pobladas. A esta presión se debe agregar el desconocimiento de aspectos relacionados con la estructura, regeneración y desarrollo de las distintas formaciones vegetales, la cual impide desarrollar esquemas de manejo racional, que permitan la utilización del recurso sin poner en peligro su existencia.

La descripción y cuantificación de la vegetación son pasos fundamentales para iniciar estudios que, con una base ecológica, conduzcan a la determinación de pautas de manejo que permitan obtener de este recurso bienes tales como leña, forraje, postes, productos químicos u otros, sin que se produzca un daño, muchas veces irreparable, en la vegetación o en el suelo que la sustenta.

Se han realizado algunos trabajos que describen la vegetación de ciertos sectores del área de estudio. ETIENNE et al.(1982, 1982a) realizaron una cartografía de la vegetación sobre varios transectos representativos de distintas formaciones vegetales. IREN (1979) en su estudio de las Comunidades Agrícolas de la IV Región, también incluye una descripción de la vegetación.

Este trabajo forma parte de uno de los primeros intentos por cuantificar la existencia de biomasa en una zona de la IV Región ocupada por Comunidades Agrícolas, con el objeto de analizar la presión directa que la población ejerce sobre la vegetación, a través de su empleo como combustible.

Una herramienta fundamental para esta cuantificación son las funciones que permitan estimar la biomasa total o de los distintos componentes de las especies que se encuentran en mayor abundancia dentro del área estudiada, a partir de variables de fácil obtención. Estas funciones también constituyen la base para el estudio de la productividad biológica de las formaciones vegetales, lo cual tiene importantes implicaciones en el desarrollo de cualquier sistema de manejo de la vegetación (RIGGAN and DUNN, 1982).

MATERIAL Y METODO

El Area de Estudio

Tomando como base el estudio realizado por ETIENNE et al. (1982) se eligieron dos de los transectos definidos, de los cuales existe una completa descripción de la vegetación. Los transectos, denominados Cogotí - Guatulame y Guatulame - Embalse La Paloma, están ubicados en la provincia de Limarí, entre los 30° 40' y los 31° 08' L.S., siguiendo el curso del río Guatulame.

El área de estudio tiene una superficie total de aproximadamente 16.000 ha, de las cuales alrededor de un 50% presenta vegetación de interés para los fines del estudio.

Especies Seleccionadas

Agrupando los tipos definidos por ETIENNE et al. (1982) se obtienen 20 tipos vegetacio-

INFOR

nales diferentes, dados por distintas combinaciones de especies y grados de cobertura. Las especies que por presencia y área ocupada se consideraron de mayor interés son las siguientes:

Acacia caven	(Mimosaseae)	"Espino"
Cassia coquimbensis	(Caesalpinaceae)	"Alcaparra"
Colliguaya odorifera	(Euphorbiaceae)	"Colliguay"
Cordia decandra	(Boraginaceae)	"Carbonillo"
Flourenzia thurifera	(Compositae)	"Maravilla"
Lithraea caustica	(Anacardiaceae)	"Litre"

De las especies seleccionadas, espino, carbonillo y litre son arbustos grandes y a veces pequeños árboles; las restantes son arbustos que en el área de estudio alcanzan escaso desarrollo.

Muestreo

En base a la descripción realizada por ETIENNE et al. (1982) y a un recorrido general por el área de estudio, se seleccionaron sectores representativos para realizar el muestreo de 40 individuos de cada una de las especies antes mencionadas.

Con el fin de obtener una buena distribución de la muestra, se realizó una medición previa de por lo menos 150 individuos por especie en 3 parcelas de tamaño variable, dependiendo de la densidad de la vegetación. Se midió el diámetro mayor de la copa de todos los individuos, los que, de acuerdo a esta variable, fueron agrupados en cinco clases diamétricas. La selección de los 40 individuos por especie se hizo de la siguiente manera: 25 fueron seleccionados en forma dirigida, en igual número por clase y los 15 restantes al azar, pero con probabilidad proporcional a la frecuencia por el diámetro de copa al cuadrado y por la altura ($F * DMAC^2 * H$), con lo que se pretende dar una mayor probabilidad de asignación a las clases mayores y a aquellas que representen la mayor cantidad de individuos.

Obtención de peso verde y peso seco

Una vez seleccionados los individuos a muestrear se midieron las variables que se indican en la Tabla 1 según especie:

TABLA 1

VARIABLES INDEPENDIENTES MEDIDAS SEGUN ESPECIE

Especies	VARIABLES						
	DB (cm)	HT (m)	AMF (m)	NR -	LXR (m)	DMEC (m)	DMAC (m)
Carbonillo	x	x	x	x	x	x	x
Espino	x	x	x	x	x	x	x
Litre	x	x	x	x	x	x	x
Alcaparra		x	x			x	x
Colliguay		x	x			x	x
Maravilla		x	x			x	x

DB : Diámetro medio en la base, medido a unos 5 cm del suelo a las ramas con diámetros iguales o mayores a 3 cm.

INFOR

HT : Altura total, medida hasta el punto más alto del arbusto.
HMF : Altura de máximo follaje, medida hasta el punto en que la copa aún se presenta relativamente densa.
NR : Número de ramas con diámetros de 3 cm o más, contadas en la base del arbusto.
LXR : Longitud media de las ramas, tomada como la distancia más corta entre la base y el extremo de una rama.
DMEC : Diámetro menor de copa
DMAC : Diámetro mayor de copa

Los modelos empleados fueron de 2 tipos:

a) Alométricos, con las siguientes variaciones:

$$Y = b_o\ x^{b_1} \in.$$

$$Y = b_o\ (x_1^2\ x_2)^{b_1} \in.$$

$$Y = b_o\ x_1^{b_1}\ x_2^{b_2} \in.$$

Todos estos modelos fueron ajustados mediante transformación logarítmica, asumiendo que el error ($\in$) es multiplicativo (BASKERVILLE, 1972) y por lo tanto corregidos de acuerdo al procedimiento dado por WIANT and HARNER (1979) para compensar el sesgo producido por la transformación.

b) Lineales, de la forma:

$$Y = b_o + b_1\ x_1 + b_2\ x_2 + --- + b_n\ x_n$$

La selección de las variables a ser incluidas en cada función se hizo empleando el método de regresión paso a paso (step - wise).

Para la selección de los mejores modelos se comparan los coeficientes de determinación (R^2), el Error Cuadrático Medio (ECM) y el porcentaje de observaciones con errores menores de 10, 15 y 20%. Además se considera la presencia de sesgos. Entre todos estos indicadores se da mayor importancia al ECM, ya que incluye los errores aleatorios y sistemáticos, representando adecuadamente la exactitud del estimador.

Después de obtener las variables independientes se procedió a la obtención del peso verde. Cada uno de los arbustos seleccionados fue cortado e inmediatamente pesado.

En el caso de los arbustos de mayor tamaño (Litre, Espino, Carbonillo) la biomasa fue dividida en dos componentes:

Ramas : Material leñoso con un diámetro mínimo de 3 cm.
Ramillas : Material leñoso de menos de 3 cm de diámetro, que incluye hojas y frutos.

Para encontrar una relación peso verde/peso seco que permita estimar el peso seco, se tomaron 12 muestras de cada componente, las que fueron pesadas en terreno con una precisión de 0,1 g.

Los arbustos más pequeños (Colliguay, Maravilla y Alcaparra) fueron cortados y pesados, obteniéndose un peso verde total. También se tomaron las 12 muestras para determinar la relación peso verde/peso seco.

INFOR

Las muestras colectadas para conseguir relaciones peso verde/peso seco se secaron en laboratorio a 100°C, hasta alcanzar peso constante.

Análisis

Para expresar las relaciones entre el peso y las dimensiones de los arbustos estudiados, se probaron varios modelos, empleando las variables independientes tal como fueron medidas, combinadas o transformadas (Ln).

RESULTADOS Y DISCUSION

Funciones de biomasa

De acuerdo con los criterios enunciados en el punto anterior y también considerando el número y tipo de variables involucradas en cada estimador, se seleccionaron las funciones que se entregan en los cuadros siguientes. Con el fin de obtener funciones de fácil aplicación, se eliminaron aquellas que incluían variables de difícil medición, por ejemplo la longitud promedio de las ramas (LXR).

TABLA 2

FUNCIONES PARA ESTIMAR BIOMASA TOTAL Y DE COMPONENTES DE TRES ESPECIES ARBUSTIVAS MAYORES. PESO VERDE (Kg).

Especie	Componente	Función	R^2	ECM
Carbonillo	Total	PTOT = -17,8305 + 0,1287 (AA) + 22,913 (DMAC) -22,471 (HMF) -2,249 (NR)	0,92	20,6
	Ramas	PRAM = -9,4454 + 0,05326 (AA) -0,01549 (CC) + 2,1557 (DB)	0,89	34,2
	Ramillas	PRAMI = 7,3483 + 0,939 ($DMAC^2$* HT) -19,511 (HMF) + 7,6739 (DMAC)	0,90	25,5
Espino	Total	PTOT = -17,0107 + 0,05463 (AA) + 12,82 (DMEC)	0,96	18,7
	Ramas	PRAM = -0,8666 + 0,05097 (AA)	0,97	23,3
	Ramillas	PRAMI = -10,2917 + 2,1555 (DMAC) + 0,03018 (DD) + 6,9923 (DMEC)	0,92	19,9
Litre	Total	PTOT = 0,1634 + 1,675 ($DMEC^2$ * HT)	0,96	18,6
	Ramas	PRAM = 14,911 -0,0037 (AA) -2,444 (NR) + 8,3126 (DMEC) + 0,0592 (BB)	0,96	19,6
	Ramillas	PRAMI = -46,6962 + 26,692 (DMEC) + 0,0101 (DD)	0,94	22,7

AA = DB^2 * $\pi/4$ * NR * HMF
BB = DB^2 * $\pi/4$ * NR * HT
CC = DMAC * DMEC * NR * HMF
DD = DMAC * DMEC * NR * HT
R^2 = Coeficiente de determinación
ECM = Error cuadrático medio

DB = Diámetro basal (cm)
NR = N° de ramas mayores de 3 cm de 0
HMF = Altura de máximo follaje (m)
HT = Altura total (m)
DMAC = Diámetro mayor de copa (m)
DMEC = Diámetro menor de copa (m)

TABLA 3

FUNCIONES PARA ESTIMAR BIOMASA TOTAL DE TRES ESPECIES ARBUSTIVAS MENORES. PESO VERDE (Kg)

Especie	Función	R^2	ECM
Alcaparra	$PT = 0{,}3712 + 1{,}8087\ (DMEC^2 * HT) - 0{,}6463\ (DMEC) - 4{,}4225\ (HT) + 5{,}3987\ (HMF)$	0,89	39,8
Colliguay	$PT = 5{,}09754 + 1{,}2332\ (DMAC * DMEC * HT) - 4{,}8808\ (HMF)$	0,94	20,9
Maravilla	$PT = 0{,}5811 + 0{,}8364\ (DMAC^2 * HT) + 1{,}5429\ (DMAC)$	0,89	23,1

PT = Peso total (Kg)
DMAC = Diámetro mayor de copa (m)
DMEC = Diámetro menor de copa (m)
HMF = Altura de máximo follaje (m)
R^2 = Coeficiente de determinación
ECM = Error cuadrático medio (%)

Las funciones seleccionadas son del tipo $Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_n x_n$. Las funciones logarítmicas en general entregan errores más altos, aún después de la corrección por sesgo (BASKERVILLE, 1972). Esto se contrapone a la tendencia generalizada a emplear funciones logarítmicas para la estimación de biomasa en árboles y arbustos (BASKERVILLE, 1972; YANDLE and WIANT, 1981).

Teniendo en cuenta la gran variabilidad que presentan las especies en estudio, en cuanto a su forma, edad de los individuos, estado de alteración debido al efecto del hombre y los animales, los errores de estimación (ECM) pueden considerarse aceptables, especialmente en las funciones para estimar peso total en los arbustos mayores. En relación a los valores de error de estimación resulta difícil hacer comparaciones con otros trabajos similares, ya que en la mayoría de los casos no se entregan antecedentes al respecto (WILLIAMS, 1982).

Los valores de R^2 en general son altos, e indican una buena correlación entre las variables seleccionadas y el peso verde total.

En el caso de las especies arbustivas mayores (Tabla 2), debido al empleo de distintos modelos para cada componente, las funciones no son aditivas (KOZAC, 1970), es decir, la suma de las estimaciones de los componentes no es igual a la estimación del peso total. Aun cuando las diferencias producidas son casi despreciables es necesario tener presente este hecho, por lo que se sugiere estimar el peso del componente cuya función tenga más probabilidades de error por diferencia.

KOZAC (1970) sugiere emplear un modelo único para todos los componentes y el peso total, para evitar el problema de la falta de aditividad. En este caso se eligió el empleo de modelos diferentes ya que las diferencias producidas son mínimas y el empleo de un modelo único habría aumentado los errores de estimación.

En el caso de las funciones para estimar el peso total de arbustos menores (Tabla 3), los valores del ECM son algo superiores , especialmente en el caso de Alcaparra. Esta especie, en general, se encuentra muy dañada y presenta una gran variabilidad en su forma.

Con el fin de encontrar funciones más adecuadas para la estimación del peso total de esta especie se probaron funciones ponderadas, empleando el factor 1 ($DMAC^2 * HT$) (CROW and LAIDLY, 1980), pero no se logró obtener un mejor estimador.

Las funciones determinadas aparentemente son muy complejas; pero dada la facilidad de proceso que hoy día ofrecen los computadores todas resultan simples, ya que están basadas en variables de fácil medición, especialmente en los arbustos bajos.

INFOR

Rangos de validez en la aplicación de las funciones

Un aspecto importante a considerar en la aplicación práctica de las funciones de biomasa es su rango de validez, es decir, entre qué valores de las variables independientes pueden estimarse con seguridad, de acuerdo a los errores calculados.

TABLA 4

RANGO DE APLICACION DE LAS VARIABLES INCORPORADAS EN LAS FUNCIONES

Especie	Variable	Promedio	Rango
Carbonillo	Diámetro Basal (cm)	4,5	3,1 - 6,9
	Número de ramas	6,7	1,0 - 15,0
	Altura total (m)	2,1	1,1 - 3,6
	Altura máximo follaje (m)	1,9	1,0 - 3,4
	Diámetro mayor de copa (m)	3,9	1,9 - 6,0
	Diámetro menor de copa (m)	3,2	1,5 - 5,1
Espino	Diámetro Basal (cm)	6,0	3,4 - 11,6
	Número de ramas	4,1	1,0 - 10,0
	Altura total (m)	2,5	1,6 - 4,0
	Altura máximo follaje (m)	2,2	1,3 - 3,5
	Diámetro mayor de copa (m)	3,4	1,3 - 5,7
	Diámetro menor de copa (m)	2,8	1,2 - 5,1
Litre	Diámetro Basal (cm)	5,3	3,3 - 11,1
	Número de ramas	14,6	1,0 - 52,0
	Altura total (m)	3,0	1,6 - 5,2
	Altura máximo follaje (m)	2,7	1,4 - 5,2
	Diámetro mayor de copa (m)	4,8	1,5 - 9,1
	Diámetro menor de copa (m)	4,3	1,3 - 7,5
Alcaparra	Altura total (m)	0,89	0,31 - 1,60
	Altura máximo follaje (m)	0,81	0,28 - 1,44
	Diámetro menor de copa (m)	0,81	0,26 - 1,92
Colliguay	Altura total (m)	1,39	0,54 - 2,49
	Altura máximo follaje (m)	1,19	0,50 - 2,40
	Diámetro mayor de copa (m)	2,25	0,74 - 3,89
	Diámetro menor de copa (m)	1,86	0,67 - 3,38
Maravilla	Altura total (m)	1,01	0,39 - 1,70
	Altura máximo follaje (m)	0,72	0,35 - 1,15
	Diámetro mayor de copa (m)	1,13	0,42 - 1,99
	Diámetro menor de copa (m)	0,90	0,31 - 1,80

Obtención de pesos secos

Las muestras colectadas para obtener las relaciones peso verde/peso seco, se secaron en laboratorio hasta obtener peso constante. Con estos datos se calcularon los factores de conversión que se entregan en la Tabla 5.

TABLA 5

FACTORES DE CONVERSION PESO SECO/PESO VERDE, SEGUN ESPECIE Y COMPONENTE

Especie	Ramas	Ramillas (1)	Hojas
Alcaparra	-	0,66	0,46
Colliguay	-	0,71	0,63
Maravilla	-	0,82	0,76
Carbonillo	0,67	0,70	0,70
Espino	0,62	0,68	0,80
Litre	0,65	0,60	0,56

NOTA: (1) Incluyen hojas

En general llama la atención el escaso contenido de humedad de la mayoría de los componentes de las diferentes especies. Sólo las hojas de Alcaparra y Litre presentan contenidos de humedad relativamente altos.

En el área de estudio, las relaciones peso verde/peso seco pueden variar considerablemente de un año a otro y dentro del año. Estas muestras fueron tomadas al final del verano, de un año extremadamente seco. Sin duda que durante la primavera y en un año con precipitación normal, los contenidos de humedad pueden ser muy superiores.

Distribución de la biomasa

En base a los valores medios de los datos obtenidos en terreno y a las estimaciones hechas con las funciones seleccionadas, se determinó la distribución de la biomasa en los componentes de las especies arbustivas mayores. Esta información se entrega en la Tabla 6.

TABLA 6

DISTRIBUCION DE LA BIOMASA EN LOS COMPONENTES DE LAS ESPECIES ARBUSTIVAS MAYORES (% del peso total)

		Peso Verde		Peso Seco	
		XR	XE	XR	XE
Carbonillo					
	Ramas	20,26	20,20	19,56	19,50
	Ramillas	79,74	79,80	80,44	80,50
Espino					
	Ramas	42,02	42,03	39,79	39,80
	Ramillas	57,98	57,97	60,21	60,20
Litre					
	Ramas	35,29	35,29	37,14	37,14
	Ramillas	64,71	64,71	62,86	62,86

NOTA: XR = Valores reales; XE = Valores estimados

INFOR

Del análisis de los datos entregados en la Tabla 6, se concluye que la mayor parte de la biomasa está contenida en las ramillas, es decir, en el material leñoso de menos de 3 cm de diámetro, incluyendo hojas y, en algunos casos, frutos.

El espino es la especie que muestra la proporción más alta de material grueso, con un 42% del peso total verde. En el caso del peso seco, esta proporción disminuye ligeramente, debido al escaso contenido de humedad de las ramillas. Al contrario, el Carbonillo sólo alcanza una proporción cercana al 20%. El Litre está en una situación intermedia, con un 35% del peso verde en material grueso, cifra que aumenta ligeramente en el caso del peso seco.

No existen diferencias importantes entre los valores reales y los valores estimados.

CONCLUSIONES

Considerando la gran variabilidad que presentan las especies estudiadas en cuanto a su edad, forma y grado de alteración, las funciones de biomasa seleccionadas pueden considerarse como buenos estimadores, especialmente las de peso total de los arbustos mayores.

Frente a esta gran variabilidad, sólo es posible disminuir los errores de estimación, aumentando considerablemente el tamaño de las muestras.

La función para estimar el peso total de la Alcaparra es la única que puede arrojar un error bastante alto, pero este hecho pierde importancia dentro del objetivo general del trabajo, ya que esta especie es bastante escasa y de muy poco desarrollo dentro del área de estudio.

Como se mencionó anteriormente, las relaciones peso verde/ peso seco pueden estar sujetas a importantes variaciones de año en año y de acuerdo a la época en que se haga el muestreo. Este hecho hace recomendable tomar algunas muestras al momento de tomar los datos para un inventario de biomasa, para poder obtener una estimación de peso seco más ajustado.

Este mismo hecho puede afectar la bondad de las estimaciones de peso verde, que pueden resultar en una subestimación generalizada, si es que el muestreo se realiza cuando las plantas disponen de un máximo de humedad. Esto último debido a que el muestreo para determinar las funciones fue hecho en pleno período seco y en un año con precipitaciones por debajo de lo normal.

Las especies arbustivas mayores concentran la mayor parte de su biomasa en las ramillas delgadas (< 3 cm) y en las hojas. Desde el punto de vista de la producción de leña y carbón, el Espino resulta la especie más adecuada ya que es la que concentra el mayor porcentaje de su biomasa en las ramas gruesas; lo opuesto ocurre con Carbonillo.

Se debe tener presente que los datos que generen las funciones de Litre y Espino provienen de individuos que alguna vez fueron cortados y retoñaron del tocón. Por esto, es altamente probable que los errores de estimación de las funciones aumenten en forma considerable si se aplican en individuos con hábito arbóreo. Asimismo, las condiciones del sitio en donde las especies están creciendo modifican las relaciones entre los parámetros considerados, por lo que las funciones pueden perder precisión si se aplican en otras zonas del país, con condiciones muy distintas a las del área de estudio.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto "Aprovechamiento de la Biomasa en Zonas Aridas y Semiáridas", cuya realización fue contratada al Instituto Forestal por el Proyecto CONAF-/PNUD/FAO/CHI/8 - 017, que autoriza su publicación.

INFOR

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BASKERVILLE, G. L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. Can J. For. Res. 2: 49 - 53.
2. CROW, T. R. AND P.R. LAIDLY. 1980. Alternative models for estimating woody plant biomass. Can. J. For. Res. 10: 367 - 370.
3. ETIENNE, M.; E. CAVIEDES; C. GONZALEZ Y C. PRADO. 1982, Cartografía de la vegetación de la zona árida mediterránea de Chile. Transecto I: Puerto Oscuro, Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, La Serena. Terra Aridae 1 (1): 1 - 73.
4. ETIENNE, M.C. GONZALEZ Y C. PRADO 1982a. Cartografía de la vegetación de la zona árida mediterránea de Chile. Transecto II: Los Vilos, Illapel, Combarbalá, Terra Aridae 1 (2): 81 - 126.
5. IREN- Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. 1979. Estudio de las comunidades Agrícolas IV Región. Vegetación. CORFO. 96. p.
6. KOZAK, A. 1970. Methods for ensuring additivity of biomass components by regression analysis. For. Chron. 46(5): 402 - 404.
7. RIGGAN, P.J. AND P.H. DUNN. 1982. Harvesting Chaparral biomass for energy. An environmental assessment. Gen. Tech. Rep. PSW - 58. Berkely, CA: Pacific Southwest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S.D.A. p. 149 - 157
8. WIANT, H.V. AND E.J. HARNER. 1979. Percent bias and Standard Error in Logarithmic Regression. For. Sci. 25(1): 167 - 168.
9. WILLIAMS JR., J.G. 1982. Modeling problems in predicting total-tree and tree - component biomass. In: Proc. of the 1982 Southern Forest Biomass Working Group Workshop. Alexandria, Lousiana. p. 111-115.
10. YANDLE, D.O. AND H.V. WIANT, JR. 1981. Estimation of plant biomass based on the allometric equation. Can. J. For. Res. Vol. 11: 833-834.

INFOR

FERTILIZACION DE RAULI EN VIVERO

Michael Bourke (*)
Hans Grosse (**)

RESUMEN

Para lograr la regeneración y en especial el enriquecimiento en rodales empobrecidos, se requiere de la técnica de plantación.

Con el objetivo de preparar un material adecuado y de proyecciones económicas atractivas en menor tiempo, se realizaron ensayos de fertilización con plantas de raulí en vivero. Estos incluyen distintas combinaciones de los macroelementos nitrógeno, fósforo y potasio en distintas dosificaciones y aplicaciones de calcio.

Las plantas superaron en promedio los 50 cm de altura y 6 mm de diámetro del cuello después de una temporada en vivero bajo un 43% de luminosidad con la dosis de NPK más alta probada.

ABSTRACT

To garantee regeneration and more so to increase the number of valuable timber species in impoverished stands, it's necessary to produce and plant quality plants. Nothofagus alpina was selected for this study as one of the most economically valuable alternatives. To produce quality material in a shorter period of time than the normal two years, it was decided to use fertilizers. Different combinations of nitrogen, phosphorus and potasium were applied at four distinct rates in combination with three application rates of lime.

A average height of more than 50 cm and an average shoot-diameter of more than 6 mm was obtained using available light of 43% after 6 months of growth in the nursery during the first year.

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

INFOR

INTRODUCCION

Actualmente grandes extensiones de áreas originalmente formadas en gran medida por valiosos ejemplares del género Nothofagus, se encuentran empobrecidas respecto a estas especies de gran calidad. En otras han regenerado por tocón después de explotaciones y quemas.

En ambos casos es necesario realizar plantaciones con las especies de mayor interés económico, enriqueciendo de esta manera los rodales. Una de las especies del género Nothofagus más atractivas para cumplir con este objetivo es el raulí. (GROSSE, 1987).

Por este motivo el Instituto Forestal se encuentra realizando experiencias, que tienen como finalidad preparar en forma óptima plantas de raulí para terreno.

En el presente estudio se analiza una parte de lo que comprende la preparación de plantas en vivero. Específicamente se prueba la incidencia de distintas combinaciones de los macroelementos nitrógeno, fósforo y potasio como distintas dosis de éstos sobre el desarrollo de plantas de raulí.

DESCRIPCION DEL LUGAR DE ENSAYO

El lugar de ensayo fue el vivero Quelén - Quelén, ubicado en la VIII Región del Bío-Bío, provincia de Arauco, comuna de Cañete, aproximadamente a los 37° 45" Lat. Sur y 73° 25" Long. y 45 m.s.n.m.

Los análisis de suelo tomados hasta 25 cm de profundidad arrojaron los siguientes antecedentes:

– pH	:	5,1
– Materia orgánica	:	1,54%
– Densidad específica	:	1,16 g/cm³
– Capacidad de intercambio catiónico	:	4,0 meq/100 g.
– N	:	12 ppm
– P	:	24 ppm
– K	:	102 ppm

La estructura del suelo es granular y su textura areno-francoso. El uso generalizado del vivero es la producción de plantas de Pinus radiata, para lo cual su drenaje y otras condiciones se consideran buenas.

Durante el período de crecimiento de las plántulas se registraron diariamente las temperaturas máximas y mínimas del aire (Figura 1).

Las máximas fluctuaron entre 15°C y 37°C, mientras que las mínimas lo hacían entre 1°C y 17°C.

ANTECEDENTES METODOLOGICOS

A continuación se describen los métodos aplicados para conocer la incidencia de aplicaciones de cal, y de dosis y combinaciones de nutrientes en forma de fertilizantes químicos.

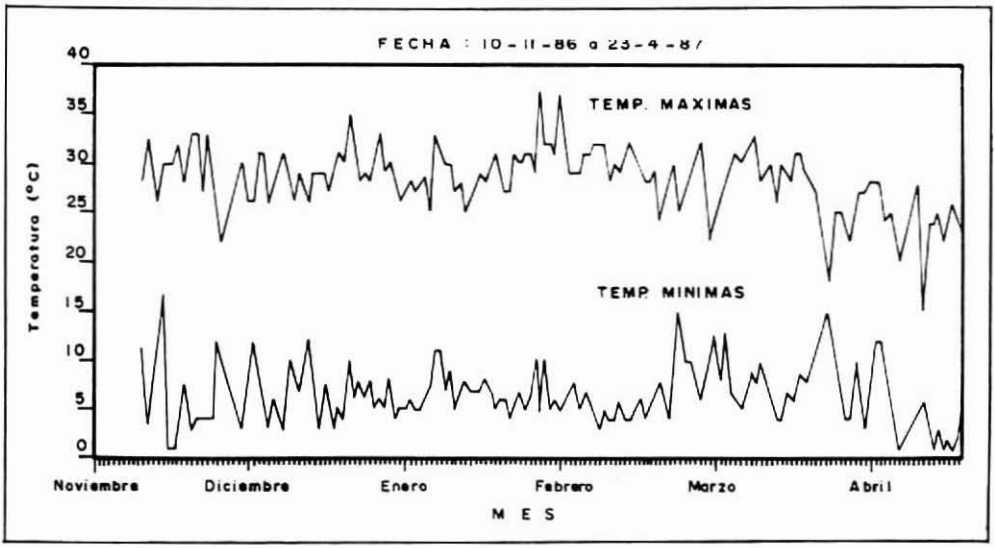
Establecimiento del ensayo en terreno

El ensayo se instaló en parcelas individuales por tratamiento. Cada una midió 0,84 m x 1,20 m. Para evitar la erosión de las platabandas, éstas se limitaron con tablones de ***Pinus radiata***, por sobre 8 cm sobre el nivel del suelo. Las parcelas se orientaron en 195° oeste, y su inclinación fue de 0-5°.

INFOR

FIGURA 1

TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS DE NOVIEMBRE (1986) A ABRIL (1987) A 3 cm SOBRE EL SUELO (Vivero Quelén-Quelén)



Para asegurar que la planta absorba solamente los nutrientes aplicados por tratamiento, se colocó un plástico hasta 35 cm de profundidad en todos los bordes de las parcelas (Figura 2).

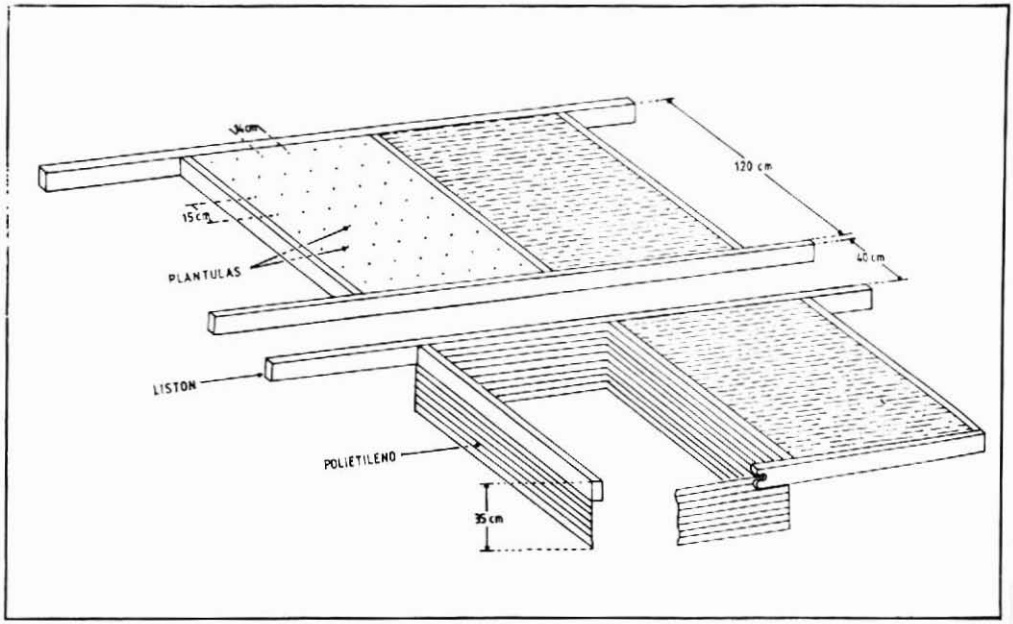
En orden cronológico, las actividades posteriores a la preparación de parcelas y platabandas fueron:

- La siembra se realizó el 20.09.86 con semillas de Ralco-Colluco. (Altitud: 1.250 m.s.n.m.; latitud: 37° 53"S; fecha de recolección: Marzo de 1986).
- Al 27.10.86 había germinado el 90% de las semillas.
- El 01.11.86 se procedió a la aplicación de cal en forma de carbonato de calcio ($CaCO_3$). Se probaron tres niveles de aplicación de $CaCO_3$: 0,0 g/m², 150 g/m²y 250 g/m². La cal fue harneada antes del pesaje; luego de éste se mezcló con el suelo hasta una profundidad de 25 cm.
- El 12.11.86 se repicaron las plantas, una vez que éstas presentaban dos pares de hojas verdaderas.
- Inmediatamente después del repique, las platabandas se cubrieron con una malla negra tipo Rach-50% como sombreadero. Según mediciones realizadas en el ensayo, esta malla dejaba pasar el 43% de luminosidad. La malla se retiró el 15.03.87.
- El día 29.01.87 se fertilizaron las plantas según lo establecido en el diseño del ensayo. Se trazó una línea entre las hileras de las platabandas de 2,5 cm de ancho, mezclando en ésta el fertilizante con el suelo hasta 2 cm de profundidad. El objetivo de esta metodología es concentrar los nutrientes en un sector, aumentando así la probabilidad de acceso de las raíces al potasio y fósforo (TISDALE y NELSON, 1975).
- El riego del ensayo se realizó cada día, hasta que las plantas se habían establecido después del repique. Posterior a esto se distanció a 2 o 3 días, manteniéndose la humedad a niveles cercanos a la capacidad de campo del suelo.

INFOR

FIGURA 2

ESQUEMA DE INSTALACION DE PARCELAS PARA EL ENSAYO DE FERTILIZACION DE RAULI



Diseño experimental

Metodológicamente en el ensayo se utilizó el experimento factorial, con un diseño completamente aleatorio incompleto. Una vez determinado el nivel de significancia de los factores, se aplicó, para conocer las diferencias entre los niveles de éstos, un Test no paramétrico de Student o Test de Fisher L.S.D.

El ensayo consideró 144 parcelas. Se aplicó un diseño completamente aleatorio incompleto con el objetivo de reducir el número de éstas.

El número de plantas por parcela fue de 80, considerándose 48 plantas útiles en el centro de ésta para futuras mediciones (Figura 3). Para el cálculo de las medias de las variables de estado de las plantas se utilizaron los 20 individuos más cercanos al centro de la parcela.

Los factores considerados en este ensayo son: el pH, con 3 niveles; el tipo de fertilizantes (en distintas combinaciones de macronutrientes), con dosis de fertilizantes con 5 niveles.

Los niveles del ensayo se detallan a continuación:

Factor aplicación de cal:

Nivel 1 : sin aplicación de cal

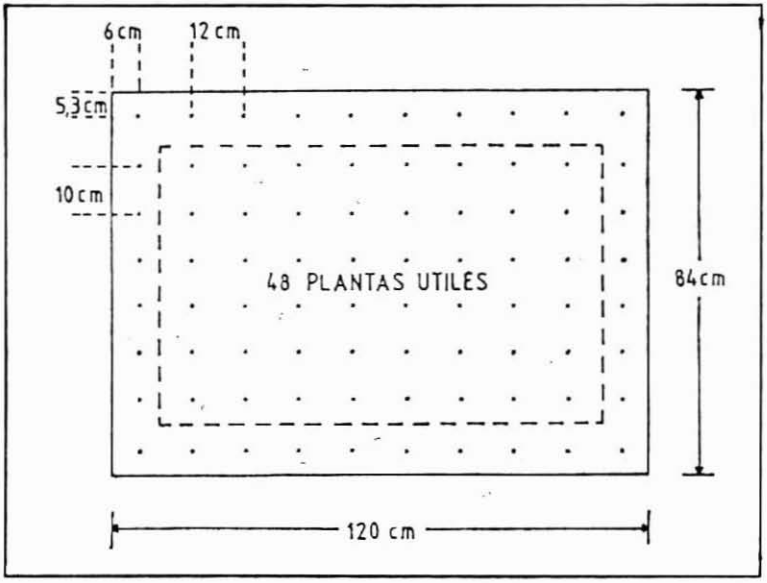
Nivel 2 : con 150 g de $CaCO_3/m^2$ (dosis standard en Quelén-Quelén)

Nivel 3 : con 250 g de $CaCO_3/m^2$.

INFOR

FIGURA 3

PARCELA DE ENSAYO DE FERTILIZACION PARA RAULI
(Vivero Quelén - Quelén)



Factor fertilizante:

Nivel 1	:	testigo sin fertilizante
Nivel 2	:	combinación fósforo - potasio (PK)
Nivel 3	:	combinación nitrógeno - potasio (NK)
Nivel 4	:	combinación nitrógeno - fósforo (NP)
Nivel 5	:	combinación nitrógeno - fósforo - potasio (NPK)

Factor dosis:

Nivel 1	:	testigo sin dosis (*) de fertilizante
Nivel 2	:	0,6 veces la dosis (0,6 D)
Nivel 3	:	1,0 veces la dosis (1,0 D)
Nivel 4	:	2 veces la dosis de PK más 1,5 veces la dosis de N.: (2 (PK) + 1,5 (N))
Nivel 5	:	4 veces la dosis de PK más 3 veces la dosis de N:(4 (PK) + 3 (N))

(*) La dosis unitaria consiste en la aplicación de:

- NH_4NO_3 con 0,238 g/pl; 20 g/m^2
- K_2SO_4 con 0,388 g/pl; 33 g/m^2
- $CaH_4(PO_4)_2$ con 0,238 g/pl; 20 g/m^2

Los fertilizantes utilizados fueron:

- Nitrato de amonio: NH_4NO_3 (de 33% de nitrógeno)

El producto se aplicó en forma de gránulos.

- Sulfato de potasio: K_2SO_4 (de 50% de K_2O).
  Aporta, además, un 17% de azufre. Se aplicó en una mezcla de granos y polvo.
- Superfosfato triple: $CaH_4(PO_4)_2$ (de un 46% de P_2O_5)
  Aporta, además, un 13% de calcio y posiblemente algo de azufre.
  El 80% del producto es soluble en agua. Se aplicó en forma de gránulos.

Las variables de estado consideradas para la evaluación del ensayo fueron:

- Altura total
- Diámetro del cuello
- Peso seco total
- Peso seco del tallo más hojas
- Peso seco de las raíces

Las plantas se midieron a mediados de abril de 1987, considerando para esto 20 plantas en el centro de la parcela.

La altura total fue medida con una precisión de 0,5 cm y el diámetro del cuello a 2 cm sobre el nivel del suelo con una precisión de 0,5 mm.

Cinco de estas plantas se extrajeron para realizar mediciones de peso seco del tallo, hojas y de la raíz en laboratorio. El proceso de secado se llevó a cabo durante 14 horas a una temperatura de 100°C. Para estimar el peso seco de la raíz se extrajo un cilindro con un contenido de 3.000 cm^3 de suelo y raíces para cada una de las plantas muestreadas. Se optó por este método dado que resultaba demasiado difícil seguir las raíces finas laterales sin destruirlas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los distintos niveles de acidez del suelo logrados con diferentes aplicaciones de cal no diferenciaron significativamente el crecimiento de las plantas. Esto, a pesar de que desde la aplicación hasta el momento de inicio del mayor desarrollo de las plantas durante el mes de febrero, transcurrieron 3 meses. Este período se considera suficientemente largo como para poder haber obtenido alguna reacción de las plantas frente a los distintos niveles de aplicación de cal.

La incidencia de las combinaciones de fertilizantes sobre el crecimiento

Las distintas combinaciones de fertilizantes tuvieron efectos altamente significativos sobre el crecimiento de todas las variables de estado evaluadas, exceptuando el peso seco de las raíces (Cuadro 1).

Las dosis de fertilizantes también incidieron significativamente sobre el desarrollo de las variables de estado, llegando a un 99,99% para el caso de la altura total, el diámetro y la relación raíz: tallo. El peso seco total (tallo-hojas-raíz), tallo-hojas y el de las raíces se diferenciaron en un nivel de significancia entre un 71% a un 98% (Cuadro 1).

No hubo interacción entre las combinaciones y las dosis de los fertilizantes aplicados.

En términos generales y exceptuando el peso seco de las raíces, se puede observar una clara tendencia de crecimiento en función de la combinación de los fertilizantes utilizados. El desarrollo más bajo se obtuvo sin aplicar fertilizantes en la situación testigo. Aumentó en orden creciente al aplicar PK, NK, NP y NPK. (Cuadro 1).

INFOR

Las alturas se duplicaron comparando los resultados obtenidos en la situación testigo y la situación con NPK. El promedio de altura de las plantas en esta última es de 50 cm, observándose un rango de 14 a 100 cm.

Deberemos considerar, sin embargo, que en una distribución normal, como la de la muestra, más del 50% de las plantas presentarían alturas mayores a 60 cm.

El gran desarrollo de la parte aérea de las plantas no fue seguido por el de las raíces, que más bien mantuvieron un peso seco constante. Con mayor claridad se aprecia esto en la relación raíz: tallo. Su valor más alto se obtuvo en la situación testigo con 0,64, reduciéndose a la mitad con la aplicación de NPK.

La incidencia de la dosis de fertilizantes sobre el crecimiento de las plántulas

A medida que subía la dosis aplicada por parcela, desde la situación testigo hasta 3-4 (D), todas las variables de estado consideradas, exceptuando el peso seco de las raíces, aumentaron. La mayor diferencia se detectó para las alturas de las plantas que duplicaron su valor.

Igual que para distintas combinaciones de fertilizantes, las dosis de éstas no afectaron el desarrollo de las raíces significativamente. Sólo se detectó una tendencia que indica un desarrollo más alto con la aplicación de 1,0 (D).

Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos indican que no se produjeron cambios en el crecimiento radicular al aplicar distintas dosis de cal.

El factor limitante del suelo para el crecimiento de las plantas era la escasez de N, razón por la cual al aplicar éste su desarrollo aumentó considerablemente.

Según KNIGHT (1978) el nitrógeno es utilizado en plantas de vivero en forma más intensa por un período de 2 meses, lapso de tiempo que coincide con el de las propias experiencias. En éstas se observó que el crecimiento de las plantas no declinó durante este período.

La aplicación de fertilizantes no modificó la biomasa de las raíces, mientras que la parte aérea de las plantas incrementó fuertemente. WILL y KNIGHT (1968) señalan que los árboles deficientes tienen una masa de raíces proporcionalmente más alta a la masa aérea que los árboles no deficientes. Si la relación raíz: tallo es igual a un 24%, consideran que se trata de una planta vigorosa, mientras que con un 52% la califican como con poco vigor. Para las plantas ensayadas de raulí con mayores dimensiones la relación es igual a un 33%, ocupando una posición intermedia.

La luminosidad de un 43%, bajo la cual se desarrollaron las plantas, no permite maximizar su crecimiento, lo que se logró recién con un 60% (GROSSE Y BOURKE (1987). Experiencias de HUSS (1977) y HEINZE Y FIEDLER (1978) revelan que las plantas crecen más al aplicar fertilizantes, independientemente de la luminosidad disponible. Esto indica que bajo condiciones de luminosidad de un 60% se podrían esperar resultados aún superiores a los ya alcanzados.

Existe la tendencia a pensar que el raulí debe permanecer durante dos años en vivero, hasta alcanzar las dimensiones mínimas para establecer una plantación. Por este motivo, el hecho de producir una buena planta en tan solo un año, significa reducir los costos de producción. Posteriores ensayos en terreno, ya sea con o sin fertilizantes y en distintas condiciones ambientales, deberán demostrar la real aptitud del material seleccionado.

Según KOSLOWSKI y WARD (1957), es de vital importancia que las plantas tengan una abundante reserva de NPK al ser plantadas. Después de la plantación se produce la moviliza-

INFOR

CUADRO 1

RESULTADOS DE CRECIMIENTO DE RAULI CULTIVADO BAJO DISTINTAS COMBINACIONES DE FERTILIZANTES Y DOSIS DE ESTOS (Vivero Quelén-Quelén, Arauco; temporada 1986-1987)

ENSAYO DE FERTILIZACION						
	Altura total (cm)	$d_{0,02}$ (mm)	Peso seco total (g)	tallo y hojas (g)	raíces (g)	raíz/ tallo
COMBINACIONES DE FERTILIZANTES						
Testigo	28,3 d	4,8 c	4,60 c	2,8 d	1,77 a	0,64 d
PK	33,9 c	5,3 b	5,40 c	3,5 c	1,91 a	0,54 c
NK	53,5 b	5,9 a	6,98 b	5,0 b	1,97 a	0,39 b
NP	54,4 ab	5,9 a	7,29 ab	5,4 ab	1,91 a	0,35 ab
NPK	57,9 a	6,1 a	7,95 a	6,0 a	1,98 a	0,33 a
Nivel de Significación	99,99%	99,99%	99,99%	99,99%	43,00%	99,99%
DOSIS						
Testigo	28,3 d	4,8 c	4,6 c	3,6 c	1,77 b	0,64 d
0,6 (D)	42,9 c	5,5 b	6,1 b	4,2 cb	1,93 ab	0,46 c
1,0 (D)	46,7 bc	5,7 b	6,8 ab	4,7 ab	1,99 a	0,41 cb
1,5 - 0,2 (D)	50,7 b	5,8 ab	7,0 a	4,8 ab	1,98 ab	0,40 b
3-4 (D)	55,7 a	6,0 a	7,2 a	5,3 a	1,85 ab	0,35 a
Nivel de Significación	99,99%	99,99%	84,00%	98,00%	71,00%	99,99%

NOTAS: No hubo interacción entre la combinación de fertilizantes y su dosis. Valores medios representados por letras minúsculas son significativos al 95%.

1,0 D : 20 g NH_4NO_3 , 20 g $CaH_4(PO_4)_2$, 33 g K_2SO_4 .
1,5 - 2,0 D : (1,5(N) + 2(PK))
3 - 4 D : (3(N) + 4(PK))

ción de elementos, siempre y cuando no existan otras limitaciones del medio ambiente. (KNIGHT, 1978).

Las plantas producidas en este ensayo tienen una reserva nutricional supuestamente abundante. Su comportamiento referido a la sobrevivencia y desarrollo deberá observarse en futuras plantaciones. No sólo es de importancia conocer su reacción frente a la competencia, sino también deberán determinarse las dimensiones de raíz y tallo más apropiadas para maximizar su crecimiento.

INFOR

CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo de fertilización son indicadores importantes para el viverista que trabaja con raulí. En términos generales permiten concluir lo siguiente:

- Para el vivero Quelén-Quelén, con un pH del suelo igual a 5,1 aplicaciones de cal aparentemente no afectan el desarrollo de plantas del raulí.
- Con la aplicación de NPK en la mayor dosis considerada se obtuvieron los crecimientos más altos para todas las variables de estado de la planta
- A medida que aumentaba el crecimiento de la parte aérea de las plantas, la biomasa de las raíces permanecía constante.
- Entre la aplicación del fertilizante y la medición de las plantas transcurrieron sólo 2 meses. Queda por probar si el crecimiento de los individuos puede aumentar si se prolonga el período con aplicaciones de fertilizantes.
- Las dimensiones medias alcanzadas por las plantas con una altura sobre 50 cm y un diámetro del cuello sobre 6 mm con las dosis de NPK probadas más altas, revelan un potencial de desarrollo sorprendente.
- El ensayo se planteó bajo un 43% de luminosidad. Es de suponer que al aumentar ésta a un 60%, el crecimiento de las plantas será aun mayor.
- Deberá comprobarse en terreno la reacción del material producido una vez plantado. Se deberá considerar para esto la incidencia de sus características fenotípicas, como la relación raíz: tallo, además de nuevas aplicaciones de fertilizantes y distintos regímenes de luminosidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. GROSSE J. (1987). Desarrollo inicial de plantaciones de raulí. Ciencia e Investigación Forestal. INFOR - Santiago. Chile. Vol. 1, Nº 1. Págs. 49-56.
2. HEINZE, H. y FIEDLER, H.J. (1978). Der Einfluss von Strahlung, Wasser - und Nährstoffangebot auf Wachstum, Ernährung und Transpiration von Fichtensämlingen. Jena: Flora, Bd. 167, S. 65 - 79.
3. HUSS, J. (1977) . Vergleichende Ökologische Untersuchungen Über die Reaktionen junger Fichten auf Lichtentzug und Düngung im Freigelände und in Beschattungskästen. Göttingen: Inst. f. Bodenkunde; Göttinger Bodenkundliche Berichte, Bd. 51. 215 pp.
4. KNIGHT, P.J.(1978). Fertiliser practice in New Zealand forest nurseries N.Z. JI For. Sci. 8(1): 27 - 53.
5. KOSLOWSKY y WARD, R.C. (1957). Seasonal height growth of deciduos trees. Forest Science. 3(2): 168 - 174.
6. TISDALES, S.L. y NELSON, W.L. (1975). Soil Fertility and Fertilizers. 3rd. Edition, MacMillan Publishing Co., Inc. New York, 694 pp.
7. WILL, G. M. y KNIGHT, P.J. (1968). Pumice soils as a medium for tree growth 2. pot trial evaluation of nutrient supply. N.Z. Journal For. 13(1): 50-65.

INFOR

DESARROLLO DE RENOVALES DE RAULI RALEADOS

Hans Grosse Werner(*)

RESUMEN

Durante el año 1970 el Instituto Forestal instaló parcelas permanentes de raleo en renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe.

Estas se ubicaron en el sector de Jauja y Melipeuco en la Precordillera Andina y en Llancacura en la Cordillera de la Costa.

En el estudio se presentan los resultados del desarrollo de los rodales después de 16 y 17 años de la intervención. Estos revelan que cuando los rodales se acercan a la ocupación total del sitio en términos de área basal, el incremento volumétrico óptimo se obtiene reduciendo el área basal en un 30 a 40%. Además se concluye la necesidad de comenzar con intervenciones silvícolas a partir de la etapa de monte bravo, con el objetivo de seleccionar y liberar los mejores individuos desde un comienzo. Intervenciones posteriores deberán concentrarse en el estrato superior, generando así el espacio adecuado para el desarrollo de los individuos de mayores dimensiones y calidad.

ABSTRACT

During 1970 the "Instituto Forestal" installed permanent plots for thinning trails in regenerated cutover stands. These young stands were mainly composed of Nothofagus obliqua, Nothofagus alpina and Nothofagus dombeyi. Plots were located in "Jauja", "Melipeuco" in de Andean Mountain Range foot hills, and in "Llancacura", in the chilean Coastal Range.

The results of 16 and 17 years of growth after thinning these stands are analized and interpreted.

The data indicate that the stand have to be managed 30% to 40% below full-stocking to maximize volume growth.

It was concluded that timber stand improvement (T.S.I.) should begin during the sapling stage (1-8 m tall). Main objectives should be towards the selection of well formed trees. Later T.S.I. should be concerned with crown distribution and also increasing the marketable volumen.

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

INFOR

INTRODUCCION

Durante el año 1970 el Instituto Forestal formuló a CORFO el proyecto "Establecimiento de parcelas experimentales de raleo en renovales de especies nativas de interés económico" (INFOR, 1970). Este estudio se realizó en renovales del tipo forestal roble-raulí-coigüe.

La decisión de estudiar el tipo forestal mencionado se adoptó por la gran superficie que ocupa y su evidente potencialidad económica. (GALLARDO, 1985).

Desde la instalación de los ensayos hasta el momento de realizar las mediciones en los rodales transcurrieron 16 a 17 años.

El objetivo del proyecto es probar distintas intensidades de raleo con el fin de incrementar la rentabilidad de este tipo de bosques.

Se seleccionaron tres áreas representativas para el tipo forestal roble-raulí-coigue.

- Jauja :ubicado en la precordillera andina en aproximadamente 38° de Latitud Sur en la Provincia de Malleco, IX Región.
- Melipeuco :ubicado en la precordillera andina en aproximadamente 38°50' Latitud Sur en la Provincia de Cautín, IX Región.
- Llancacura :ubicado en la cordillera de la costa en aproximadamente 40°15' Latitud Sur en la provincia de Valdivia, IX Región.

ANTECEDENTES GENERALES DE LOS SECTORES EN ESTUDIO

Los antecedentes generales acerca de las características de suelos y clima para los rodales de Melipeuco y Jauja, ubicados en la Cordillera de los Andes; y el rodal de Llancacura en la Cordillera de la Costa son:

Características de los suelos

Los rodales del sector andino se encuentran en suelos de trumao. Estos están formados por cenizas volcánicas, que descansan usualmente sobre conglomerados o tobas volcánicas, andesitas o basaltos (PERALTA, 1976).

Su textura es franco arenosa o franco limosa en la superficie variando hasta franco arcillosa en profundidad. Tienen alto poder de retención de agua y buena permeabilidad.

El rodal de Jauja se ubica en un suelo de la serie Santa Bárbara cuyas características son: textura moderadamente liviana, suelo profundo, alto tenor de materia orgánica, estructura granular, buen drenaje, alta capacidad de retención de agua, pH 5 a 6; fertilidad media a baja con un alto poder de fijación de fósforo.

El suelo de Melipeuco corresponde a un trumao aluvial, es decir su sustrato está compuesto por piedras y materiales aluviales. La textura del horizonte superficial va de moderadamente liviana a media, haciéndose más pesada en profundidad. El drenaje es restringido.

En la Cordillera de la Costa existe una gran variabilidad de suelos que depende principalmente del material de origen. Según PERALTA (1976), el material de origen de estos suelos puede ser: rocas graníticas, metamórficas, material aluvial o sedimentos marinos.

El rodal de Llancacura se encuentra sobre un suelo originado por rocas metamórficas, principalmente micaesquistos. Existe además la influencia de procesos locales de remoción de masas lo que ha alterado la uniformidad del área, PERALTA, (1975). El suelo es de profundidad media sin afloramientos.

INFOR

El clima

Los rodales en estudio se encuentran en una región de tendencia mediterránea. Las precipitaciones fluctúan entre 1.500 a 5.000 mm anuales aumentando de norte a sur.

En la localidad de Jauja la influencia mediterránea es notoria ya que se producen 2 ó 3 meses secos en verano. (DONOSO, 1981).

En Llancacura se presenta además influencia oceánica (DI CASTRI y HAJEK, 1976).

En el Cuadro 1 se presentan datos climáticos de las estaciones meteorológicas más cercanas a los ensayos. Esta información sólo tiene valor como orientación general, dado que estas estaciones se encuentran bastante alejadas de los rodales observados. Esto es válido, sobre todo para las estaciones cercanas a las áreas de Jauja y Melipeuco, dado que éstas se encuentran en el valle central y los sectores en estudio en la precordillera. Su ubicación hace suponer diferencias sustanciales, en relación a las temperaturas presentadas en el Cuadro 1. Se estima que los niveles de precipitación para estos dos sectores superan los 2.000 mm.

CUADRO 1

UBICACION Y VARIABLES METEOROLOGICAS PARA LAS LOCALIDADES DE JAUJA, MELIPEUCO Y LLANCACURA

Rodal	Estación Metereológica más cercana	Ubicación Geográfica		Años de Observ.	Altit	T. Máx.	T. media	T. Mín.	HR	PP
		Lat.(S)	Long.(W)	(pp)	msnm	°C	°C	°C	%	mm
Jauja	Los Angeles	37° 28'	72° 21'	39	130	17.4	13.0	9.6	35	1302
	Cullinco	38° 22'	72° 15'	10	477	16.7	10.6	5.5	-.-	1558
Melipeuco	Temuco	38° 45'	72° 35'	845	114	18.4	12.0	7.0	80	1325
Llancacura	C. Forestal Llancacura	40° 15'	73° 30'	6	50	-.-	-.-	-.-	82	1913

El tipo Forestal

Los rodales de Jauja, Melipeuco y Llancacura pertenecen al tipo forestal Roble-Raulí-Coigue, según la clasificación de DONOSO, (1981).

En Jauja el bosque está compuesto por ***Nothofagus obliqua***, "roble" y ***Nothofagus alpina***, "raulí" en el dosel superior. Como especies acompañantes se presentan ***Persea lingue***, "lingue"; ***Áextoxicon punctatum***, "olivillo"; ***Lomatia hirsuta***, "radal" y ***Gevuina avellana***, "avellano ".

El rodal de Melipeuco se compone casi exclusivamente por ***Nothofagus alpina***, "raulí" en el dosel superior. El dosel inferior es muy escaso, presentándose ***Gevuina avellana***, "avellano"; ***Aristotelia chilensis***, "maqui"; ***Dasyphyllum diacanthoides***, "trevo"; ***Amomyrtus luma*** " luma" y Persea lingue, "lingue".

El dosel superior de Llancacura está constituido por raulí y roble, presentándose radal en el estrato inferior.

ANTECEDENTES METODOLOGICOS

Los métodos de raleo planteados fueron raleo selectivo y raleo del árbol cosecha, En el presente estudio sólo se consideran los resultados del primer método de intervención.

INFOR

El método de raleo selectivo consideró para este ensayo, la corta de los individuos suprimidos de mala forma, y la de los dominantes o codominantes que por su exagerado desarrollo perjudicaban a los árboles seleccionados para la cosecha final. Estos se definieron como los más prometedores en forma y rendimiento para la cosecha final.

Se establecieron tres intensidades de raleo y una parcela testigo sin intervención. (Cuadro 2).

CUADRO 2

RALEOS APLICADOS EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE LOS RENOVALES DE RAULI, DE JAUJA, MELIPEUCO Y LLANCACURA EN 1970

Tratamientos	Extracción en % del Area Basal (AB) *
Testigo	– sin intervención – 100% AB remanente
Raleo selectivo suave	– extracción del 30% del AB – 70% AB remanente
Raleo selectivo moderado	– extracción del 50% del AB – 50% AB remanente
Raleo selectivo fuerte	– extracción del 60% del AB – 40% AB remanente

(*) Porcentaje de extracción en relación con la parcela testigo.

En cada una de las tres áreas seleccionadas se instalaron cuatro parcelas de 500 m^2 con los tratamientos indicados. La decisión respecto de la forma para intervenir en cada caso se tomó en terreno, considerando para esto la tabla de rodal por parcela y la definición por tratamiento.

Además del estudio a nivel de parcelas se realizó análisis de tallo en algunos individuos de raulí. Las edades presentadas para cada rodal provienen de estos análisis. (GROSSE y CUBILLOS, 1987).

Situación de estado de las parcelas permanentes antes de la intervención

Una presentación esquemática de la situación de las parcelas aún no intervenidas se presenta en el Cuadro 3. Los rodales del área de Jauja ya tenían 47 años, mientras que en los de las áreas de Llancacura y Melipeuco la edad alcanzaba los 28 años. En Llancacura aún existían casi 5.700 individuos por ha. Sin embargo, en Melipeuco a la misma edad, había aproximadamente 3.300 árb/ha, cifra que igualaba la situación de mayor edad en Jauja.

También el área basal se diferenciaba fuertemente entre un área y otra. Como era de esperar en Jauja, en el rodal de mayor edad, este valor era el más alto, bordeando los 45 m^2. Entre los rodales de Llancacura y Melipeuco, a pesar de tener la misma edad, existía una notoria diferencia. Ya en ese momento parecía evidente que en Melipeuco existía una mayor capacidad de ocupación del sitio, superando al área basal de Llancacura en aproximadamente un 30%.

INFOR

CUADRO 3

SITUACION DE ESTADO DE LAS PARCELAS PERMANENTES EN JAUJA, LLANCACURA, Y MELIPEUCO ANTES DE LAS INTERVENCIONES EN EL AÑO 1970. (Según GALLARDO, 1985).

Localidad	Jauja				Llancacura				Melipeuco			
Tratamiento	AB m^2/ha	$\overline{Dc}$ cm	N/ha	Edad Años	AB m^2/ha	$\overline{Dc}$ cm	N/ha	Edad Años	AB m^2/ha	$\overline{Dc}$ cm	N/ha	Edad Años
Testigo	47,5	12,2	3.295	47	29,9	11,2	5.680	28	38,9	12,8	3.280	28
Raleo suave	44,0	13,3			26,1	12,2			38,8	14,6		
Raleo moderado	45,5	12,4	35,4	13,1			39,9	13,5				
Raleo fuerte	49,9	14,8	30,8	11,6			42,1	13,2				

RESULTADOS Y DISCUSION

Las áreas consideradas en el estudio, presentan diferencias en sus edades y calidad de sitio. Por este motivo se analiza cada una de ellas por separado, caracterizándolas a través de las distribuciones de frecuencia de los individuos, la edad, el diámetro (DAP) medio aritmético, el área basal y el volumen en el año de instalación del ensayo en 1970, y en el año del control respectivo en 1986 o 1987.

El desarrollo de los renovales en Jauja. (Período 1970 - 1987)

En la localidad de Jauja transcurrieron 17 años desde la instalación del ensayo hasta su remedición. El desarrollo de los rodales en función del tratamiento aplicado se grafica en la figura 1 a, b, c, d, en la cual se considera la frecuencia de individuos por clase diamétrica en los años 1970 y 1987.

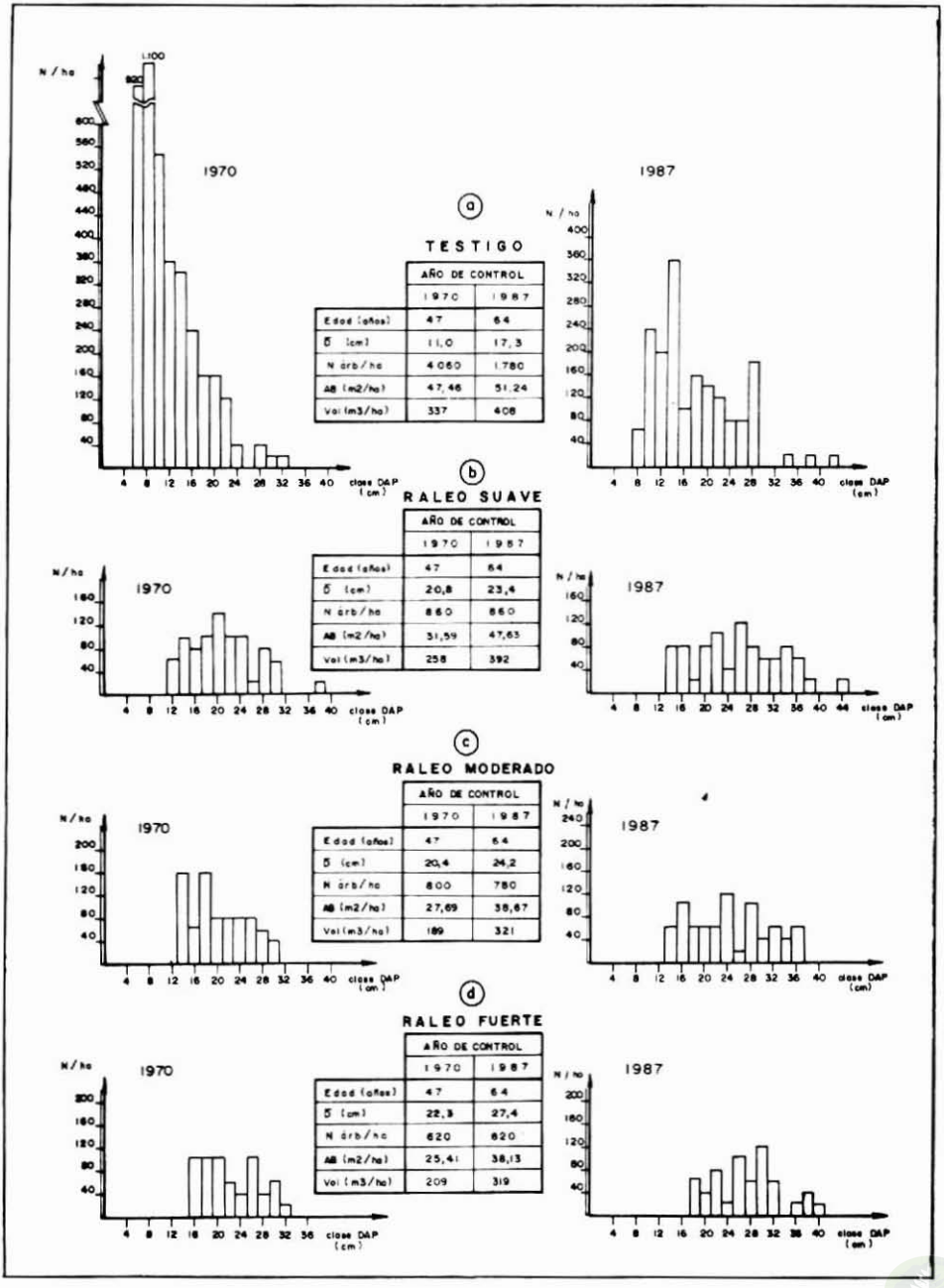
Los resultados del desarrollo de las principales variables de estado del rodal son:

- Como era de esperar, la mayor mortalidad se produjo en la parcela testigo, bajando el número de individuos en más de un 55% hasta llegar a 1.780 árb/ha. Las parcelas raleadas prácticamente mantuvieron su densidad.
- Si bien en la situación más densa, en el testigo, el incremento del diámetro medio (DAP) con más de 6 cm, superó en aproximadamente un 30 - 60% al que se logró en las otras situaciones, se debe considerar lo siguiente:
  - El incremento del (DAP) logrado en la situación testigo se debió principalmente a la alta mortalidad en esta parela.

    El DAP de las situaciones intervenidas al año de inicio del ensayo ya era mayor al alcanzado en la situación testigo 17 años más tarde.
  - El mayor incremento en área basal y volumen se logró con el raleo suave aumentando en 16 m^2 y 135 m^3 respectivamente. En la parcela de raleo moderado la diferencia en incremento el volumen fue levemente inferior. En la situación testigo el incremento en área basal y volumen sólo fue de un 24% y 53% respectivamente en comparación al rendimiento obtenido con el raleo suave. A su vez, al realizar la misma comparación con los resultados obtenidos del raleo fuerte, los rendimientos llegaron a un 79% del área basal y un 82% del volumen alcanzado en la situación de raleo suave.

FIGURA 1

SITUACION DE ESTADO PARA LOS ENSAYOS DEL AREA DE "JAUJA" PARA LOS CUATRO TRATAMIENTOS ENSAYADOS (años 1970 - 1987)



	AÑO DE CONTROL 1970	AÑO DE CONTROL 1987
Edad (años)	47	64
δ (cm)	11,0	17,3
N árb/ha	4060	1780
AB (m2/ha)	47,46	51,24
Vol (m3/ha)	337	408

	AÑO DE CONTROL 1970	AÑO DE CONTROL 1987
Edad (años)	47	64
δ (cm)	20,8	23,4
N árb/ha	860	860
AB (m2/ha)	31,59	47,63
Vol (m3/ha)	258	392

	AÑO DE CONTROL 1970	AÑO DE CONTROL 1987
Edad (años)	47	64
δ (cm)	20,4	24,2
N árb/ha	800	780
AB (m2/ha)	27,69	38,67
Vol (m3/ha)	189	321

	AÑO DE CONTROL 1970	AÑO DE CONTROL 1987
Edad (años)	47	64
δ (cm)	22,3	27,4
N árb/ha	620	620
AB (m2/ha)	25,41	38,13
Vol (m3/ha)	209	319

El desarrollo de los renovales en Melipeuco (período 1970 - 1986)

En la localidad de Melipeuco transcurrieron 16 años desde la instalación del ensayo hasta su remedición. El desarrollo de los rodales en función del tratamiento aplicado se grafica en la figura 2 a, b, c, d, en la cual se considera la frecuencia de individuos por clase diamétrica en el año 1970 y 1986. Los resultados del desarrollo de las principales variables de estado del rodal son:

- La única situación en la cual se produjo una mortalidad considerable fue en la parcela testigo, donde el número de individuos bajó en un 38%. En las situaciones restantes prácticamente se mantuvo la misma cantidad de árboles como al inicio del ensayo.
- El menor incremento del DAP medio se obtuvo en la situación no intervenida. Un mayor espaciamiento entre los individuos incidió en un mayor incremento de esta variable, llegando a 7,1 cm en la situación de raleo fuerte para el período de 16 años.
- Todas las situaciones presentaron incrementos volumétricos similares de casi 200 m^3. Sin embargo, el incremento alcanzado en área basal del testigo fue un 40% más bajo que en las situaciones intervenidas, las que aumentaron en 21 m^2/ha.

El desarrollo de los renovales en Llancacura (período 1970 - 1987)

En la localidad de Llancacura transcurrieron 17 años desde la instalación del ensayo hasta su remedición. El desarrollo de los rodales se grafica en la figura 3 (a, b, c, d), en la cual se considera la frecuencia de individuos por clase diamétrica en el año 1970 y 1987. Los resultados del desarrollo de las principales variables de estado del rodal son:

- Los índices de mortalidad en los renovales de Llancacura indican la gran heterogeneidad de éstos. Al contrario de lo que se podría esperar, la mayor mortalidad no se produjo en la situación testigo, que presentó un 48% de individuos muertos, sino en las situaciones de raleo suave y moderado con un 70% y 78% respectivamene. Sólo con el tratamiento de raleo fuerte el número de individuos se mantuvo prácticamente constante.
- Los DAP medios permiten encontrar una respuesta para aclarar lo ocurrido con la mortaliad. Ya al año de inicio del ensayo la situación de raleo moderado era totalmente distinta a las otras. Las superaba en el número de árboles presentando un DAP bastante menor. Llama la atención que el incremento del DAP más alto no se obtuvo en la situación que presentaba el mayor espaciamiento por individuo, sino que se obtuvo con el tratamiento de raleo suave y en la situación testigo.
- Estas situaciones un tanto fuera de los rangos esperados también se reflejan en los incrementos en área basal y en volumen. El valor de incremento volumétrico máximo se dio en la situación testigo con 271 m^3 seguida por las parcelas con raleo moderado, fuerte y suave respectivamente, sin encontrarse una tendencia clara en la incidencia de los tratamientos sobre el desarrollo de los rodales.

Al evaluar los resultados del crecimiento para las tres áreas donde se establecieron los ensayos se aprecia que los rodales de Llancacura presentan una situación distinta, difícilmente comparable con las otras dos. Esto se debe fundamentalmente al planteamiento de las parcelas en esta localidad, donde por ejemplo, el tratamiento "raleo moderado" presentaba un mayor número de individuos que todos los otros tratamientos. Este problema se debe a que el único rodal en el área del tipo forestal requerido es muy pequeño, lo que obligó a instalar las parcelas con ciertas limitaciones, con el fin de no desechar el sector para el estudio.

Los renovales de las áreas de Jauja y Melipeuco muestran reacciones más claras frente a los tratamientos que las del área de Llancacura.

INFOR

FIGURA 2

SITUACION DE ESTADO PARA LOS ENSAYOS DEL AREA DE "MELIPEUCO" PARA LOS CUATRO TRATAMIENTOS ENSAYADOS (años 1970 - 1987)

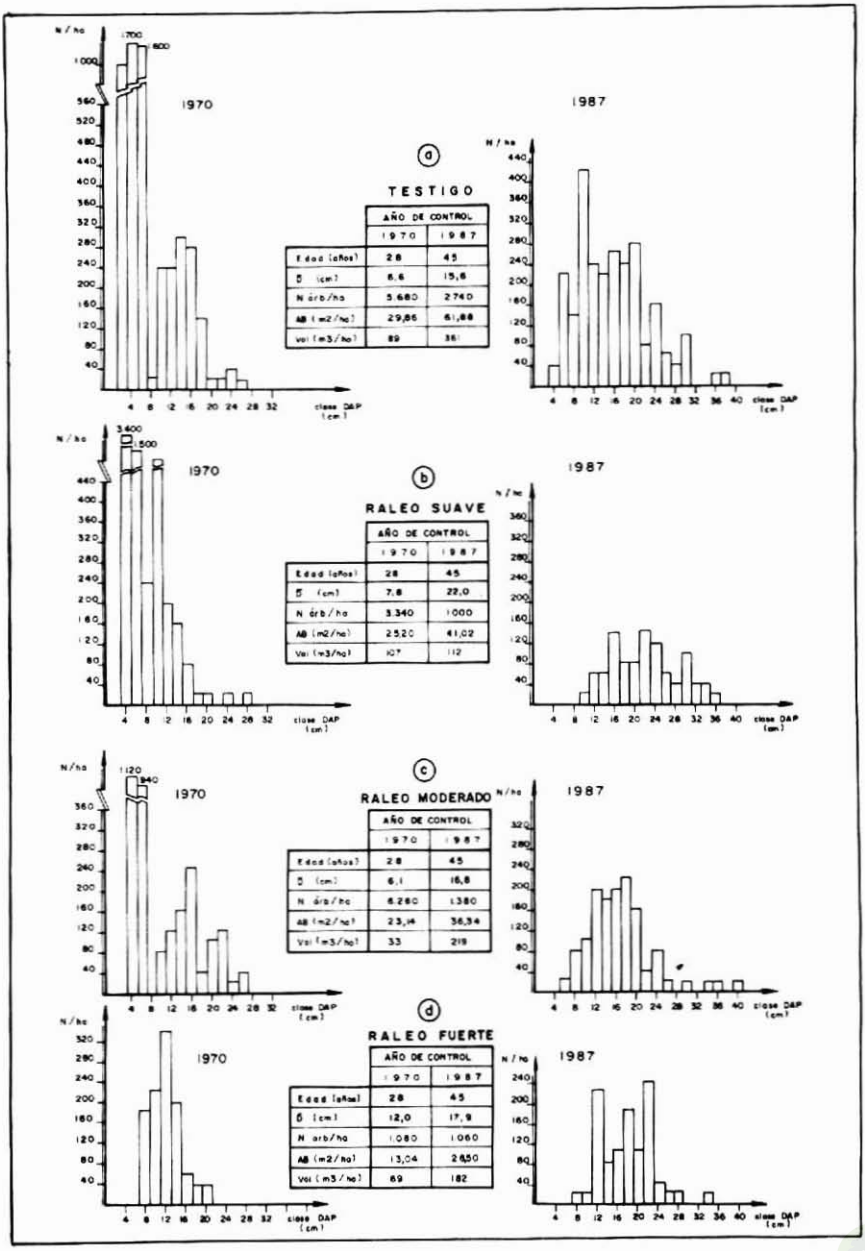
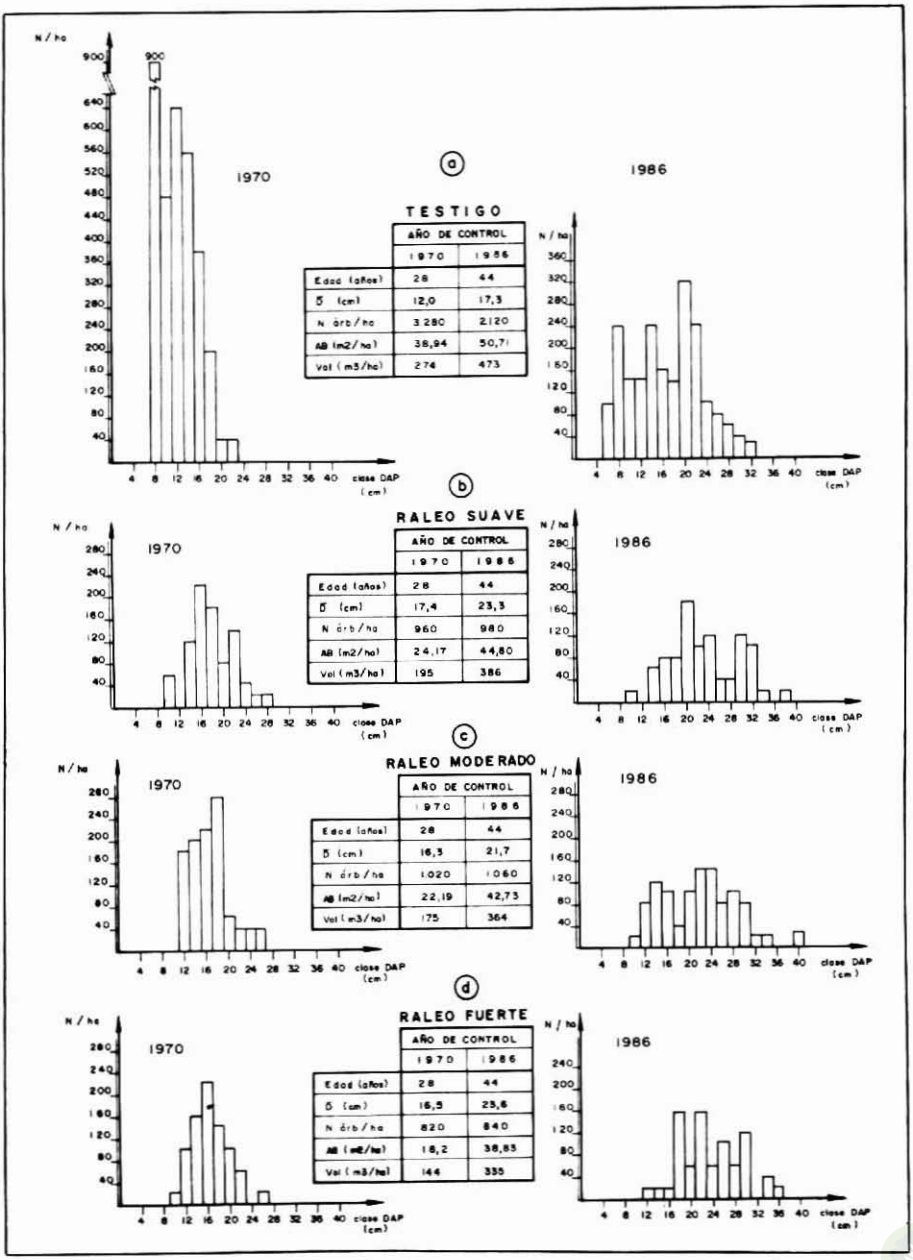


FIGURA 3

SITUACION DE ESTADO PARA LOS ENSAYOS DEL AREA DE "LLANCACURA" PARA LOS CUATRO TRATAMIENTOS ENSAYADOS (años 1970 - 1987)



Entre los renovales de Jauja y Melipeuco se detectaron algunas diferencias notorias que se reflejaron muy bien en el comportamiento del incremento del DAP medio en función de los tratamientos. En Melipeuco se dio la tendencia esperada de crecimiento, aumentando el DAP a medida que los árboles disponían de mayor espaciamiento. En Jauja, al contrario de lo esperado, el mayor crecimiento en DAP se dio en la situación testigo. (Cuadro 4)

CUADRO 4

CRECIMIENTO ANUAL Y LA MORTALIDAD EN EL PERIODO DE OBSERVACION DE 16 - 17 AÑOS POR TRATAMIENTO. (Renovales para las áreas de Jauja, Melipeuco y Llancacura).

Tratamiento	JAUJA				
	Incremento AB m^2/ha/año	Incremento DAP cm/año	Incremento Volumen m^3/ha/año	Mortalidad N/ha	(%)
Testigo	0,22	0,37	4,2	2.280	56
Raleo suave	0,95	0,29	7,9	-.-	-.-
Raleo moderado	0,65	0,24	7,7	20	2
Raleo fuerte	0,76	0,30	6,5	-.-	-.-
Tratamiento	**MELIPEUCO**				
	Incremento AB m^2/ha/año	Incremento DAP cm/año	Incremento Volumen m^3/ha/año	Mortalidad N/ha	(%)
Testigo	0,73	0,32	12,4	1.260	38
Raleo suave	1,29	0,39	11,9	-.-	-.-
Raleo moderado	1,34	0,39	11,8	-.-	-.-
Raleo fuerte	1,29	0,46	11,9	-.-	-.-
Tratamiento	**LLANCACURA**				
	Incremento AB m^2/ha/año	Incremento DAP cm/año	Incremento Volumen m^3/ha/año	Mortalidad N/ha	(%)
Testigo	1,88	0,52	16,0	2.940	52
Raleo suave	0,93	0,77	0,31	2.340	70
Raleo moderado	0,78	0,68	11,0	4.880	78
Raleo fuerte	0,91	0,36	6,7	-.-	-.-

Para comprender este fenómeno, se debe considerar que el rodal de Melipeuco se midió a una edad 19 años menor que el de Jauja, lo que supone una dinámica de crecimiento distinta.

Además se debe observar la ocupación del sitio de ambas parcelas testigo. En la de Jauja, al inicio del ensayo, ya existían 48 m^2/ha, de área basal. Esta se incrementó sólo en 3 m^2 durante el período de observación, llegando a 51 m^2, valor que se podría considerar como de ocupación total del sitio. Al contrario, en Melipeuco la parcela testigo, presentaba al inicio del ensayo sólo 39 m^2. Durante el período de observación se incrementó en 12 m^2 el área basal, llegando a un valor similar al alcanzado en Jauja con ocupación completa. La alta cobertura de copas durante el período de observación, explica la mortalidad del 56% de los individuos en la parcela testigo de Jauja, concentrándose el crecimiento en los individuos con mejor posición

INFOR

social. En la parcela testigo de Melipeuco una cobertura de copas menor dejaba pasar suficiente luminosidad, produciéndose una mortalidad menor con un 38%. Esto a su vez, explica que los incrementos diamétricos se repartieran en forma homogénea en los individuos que componen los distintos estratos del rodal.

También para la variable de estado "Volumen", es indispensable considerar la edad y la ocupación del sitio de los rodales en el momento de la intervención. Como en los rodales de Melipeuco al momento de intervenir, aún el sitio no se ocupaba completamente, fue posible que incrementara fuertemente el volumen de la parcela testigo. En la parcela testigo de Jauja sucedió lo contrario. La casi total ocupación del sitio al comenzar el ensayo, no permitió una reacción de crecimiento volumétrico fuerte, produciéndose ésta al extraer aproximadamente el 30% y el 40% del AB en los tratamientos de raleo suave y moderado respectivamente.

Los volúmenes obtenidos en términos absolutos al final del período de observación, indican valores similares en la situación testigo y la situación de raleo moderado para el área de Jauja. Intervenciones más fuertes redujeron considerablemente los valores volumétricos. Esto hace pensar que el raleo moderado con el cual ya se logró una cierta selección de individuos en los cuales se concentró el crecimiento, fue el más adecuado para el momento de la intervención. En la situación más joven en Melipeuco, los valores volumétricos absolutos más altos se lograron en la situación testigo. En las parcelas intervenidas, éstos bajaron en aproximadamente 100 m^3. Como en Melipeuco el sitio aún no se ocupaba completamente, al no intervenir, también se produjo un fuerte incremento de los diámetros, que se distribuyó en todos los individuos. En las parcelas raleadas este incremento se concentró en los diámetros mayores, por haberse eliminado el estrato intermedio y suprimido.

El hecho de eliminar en gran medida sólo los estratos arbóreos dominados, llevó a que a nivel de las copas de los individuos dominantes y codominantes continuara una fuerte competencia, (ver figuras 1, 2 y 3), que impidió incrementos volumétricos más altos. Por este motivo, se debe considerar al realizar cualquier intervención que tienda a liberar individuos, que esto suceda con aquellos de real interés económico. Si se desea incentivar el rendimiento de los individuos del estrato superior, no tiene sentido eliminar aquellos que por su posición social sólo tienen un efecto competidor secundario. Se deberán ralear sólo aquellos individuos de características menos deseables del estrato dominante y codominante. El dejar los árboles de los estratos intermedios y suprimido ayuda a la poda natural de los individuos seleccionados. Sólo así se podrá llegar a optimizar la producción volumétrica para la producción de madera aserrada de calidad.

Los rendimientos obtenidos para raulí en las áreas de ensayo demuestran un crecimiento apreciablemente más alto que los alcanzados con Fagus silvatica en Europa Central. A pesar de esto, esta especie resulta ser la más comparable con el raulí por su dinámica de desarrollo. Los esquemas de manejo descritos por ASSMANN (1961) y BURSCHEL y HUSS (1987) aparecen como bastante aplicables para los renovales de raulí, observando el desarrollo obtenido en los rodales ensayados. El crecimiento volumétrico obtenido en los renovales de Jauja con un 60 - 70% de ocupación del sitio fueron los más altos. El manejo de rodales con intensidades de raleo en el rango mencionado coinciden exactamente con lo recomendado por ASSMANN (1961) para rodales de Haya.

Esta tendencia sin embargo, no se observó para los renovales de Melipeuco, en los cuales el incremento volumétrico disminuyó a medida que se aumentaba la intensidad del raleo. Como posible explicación para esta situación se debe considerar que los rodales no estaban en plena ocupación del sitio en el momento de intervenir.

En atención a los esquemas de tratamientos silvícolas normales para Haya, se deben considerar intervenciones tempranas, desde la etapa del monte bravo con cortas de limpieza y

INFOR

clareos hasta continuos raleos en los estados de desarrollo del rodal posteriores. Sólo con aplicaciones de este tipo se podrá pensar en optimizar el rendimiento para el Raulí.

CONCLUSIONES

Las parcelas permanentes instaladas en renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, con dominancia de Raulí permiten concluir después de un período de 16 a 17 años de observación lo siguiente:

- Al intervenir renovales de Raulí se debe tomar en cuenta la ocupación del sitio y la edad que presentan en este momento.
- Para los renovales muestreados de las áreas de Jauja y Melipeuco, se estima que un área basal de aproximadamente 50 m^2/ha corresponde a un nivel de ocupación máxima del sitio para el rango de edad de 45 a 65 años.
- En esta situación la eliminación del 30% del área basal, principalmente de las clases diamétricas inferiores, llevó al nivel de crecimiento volumétrico más alto, comparado con los obtenidos en las situaciones sin intervención y con extracción del 60% del área basal.
- En una situación, que por la edad del rodal, recién llegaba a un 75% de la ocupación del sitio, caracterizada por las parcelas del área de Melipeuco, la concentración del raleo en las clases diamétricas inferiores produjo un crecimiento en volumen más bajo que en la situación sin intervención.
- Las intervenciones realizadas se concentraron en los árboles de las clases diamétricas inferiores. Esto llevó a que el estrato dominante y codominante permaneciera en competencia.
- Para lograr un mayor incremento volumétrico en aquellos árboles del estrato superior con atractivo económico, se deberá ralear de tal forma que sus copas puedan aumentar su tamaño. Esto significa realizar raleos por lo alto.
- El período de 16 a 17 años, considerado en el estudio entre la primera y la segunda intervención es demasiado extenso. Es mejor intervenir después de períodos más cortos, con intensidades menores para así poder reorientar la selección de individuos.
- El raleo en los estratos suprimido E intermedio no tiene sentido, si se considera que en buenos sitios como son los de Jauja y Melipeuco una competencia por árboles pequeños a nivel de raíz es insignificante.
- El factor principal para activar el crecimiento, es la luminosidad disponible para el individuo y si el objetivo es la producción de madera aserrada de calidad las intervenciones deberán orientarse según este criterio.
- Al no eliminar los estratos dominados, estos pueden contribuir a la poda natural del estrato superior.
- Los ensayos descritos en este estudio se realizaron en parcelas de 500 m^2. Esta superficie muestreal aparece como demasiado pequeña, sobre todo cuando se elimina un alto número de individuos. Las desventajas para la interpretación producida por este motivo, como la metodología de raleo aplicada, hacen necesario plantear nuevos ensayos en unidades experimentales mas grandes y con raleos por lo alto.

INFOR

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ASSMANN E.(1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft; München, Bonn, Wien. 490 pp.
2. BURSCHEL P. y HUSS J. (1987): Grundriss des Waldbaus. Pareys Studientexte 49. 352 pp.
3. DI CASTRI, F.y E. HAJEK (1976): Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile. Santiago. 122 pp.
4. DONOSO, C. (1981): Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. fo. DP/CH/76/003. CONAF - FAO. 70 pp.
5. GALLARDO, C. (1985): Control y evaluación parcial del proyecto de raleo en renovales de raulí. FM-9-70 en la localidad de Cunco. Primer informe de avance. Instituto Forestal, Stgo. 24 pp.
6. GROSSE H. y CUBILLOS, V.(1987): Estudio en renovales de raulí, Informe INFOR-CORFO 123 pp.
7. PERALTA, M. (1975): Tipificación de los principales suelos forestales de la Cordillera de la Costa, entre el cordón Llancacura y el de Guayusca. en: Ecología y Silvicultura del Bosque Nativo Chileno. Suelos. Boletín Técnico Nº 31. Fac. de Cs. Forestales. Univ. de Chile. pp 7 - 35.
8. PERALTA, M. (1976): Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero. Stgo. 337 pp.

INFOR

ENSAYOS DE REFORESTACION POR SIEMBRA DIRECTA CON ALGARROBILLA *(Balsamocarpon brevifolium CLOS)* EN LA ZONA DE VALLENAR

Johannes Wrann H. (*)
Daniel Barros R. (*)

RESUMEN

Algarrobilla ***(Balsamocarpon brevifolium CLOS)*** es un arbusto nativo de la zona árida (III y IV Región) de Chile. Dado su gran atractivo como productora de leña y frutos con un alto contenido de taninos, la especie ha sido sobreexplotada.

Basado en una experiencia previa de INFOR, que también se analiza en este artículo, se instaló un ensayo de siembra directa en la zona costera de la provincia de Huasco (28° 36" Lat.S.) en invierno de 1986 (Junio). El lugar tiene características severas de aridez, llegando su precipitación anual hasta 100 mm. Los suelos son delgados y de desarrollo incipiente.

Se obtuvieron resultados promisorios para la repoblación con esta especie, recomendándose un riego mensual (8 lt por casilla de 50 cm x 50 cm), incluyendo "mulch" (capa de paja de 3 cm de espesor sobre el suelo), escarificación del suelo hasta 20 cm de profundidad y control de roedores.

ABSTRACT

*"Algarrobilla" (**Balsamocarpon brevifolium** CLOS) is a native shrub from Chile with a limited occurrence in the arid región of this country. The species is interesting due to the fuelwood and high tannin content in the fruit, and was therefore overexploited en the past.*

Based on a previous experience also carried out by INFOR (and analized in this article too), a direct seeding trial was established near the coast in the Huasco province (28° 36" S. Lat.) during the winter 1986 (June). After the first dry season, in autumn 1987, the evaluation was made, concluding that the best treatment is an intensive soil preparation (scarification down to 20 cm), mulching (3 cm thick straw layer over the soil surface), a monthly irrigation (8 lt per 50 cm x 50 cm seed bed) and a rodent control.

(*) Ingenieros Forestales, División Silvicultura. Instituto Forestal. Huérfanos 554. Santiago - Chile.

INFOR

INTRODUCCION

"Algarrobilla" ***(Balsamocarpon brevifolium CLOS)*** es un arbusto leguminoso (familia ***Caesalpinaceae***) nativo de la zona árida del norte de Chile (28° - 29° 50' Lat.S.). Este arbusto alcanza una altura de 1 a 3 m. Debido a su extraordinaria adaptación a un medio árido riguroso (precipitación anual hasta 100 mm) y su alto contenido de tanino de buena calidad en su fruto (54 - 78%), esta especie debería ser considerada como una alternativa interesante en programas de forestación para estas áreas.

La madera de este arbusto es apreciada como combustible, razón por la cual ha sido sometido a una explotación intensa en el pasado (ORTIZ, G., 1943; ESCOBAR, A., 1946).

La regeneración natural de la Algarrobilla es extremadamente difícil, debido a las condiciones climáticas y a los suelos delgados de formación incipiente donde crece. De acuerdo a observaciones a través de varios períodos, la producción de semillas de Algarrobilla depende de la cantidad de lluvias caídas durante el invierno anterior a la fructificación (ORTIZ, G., 1943). Por otra parte, las ratas se alimentan de las semillas (HOWES, F.N., 1953), y el ganado caprino puede significar un serio peligro para el establecimiento de la regeneración.

Las referencias sobre intentos de forestación en el pasado (ORTIZ, G., 1943) son escasas; en consecuencia, se conoce muy poco acerca de las posibilidades de repoblamiento y la tasa de crecimiento de la especie.

La producción de plantas es seriamente afectada por hongos (DONOSO, J., 1985) y se ha investigado el control apropiado (MONTENEGRO, G., y ARCE, P., 1987).

OBJETIVO

El objetivo de este estudio es lograr un método de forestación apropiado con Algarrobilla en su área de distribución natural en el norte de Chile, III Región.

ANTECEDENTES DE LAS AREAS DE ENSAYO

Ensayos establecidos en 1985

En 1985 se establecieron dos ensayos dentro del área natural de distribución de la especie, considerando para esto un sector costero y de precordillera (Figura 1):

a) Un ensayo en el área costera, al oeste de la ciudad de Vallenar, cerca del pueblo de Freirina. El lugar se llama "Totora", 28° 36' Lat.S.; 71°-06' Long.W; 625 m de Altitud. La exposición es Norte con una pendiente de alrededor de 40%.

b) Un ensayo al interior en la precordilllera de los Andes, al N.E. de Vallenar, 28° 17' Lat.S.; 72° 23' Long.W.; 920 m Altitud. La exposición es W. y la pendiente de alrededor del 15%.

Ensayos establecidos en 1986

Se estableció en el mismo lugar costero descrito en el punto anterior (a).

Clima

De acuerdo a la clasificación de Koeppen, se encuentra el Clima de Desierto con Nubosidad Abundante (BW) en la zona costera y Clima de Desierto Marginal bajo (BWh) en la zona de precordillera (FUENZALIDA, H., 1967). De acuerdo a la clasificación de Emberger (DI CASTRI y HAJEK, 1976) el clima es Mediterráneo Arido en ambas áreas.

Algunos datos climáticos se muestran en el cuadro 1 (ANTONIOLETTI et al; ALMEYDA, 1958; DI CASTRI y HAJEK, 1976; SANTIBAÑEZ, 1973, cit. en CORFO, 1984).

INFOR

De estos datos se puede observar que el clima es árido y de condiciones extremadamente secas para el establecimiento de especies arbóreas o arbustivas.

Suelo

De acuerdo a los Grandes Grupos de Suelos (ROBERTS y DIAZ, 1959 - 60) los suelos presentes en el área corresponden a los Suelos Rojos de Desierto. Estos son muy delgados, de

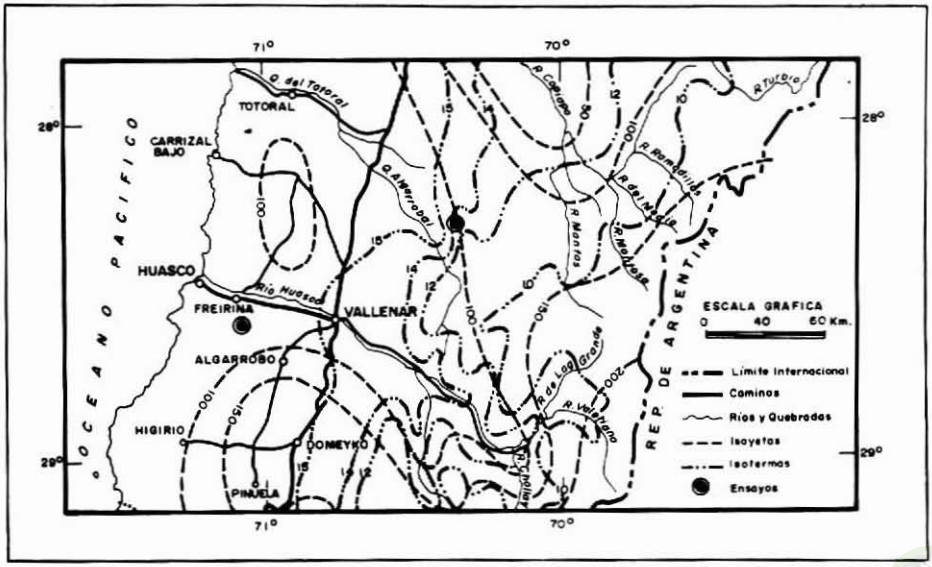
CUADRO 1

DATOS CLIMATICOS PROMEDIOS DEL AREA DE ESTUDIO

Variable	Costa	Interior	Precordillera Andina
Temperatura media anual (°C)	17	15	11
Temperatura máx. media anual (°C)	22 - 25	25 - 30	18 - 25
Temperatura mín. media anual (°C)	8 - 9	3 - 8	0 - 3
Precipitación (mm/año)	57 - 100	58	100
Días despejados por año	44	190	264
Humedad relativa anual (%)	66 - 78	50 - 60	28
N° de meses secos por año	11 - 12	11 - 12	11
N° Días libres heladas/año	365 - 350	350 - 180	180 - 150

FIGURA 1

UBICACION ENSAYOS



textura gruesa, arenosos, de estructura débil y en un estado de desarrollo incipiente. El análisis de los elementos solubles muestra que los cationes principales son Ca y Na (CORFO, 1984).

En ambos lugares de ensayo se tomó una muestra superficial del suelo (hasta 20 cm de profundidad). Se efectuó un análisis de textura en el laboratorio de INFOR; el análisis de fertilidad, salinidad y capacidad de retención de agua se efectuó en el Laboratorio de la Universidad Católica de Chile, en Santiago (Cuadro 2).

Los antecedentes indican que el suelo es arenoso, sin limitantes de fertilidad, con muy baja cantidad de materia orgánica. Son suelos básicos pero no salinos. Debido a su textura tienen una baja capacidad de retención de agua.

CUADRO 2

ANALISIS DEL SUELO SUPERFICIAL

Variable	Lugar de Ensayo	
	La Totora (costa)	La Jarilla (interior)
a) Textura		
Arena-arcilla-limo (%)	90 - 3,3 - 67	50 - 16,7 - 33,3
b) Fertilidad		
N - P - K (ppm)	26 - 12,0 - 227	33 - 24,0 - 386,0
Materia orgánica (%)	0,37	0,74
c) Salinidad (mmhos/cm)	0,14	0,22
d) pH	8,06	8,08
e) Capacidad retención agua		
0,3 (bar)	7,68 %	11,67 %
15 (bar)	4,33 %	6,90 %

METODOLOGIA

Las áreas de ensayo se cercaron en una extensión de 60 m x 40 m con alambre de malla de 3/4 pulgadas de abertura de tejido.

Se instalaron ensayos en los años 1985 y 1986, los que se describen a continuación:

Ensayos establecidos en 1985

Cada una de las parcelas fue subdividida en 6 bloques de tamaño y forma irregular, con el objeto de contar con ejemplares adultos que sirvieran de sombra para algunos tratamientos. Dentro de cada bloque se establecieron los tratamientos, cada uno en una unidad de muestreo (subparcela) de cuatro casillas de 50 cm x 50 cm para la siembra. Los tratamientos fueron los siguientes:

a) Escarificación del suelo - sombra - riego
b) Escarificación del suelo - mulch - sombra - riego
c) Escarificación del suelo - riego
d) Escarificación del suelo
e) Testigo

INFOR

La escarificación del suelo se efectuó hasta una profundidad de 20 cm y el suelo se harneó con una malla de 2 cm. de abertura. Las casillas quedaron 5 cm bajo la superficie.

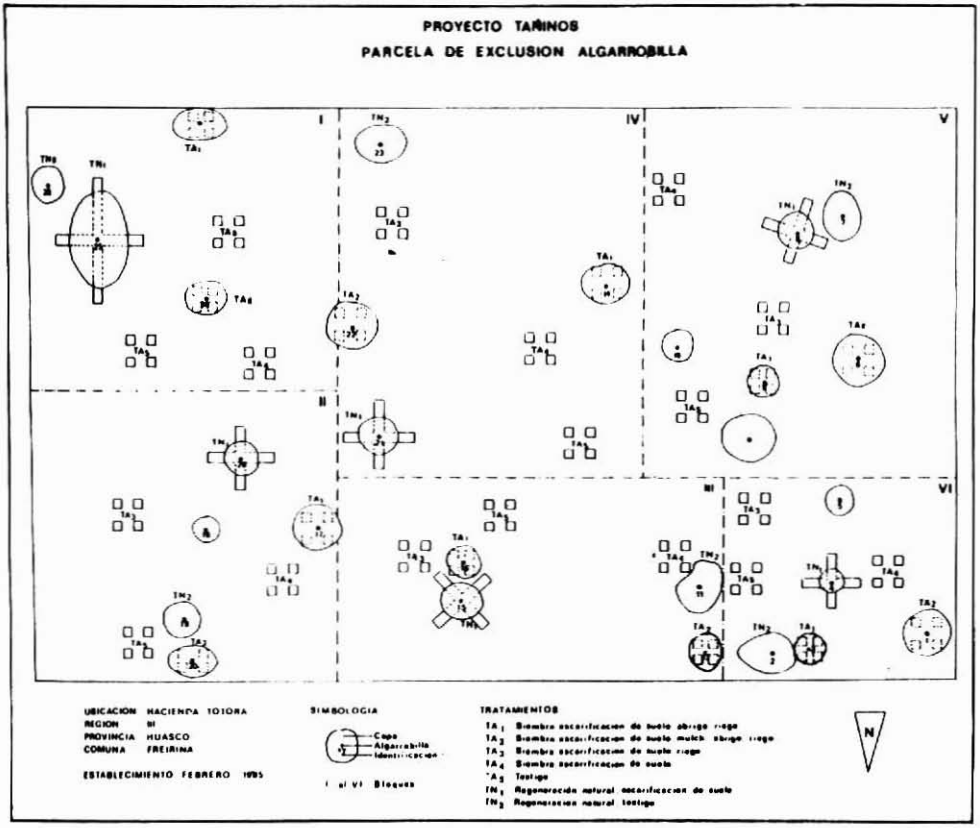
El tratamiento de sombra significa que las casillas se ubicaron bajo la copa de un ejemplar adulto de Algarrobilla presente en el bloque. De esta manera el grado de sombra entre las casillas fue distinto, dependiendo de la orientación o densidad de las ramas del arbusto que proporciona la sombra. El riego consistió en la aplicación de 7,5 - 8 lt de agua por casilla, inmediatamente antes de la siembra y luego cinco veces por año, distribuido desde el invierno de 1985 al otoño de 1986. El agua se aplicó lentamente, evitando provocar escurrimiento.

El mulch consistió en una mezcla de suelo con paja de trigo de alrededor de 2 cm de profundidad en la casilla y una capa de paja de 2 - 3 cm de espesor puesto sobre la superficie de la casilla.

Las semillas a sembrar fueron analizadas previamente a objeto de asegurar una germinación del 75 - 80%.

FIGURA 2

PARCELA DEL ENSAYO COSTERO (40 m x 60 m aprox.)



INFOR

Las semillas a usar en los tratamientos con riego fueron sumergidas durante 60 minutos en ácido sulfúrico técnico concentrado y durante 10 minutos aquellas semillas a usar en los tratamientos sin riego. De esta manera las semillas del tratamiento sin riego pueden mantener su latencia por más tiempo. Después de esto las semillas fueron lavadas en agua corriente y desinfectadas con un insecticida - fungicida (Pomarsol H - Bayer).

El número de semillas sembradas por casilla fue 25.

La siembra se efectuó en Abril (otoño) de 1985 y se repitió en Junio del mismo año, debido a que la germinación había sido insuficiente y se observaron daños por herbívoros.

Dentro del año se aplicó dos veces un repelente contra conejos (Pomarsol F - Bayer - i.a. Thiuram 80%) en forma de lechada alrededor de las casillas con una concentración de 1 kg Pomarsol por 8 lt de agua.

Ensayo establecido en 1986

Dentro de la misma parcela cercada del lugar costero (La Totora) se estableció un nuevo experimento en Junio 1986, basado en la experiencia obtenida durante el año anterior. La parcela grande cercada se dividió en cinco bloques, obteniéndose un diseño de bloques con 5 repeticiones. Se usó la misma unidad muestreal (4 casillas).

Las semillas también fueron analizadas previamente y tratadas con ácido sulfúrico a objeto de asegurar la germinación, pero esta vez se sumergieron durante 90 minutos. Ensayos de laboratorio indicaron una mejor germinación con este tiempo de tratamiento.

Se usaron los siguientes tratamientos, que indican dos intensidades de preparación de suelo y tres frecuencias de riego:

a) I F_1	e) M F_1
b) I F_2	f) M F_2
c) I F_3	g) M F_3
d) I H	h) M H

Donde:

I = preparación intensiva de suelo, igual que en 1985, pero sin harnear, extrayendo las piedras más grandes

M = preparación moderada de suelo, escarificación hasta una profundidad aproximada de 5 cm.

F_1 = riego una vez cada 3 meses

F_2 = riego una vez cada 2 meses

F_3 = riego una vez cada 1 mes

H = incorporación de Hydro-Growth (nombre comercial), un polímero absorbente de agua mezclado con el suelo 10 gr por casilla de siembra. Se usó frecuencia de riego cada 3 meses.

La cantidad de agua aplicada por riego fue la misma de 1985. Cada tratamiento recibió un riego junto con la siembra (Junio 1986) y luego en Agosto 1986. Las frecuencias de riego fueron aplicadas desde Octubre 1986 hasta Marzo de 1987.

Con el objeto de controlar las ratas se efectuó antes de la siembra una aplicación de cebos venenosos usando un raticida doméstico común (Racumin - Bayer) mezclado con 1 Kg de avena, distribuidos en diez puntos dentro de la parcela experimental grande.

INFOR

En cada tratamiento se aplicó el mulch como el tratamiento "b" del ensayo de 1985.

Esta vez se sembraron 50 semillas por casilla, con el objeto de aumentar las posibilidades de un resultado mejor. La profundidad de siembra fue de 1 - 1,5 cm.

Metodología de Análisis

Con los resultados de sobrevivencia (considerando un 80% de germinación obtenido en laboratorio) de cada tratamiento y subparcela (grupo de 4 casillas de siembra) se aplicó un análisis de varianza para un diseño de bloques al azar. Los rangos de significación estadística (95% de probabilidad) se establecieron mediante el test de Duncan (STEEL and TORRIE, 1960).

RESULTADOS

Ensayos establecidos en 1985

En el período Junio 1985 a Mayo 1986, se hicieron cuatro mediciones, determinándose una fuerte mortalidad entre las tres primeras observaciones. Para fines prácticos se considera de interés el número de plantas que logró sobrevivir todo el primer período seco, no importando la supervivencia en las observaciones dentro del período menor.

El conteo de supervivencia y medición de las plántulas, un año después del establecimiento, en Mayo 1986, arrojó los resultados que se indican en el Cuadro 3. Al aplicar el test de Duncan se determinó que existen diferencias significativas en el ensayo costero entre el tratamiento "b" (mulch - riego) comparado con los tratamientos "d" y "e" (sin riego).

CUADRO 3

RESULTADOS DE SIEMBRA DIRECTA UN AÑO DESPUES DEL ESTABLECIMIENTO

Tratamiento	Lugar de Ensayo		Nº plantas vivas (suma de 6 repeticiones) (2)	Altura media de la Planta (cm)
a) E.S. - sombra - riego (1)	Costa	("La Totora")	7 (1,4)	2,0
	Interior	("La Jarilla")	6 (1,2)	2,7
b) E.S. - mulch-sombra-riego	Costa	("La Totora")	13 (2,7)	4,4
	Interior	("La Jarilla")	8 (1,7)	3,6
c) E.S. - riego	Costa	("La Totora")	8 (1,7)	2,9
	Interior	("La Jarilla")	2 (0,4)	2,2
d) E.S.	Costa	("La Totora")	0 (0)	-.-
	Interior	("La Jarilla")	4 (0,8)	2,5
e) Testigo	Costa	("La Totora")	1 (0,2)	2,5
	Interior	("La Jarilla")	0 (0)	-.-
T O T A L	Costa	("La Totora")	29	
	Interior	("La Jarilla")	20	

NOTA: (1) E.S. = Escarificación del suelo

(2) Se indica entre paréntesis el porcentaje de plantas obtenidas en relación al número de semillas con capacidad germinativa.

INFOR

Ensayo establecido en 1986

A fines de Marzo de 1987 (otoño), casi un año después del establecimiento (9 meses) se efectuó la evaluación. Los resultados se entregan en el Cuadro 4.

CUADRO 4

RESULTADOS DE SIEMBRA DIRECTA 9 MESES DESPUES DEL ESTABLECIMIENTO EN "LA TOTORA" (COSTA DE VALLENAR)

Tratamiento		N° total de plantas vivas (%) (1)	Altura media de la planta (cm)	% de casillas con plantas vivas
Preparación intensiva de Suelo:				
Riego cada 3 meses	(IF_1)	84 (10,5)	4,4	80
Riego cada 2 meses	(IF_2)	152 (19,0)	4,7	80
Riego cada 1 mes	(IF_3)	187 (23,4)	5,1	95
Absorbente de Agua	(IH)	95 (11,9)	4,4	60
Preparación moderada de Suelo:				
Riego cada 3 meses	(MF_1)	128 (16,0)	4,8	80
Riego cada 2 meses	(MF_2)	84 (10,5)	4,5	50
Riego cada 1 mes	(MF_3)	68 (8,5)	5,3	70
Absorbente de Agua	(MH)	60 (7,5)	4,5	45

NOTA: (1) Entre paréntesis se entrega el porcentaje de plantas obtenidas en relación al número de semillas con capacidad germinativa.

Tal como en el Cuadro 3, el número de plantas vivas corresponde a la suma de las repeticiones, por ejemplo, en el tratamiento IF_3 el número medio de plantas vivas es 37,4 (5 repeticiones) y por casilla de siembra es de 9,3 (4 casillas por cada unidad de muestreo).

Como en el ensayo de 1985, se aplicó un análisis de varianza con las plantas sobrevivientes (basado en una germinación del 80%), se encontraron diferencias significativas.

DISCUSION

Las respuestas a la siembra son bajas si se comparan las plantas resultantes con el número de semillas sembradas y potencialmente germinables por casilla. El mejor resultado indica que se obtuvieron alrededor de 9 plantas por casilla (23% de las semillas germinables) (tratamiento IF_3 = 187 plantas obtenidas en 20 casillas de siembra). Estos resultados corresponden a los esperados, considerando las condiciones ambientales muy difíciles. Observando el número de casillas de siembra con plantas vivas, es importante destacar que en casi todos los tratamientos sobre el 50% de las casillas muestran una respuesta positiva. Esto es importante para propósitos de forestación, puesto que el establecimiento de una planta por casilla es suficiente para asegurar la repoblación. En todo caso, en experiencias a mayor escala debiera considerarse el uso de casillas más pequeñas por razones de costo (20 cm x 20 cm).

Se analizan a continuación los principales factores que afectaron los resultados.

INFOR

Riego y mulch

Es imposible obtener germinación y desarrollo de plántulas en la siembra directa sin un riego inicial en el área de estudio. Sorprendentemente la frecuencia de riego cada 1 ó 3 meses no afecta significativamente la supervivencia de las plántulas, pero una frecuencia mayor debería aumentar el crecimiento inicial.

Es necesario destacar que el riego es efectivo solamente con mulch. Los resultados obtenidos en 1985 y en 1986 (todos los tratamientos con mulch) están influenciados por el efecto de la humedad y temperatura del suelo (GOOR, A. and BARNEY, G.W., 1976). Es importante anotar que una capa de paja más gruesa que 3 cm puede llevar a una debilidad inicial en la planta.

El tratamiento con polímero absorbente de agua (Hydro-Growth) no incidió en una supervivencia mayor, esto si se compara con tratamientos con igual frecuencia de riego (F_1). La cantidad del polímero usado por casilla (10 gr) es menor al recomendado por el fabricante (aprox. 25 gr). Se aplicó una cantidad menor de producto pensando que la Algarrobilla es una especie que requiere muy poca humedad. Es posible que realmente la cantidad de polímero haya sido insuficiente.

Preparación de suelo

Debido a que se trata de un suelo compactado y de formación incipiente, no es posible practicar siembra directa sin una preparación del suelo. Es muy probable que la influencia de la intensidad de preparación de suelo se manifieste más adelante. Se recomienda, por lo tanto, la preparación más intensiva.

Protección a la siembra

Es necesario proteger la siembra del ganado caprino y los herbívoros silvestres (ratas y liebres). La protección de cabras se logró con cerco.

En los ensayos de 1985, las ratas causaron una alta mortalidad, pero el daño debido a esta causa no pudo ser evaluado. Se pensó que el cerco de malla alrededor de todo el ensayo sería suficiente protección contra ratas y liebres, lo que no fue así.

El control de roedores se logró mediante cebos venenosos, aumentando notoriamente el número de plantas vivas en todos los tratamientos del experimento de 1986, si se compara con el de 1985 (23% plantas resultantes contra 2,7% en el tratamiento más favorable).

Cada casilla de siembra se podría haber protegido individualmente mediante una malla fina, para evitar daños de herbívoros.

La protección contra herbívoros es una práctica común en la siembra directa y es de mayor importancia en zonas áridas (MC MINN, 1970, BURNS and REYNOLDS, 1975, GOOR and BARNEY, 1976).

De acuerdo a los resultados de algunos autores (BURNS and HEBB, 1970; MC MINN, 1970; BARNETT, J.P., CAMPELL, T.E. and DOUGHERTY, P., 1974) la profundidad de siembra es un tema de interés de investigar, con el objeto de proteger la semilla de animales pequeños y de la sequía.

El tamaño de la semilla de Algarrobilla, parecida a un garbanzo (6.400 - 7.300 semillas por Kg), permite una buena manipulación para la siembra.

Otros factores

Experiencias en producción de plantas de Algarrobilla han demostrado una mortalidad alta a partir del tercer mes después de la germinación. La causa es una infección por el hongo

INFOR

Fusarium oxysporun (DONOSO J., 1985; MONTENEGRO, G., y ARCE, P., 1987). Es posible que este factor se encuentre presente en estos experimentos de siembra, pero no se conoce su magnitud.

Se desconoce el comportamiento de la especie en cuanto a la sobrevivencia futura, pasado el primer período de sequía.

El año 1986 fue más favorable en lluvias que el anterior, lo que también influye en un mejor resultado. La precipitación en Vallenar en 1985 fue 29,4 mm y en 1986 fue de 40,0 mm.

CONCLUSIONES

A pesar de las condiciones adversas del medio ambiente, se obtuvo alguna respuesta al primer año en ensayos de siembra directa con Algarrobilla (***Balsamocarpon brevifolium*** CLOS).

Se recomienda un riego inicial una vez por mes (equivalente a 8 lt por casilla de 50 cm x 50 cm), escarificación del suelo hasta 20 cm de profundidad y mejoramiento del suelo mediante "mulching". El riego debe mantenerse a través del primer período seco después de la siembra (6 riegos). Es necesaria una protección contra roedores.

La semilla debe ser tratada previamente (escarificación en ácido sulfúrico).

AGRADECIMIENTOS

Estos ensayos se llevaron a cabo como parte del Proyecto sobre Taninos Vegetales, financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Gobierno de Canadá (CIID).

Los Ingenieros Forestales Srs. Patricio Rojas y Manuel Arriagada, junto con el Técnico Sr. Roger Carrasco, participaron en la instalación y/o mantención de los ensayos. El Ingeniero Forestal Sr. Sergio Aguirre colaboró en la traducción de este informe al idioma inglés. Se agradece la colaboración y apoyo logístico del personal de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en Vallenar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALMEYDA, E., y SAEZ, S. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. 195 p.
2. ANTONIOLETTI et al. s.f. Características climáticas del Norte Chico. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. 102 p y anexos.
3. BARNETT, J.P.; CAMPBELL, T.E., y DOUGHERTY, p. 1984. Seedling establishment Artificial methods. Reprinted from Proc. of the Symposium on the loblolly pine ecosystem (West Region). March 20 - 22, 1984, Jackson, M.S. Edit. by Bob L. Karr, J. Baker and T. Monaghan, pp. 109-125.
4. BURNS, R. and HEBB, E. 1972. Site preparation and reforestation of droughtacid sands. USDA Forest Service, Agriculture Handbook N° 426. 60 p.
5. BURNS, R. and REYNOLDS, R. 1975 Planting dates for longleaf, slash and sand pine seeds in the South Eastern Sandhills. Effect of temperature and rainfall. USDA Forest Service, Research Paper SE - 143. 17 p.
6. CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION (CORFO). 1984. Análisis de los ecosistemas de la III Región de Chile. Santiago, Chile. CORFO. 281 p.
7. DI CASTRI, F., y HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago, Chile. Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile. 128 p.
8. ESCOBAR, S.A. 1946. Contribución al estudio de la Algarrobilla. Tesis, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile, 26 p.
9. FUENZALIDA, H. 1967. Climatología. En: Corporación de Fomento de la Producción: Geografía Económica de Chile, Santiago, Chile,, CORFO, Ed. Universitaria, p. 99 - 152.
10. GOOR, F. N., and BARNEY, C.W. 1978 Forest tree planting in arid zones. 2nd ed, New York, the Ronald Press Co. 504 p.

INFOR

11. HOVES, F. N. 1953. Vegetable tanning materials, London, Butterworths Scientific Publications. 325 p.
12. MC MINN, J.W. 1970. Optimum depth and seanos for direct seeding slash pine in South florida. USDA Forest Service. Research paper, SE-73. 7 p.
13. MONTENEGRO, G., y ARCE, P. 1987. Producción de plantas de Balsamocarpon brevifolium (Algarrobilla). Informe para INFOR, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 14 p.
14. ORTIZ, G. J. 1943. La Algarrobilla, valioso arbusto industrial de la región norte. Revista Simiente (Chile) 13(1) : 36 - 39.
15. ROBERTS, P.C., y DIAZ, C. 1959 - 60. Grandes Grupos de Suelos de Chile. En: Agricultura Técnica, Chile. Años XIX y XX. pp 7 - 36.
16. STEEL, R., and TORRIE, J. 1960. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences, New York, Mc Graw Hill, 481 p.

INFOR

EMPLEO DE IMAGENES SATELITARIAS PARA LA CLASIFICACION TERMAL DE SUELOS FORESTALES

Nelson Vergara Rodríguez (*)
Martín Farías Salvador (**)

RESUMEN

El objetivo fundamental del presente estudio fue investigar aplicaciones en el área forestal, de la información termal proporcionada por el sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), instalado a bordo de satélites meteorológicos de órbita polar de la serie NOAA, los cuales orbitan la Tierra a una altitud cercana a los 850 Km.

A través del estudio, se concluye que la información generada por satélites NOAA permite cuantificar el estado térmico (temperatura aparente) a distintas horas del día y en forma diaria, durante todo el año, en terrenos de aptitud preferentemente forestal y que a la fecha se encuentran sin cobertura forestal.

Mediante el análisis de las amplitudes térmicas diarias que presentan estos terrenos, fue posible clasificar el área de estudio en zonas de comportamiento térmico homogéneo. La extensión y límites de estas zonas es concordante con isolíneas de evapotranspiración potencial mensual obtenidas de mapas existentes para la zona de estudio.

ABSTRACT

The main objective of this investigation was to look for forestry related applications of thermal data transmitted by the AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sensor, on board the NOAA meteorological satellites, which are in a polar orbit with a nominal height of 850 kilometers.

Thermal data generated by NOAA satellites allowed making a quantification of the land thermal state (apparent temperature) and its daily and seasonal cycles. The study was centered on a potentially rich area for forestry development, which is not presently covered by forest.

(*) Ing. Forestal, División Inventarios Forestales, Instituto Forestal. Huérfanos 554 - Santiago - Chile.
(**) Ing. Electrónico, Centro de Estudios Espaciales, Univ. de Chile, Arturo Prat Nº 1171 - Santiago - Chile.

INFOR

INTRODUCCION

Chile posee entre la V y X Regiones administrativas una superficie de 9.598.901 ha de terrenos potencialmente forestales. De esta cifra, alrededor de 58,9% (5.651.999 ha) constituyen terrenos disponibles para nuevas plantaciones y susceptibles de ser forestados con especies arbóreas o arbustivas de interés económico, sean éstas nativas o exóticas (CONAF 1985). Esta importante extensión de terrenos de aptitud forestal, potencialmente productivos, ha sido una preocupación permanente del Estado, especialmente durante los últimos años, por cuanto la incorporación de este territorio a procesos productivos, redundaría en beneficios económicos para el país. Sin embargo, al enfrentar la tarea de poblar estos terrenos con recursos forestales productivos, inmediatamente se hace presente la necesidad de investigar aspectos relativos a la capacidad productiva de estos terrenos, con el objeto de priorizar los recursos hacia aquellos de mejores características. En este sentido, el desarrollo de métodos para contribuir a cuantificar la aptitud productiva de terrenos forestales desprovistos de plantaciones forestales, cobra vigencia.

El presente estudio aborda en forma preliminar el uso de información satelitaria para describir el comportamiento térmico de terrenos de aptitud forestal, con el fin de inferir a través de esta variable el estado hídrico relativo de éstos.

OBJETIVOS

El estudio tuvo como meta la concreción de los siguientes objetivos:

a) Investigar aplicaciones en el área forestal de la información termal proporcionada por el sensor AVHRR, instalado a bordo de satélites meteorológicos de la serie NOAA.

b) Desarrollar una metodología para establecer el comportamiento térmico de terrenos de aptitud preferentemente forestal, desprovistos de cobertura forestal.

c) Analizar a través de la información termal la posibilidad de inferir el estado hídrico de estos terrenos.

Area de Estudio

El área de estudio (Ver Figura 1) corresponde a terrenos localizados en el área costera de la VI Región, limitados por un cuadrante con las siguientes coordenadas geográficas:

al Norte : el paralelo 33° 55" Latitud Sur
al Sur : el paralelo 34° 50" Latitud Sur
al Este : el meridiano 71° 35" Longitud Oeste
al Oeste : el Océano Pacífico

La superficie total del área señalada en la Figura 1 alcanzó a 398.375 ha; sin embargo, se descartaron del estudio un total de 167.375 ha cubiertas por plantaciones forestales o vegetación arbustiva mayor, por lo que el área efectivamente incorporada al estudio alcanzó a 231.000 ha.

El relieve del área de estudio se caracteriza por la orientación Norte - Sur de dos grandes entidades de forma: La Cordillera de la Costa y las planicies litorales.

El área de estudio está dominada por dos tipos climáticos principales: el clima costero mediterráneo y el clima mediterráneo de la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa.

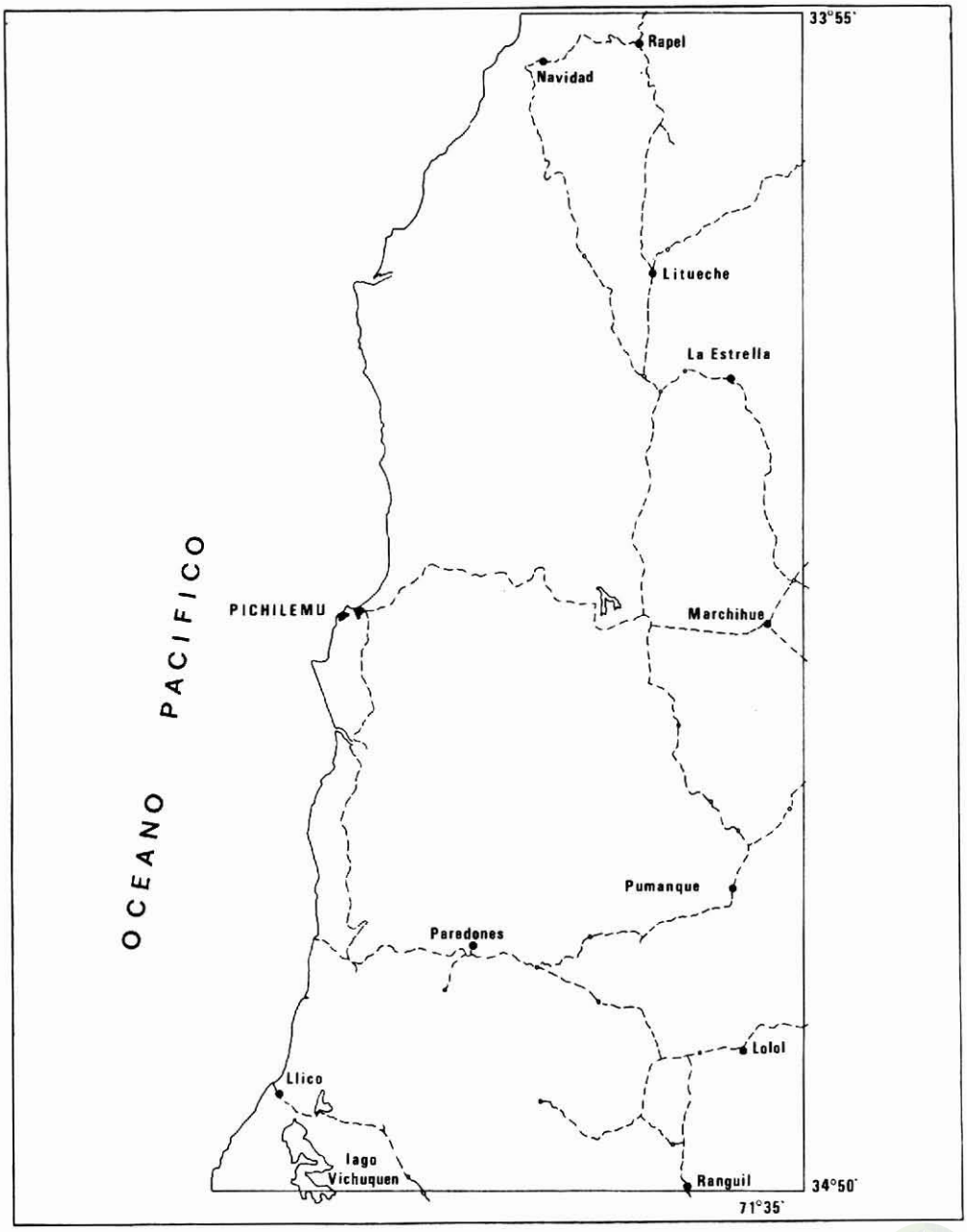
El primero se desarrolla en las planicies litorales y vertientes occidentales de la Cordillera de la Costa. Se caracteriza por una alta humedad atmosférica y nubosidad baja, lo que permite precipitaciones que varían entre 500 mm/año por el Norte y 850 mm/año por el Sur.

El segundo tipo climático se desarrolla en la Vertiente Oriental de los cordones costeros, caracterizándose por una aridez no acentuada. Ello se refleja en las precipitaciones, las cuales no varían más allá de 500 mm por el Norte y 700 mm por el Sur (CORFO - INFOR 1982).

INFOR

FIGURA 1

CROQUIS DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ANTECEDENTES DEL SATELITE NOAA

La organización NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos opera una red de satélites polares y geoestacionarios que proveen datos utilizados en predicción meteorológica, en estudios oceanográficos e hidrológicos y en la observación del ambiente alrededor del planeta.

Los satélites NOAA, sucesores de las series ITOS y TIROS, tienen una órbita polar, a una altura de 850 km y con una inclinación de 98° con respecto al plano ecuatorial. El tiempo que demora en dar una vuelta alrededor del globo terráqueo alcanza 102 minutos.

Entre los instrumentos a bordo del satélite NOAA se incluye el sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), el cual consiste en un radiómetro multicanal con un espejo rotatorio, que en cada giro capta información de una franja de la superficie del globo terráqueo de 2.900 x 1,1 km. Esta información es enviada a 5 filtros de rango espectral diferentes, tres de los cuales captan energía electromagnética en el rango infrarrojo termal. (EPSTEIN et al 1984).

El Centro de Estudios Espaciales (CEE), dependiente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, administra, opera y mantiene una Estación de Rastreo de satélites perteneciente a la red mundial de estaciones NASA.

Para las funciones de rastreo de los satélites, recepción de sus transmisiones y grabación análoga de los datos, se utilizan equipos de NASA. Para la decodificación de los datos y su posterior procesamiento, el CEE ha diseñado y construido los equipos y/o programas (Software) necesarios.

ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

En casi todas las porciones del espectro electromagnético en los cuales los procesos de emisión, reflección y transmisión de energía están implicados, puede demostrarse que estos procesos son sensibles a las variaciones del contenido de humedad de los suelos. (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRIC, 1983).

El uso de la energía solar reflejada desde el suelo no constituye una técnica muy promisoria para determinar el contenido de humedad de éstos, porque la reflectancia espectral de los suelos como función del contenido de humedad, depende de muchas otras variables, tales como la rugosidad de la superficie del suelo, geometría de la iluminación, materia orgánica y textura del suelo (JACKSON et al 1978). Estos factores, además del hecho de que las observaciones representan solamente una muy delgada capa superficial de suelo (aproximadamente 1 mm), limitan la utilidad de las mediciones de reflectancia para la determinación de la humedad del suelo.

En otras porciones del espectro electromagnético, tales como en la región de radiación termal (entre los 3 - 15 μm), el agua está fuertemente influenciada por las propiedades térmicas y dieléctricas de los suelos, que hacen posible su detección a través de sensores remotos. En este caso las observaciones están usualmente limitadas al rango espectral comprendido entre los 8 - 12 μm, donde los efectos de la atmósfera son mínimos, y la energía emitida es cercana al máximo para las superficies terrestres.

La tasa de cambio de la temperatura de los suelos es función de factores internos y externos. Entre los factores internos están la conductividad termal (k) y la capacidad calórica (c), que pueden ser combinados para obtener la inercia termal $P = (KC)1/2$.

Las variables K y C están fuertemente relacionadas con la humedad del suelo, por tanto la inercia termal (P) y la temperatura de suelo dependen de la humedad del suelo (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRIC 1983).

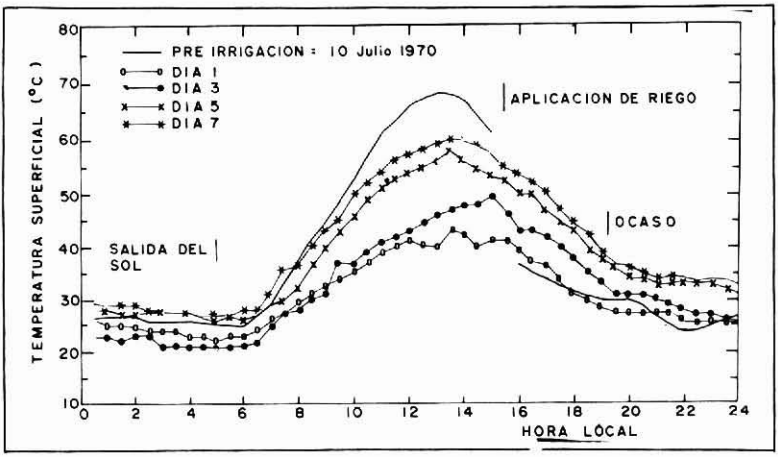
INFOR

Entre los factores externos están las condiciones meteorológicas que afectan el balance de energía de la superficie terrestre, tales como radiación solar entrante, temperatura del aire, humedad relativa y viento. Si la variabilidad en estos factores externos puede ser calculada o mantenerse razonablemente constante, la tasa de cambio de estas variaciones remotas de temperatura de suelo o diferencia en la temperatura superficial estará relacionada con la humedad del suelo (IDSO et al 1975, JACKSON et al, 1978).

La Figura 2 ilustra los resultados obtenidos por el U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix Arizona (NASA/GSFC), en 1970, para la relación entre temperatura superficial y hora local, a lo largo de 7 días de observación después de efectuarse un riego del área de estudio.

FIGURA 2

EFECTO DEL REGADIO EN CURVAS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DE UN AREA PILOTO



FUENTE: American Society of Photogrametric 1983

Se aprecia que la temperatura superficial para la misma hora local aumenta a medida que transcurren los días después del riego, consecuencia de una disminución del contenido hídrico del suelo.

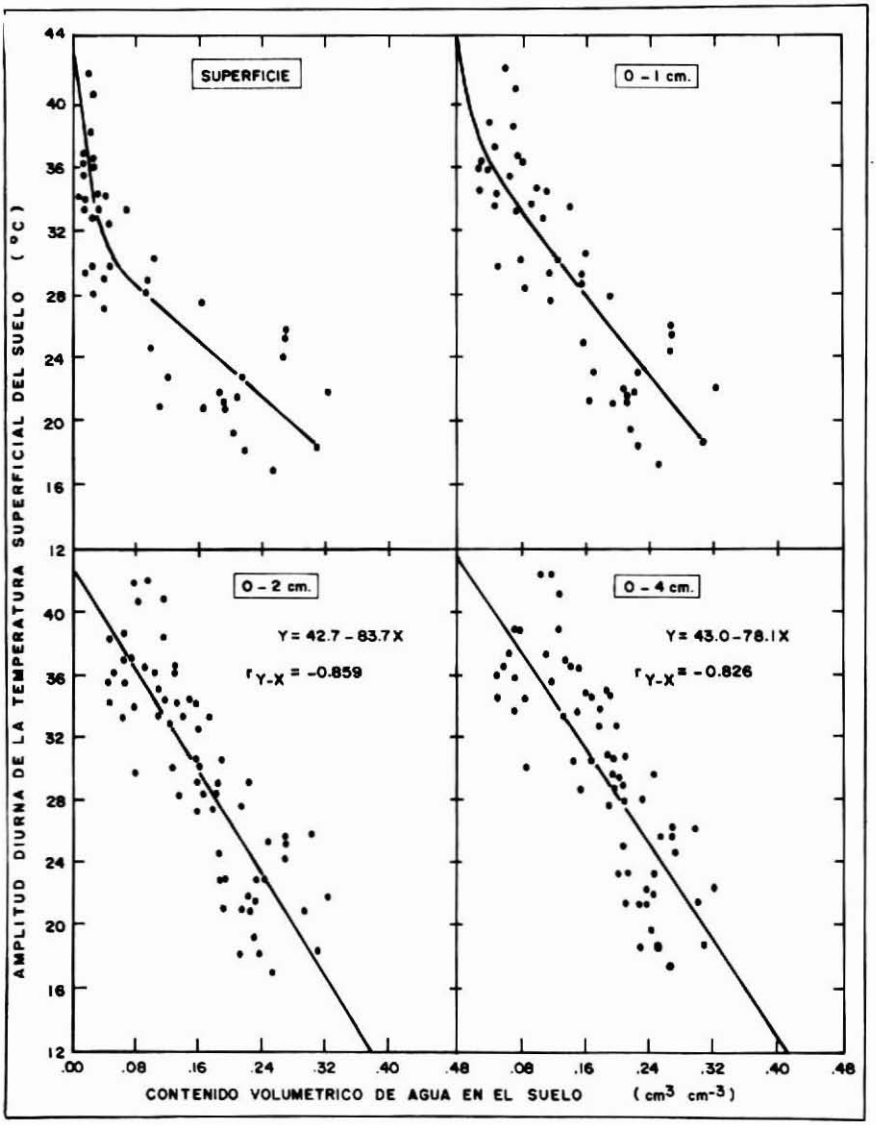
IDSO et al (1975) encontraron que el contenido volumétrico de agua en capas superficiales de suelo de 2 a 4 cm de espesor fue función de la amplitud de la temperatura superficial diurna en días y noches despejadas. (Ver Figura 3).

Ellos también encontraron que el contenido de agua en el suelo fue una función de la diferencia entre el máximo valor diario de temperatura superficial de suelo y temperatura del aire. Usando observaciones realizadas por avión de la temperatura superficial del suelo, REGINATO et al 1976 y SCHMUGGE et al 1978 obtuvieron resultados similares a los encontrados por IDSO et al 1975.

INFOR

FIGURA 3

RELACIONES ENTRE LA AMPLITUD TERMICA Y EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO



FUENTE: IDSO et al (1975)

MATERIAL Y METODO

Material

Para la realización del estudio se utilizaron los siguientes materiales:

- Imágenes termales obtenidas por el satélite NOAA-9 el 31 de Enero de 1987 a las 16:21 horas; 1° de Febrero de 1987 a las 03:45 horas y el día 30 de Marzo de 1987 a las 03:35 horas y 16:01 horas.
- Imágenes termales obtenidas por el satélite NOAA-10 el día 31 de Enero de 1987 a las 08:04 horas y 20:25 horas y el día 30 de marzo de 1987 a las 07:25 horas y 20:45 horas.
- Mapa de Chile escala 1:1.000.000, del Instituto Geográfico Militar.
- Carta Regular de Uso Público, escala 1:250.000 del Instituto Geográfico Militar, 1985.
- Mapas de evapotranspiración potencial mensual, elaborados por Merlet 1986.

Método

- *Obtención de datos transmitidos por los satélites NOAA*

La recepción y grabación de los datos se realizó en la Estación de Rastreo de Satélites de Peldehue. La decodificación de los datos y selección del área de estudio se realizó en equipos diseñados por el Centro de Estudios Espaciales.

El procesamiento de los datos, la generación de las imágenes y la impresión en colores de éstas se efectuó en un microcomputador APPLE II y en una impresora Diablo C-150. Actualmente estos procesos se están implementando en un PC IBM AT.

- *Selección de imágenes*

Para los efectos de este estudio se utilizaron imágenes termales NOAA obtenidas en meses de verano (Enero, Febrero, Marzo), por cuanto esta época del año presenta las siguientes ventajas:

La diferenciación en cuanto a temperatura superficial de los terrenos de interés es máxima. La posibilidad de encontrar la zona de estudio libre de nubes es mayor. Constituye la estación del año en que la disponibilidad hídrica para el crecimiento de los vegetales es mínima.

Debido a que los datos enviados por los satélites NOAA se reciben diariamente 4 veces al día desde 1984 en la Estación de Rastreo de Peldehue, el número de imágenes factible de utilizar en este estudio para los meses de verano alcanzó a 1.200 escenas. Por limitaciones de tiempo y costo, sólo se trabajó con imágenes de 1987 y con una sola fecha representativa de la situación termal del mes de Enero y otra representativa de la situación termal del mes de Marzo. Para seleccionar las imágenes representativas de la situación mensual se examinaron imágenes de distintos días del mes.

- *Obtención de imágenes*

Las imágenes seleccionadas se obtuvieron mediante el uso de un software de procesamiento digital de imágenes, y se imprimieron en una impresora a color, en una escala aproximada 1:1.000.000; abarcando un área de 280 km en sentido Norte - Sur y aproximadamente 200 km Este - Oeste.

Previo a la obtención de las imágenes, los datos de los canales termales fueron sometidos a los siguientes procesos:

a) Calibración de los datos, b) Corrección geométrica y c) Corrección atmosférica. Empleando un programa auxiliar, las imágenes fueron sometidas a un proceso de ajuste para

INFOR

compatibilizarlas con el formato del mapa de Chile escala 1:1.000.000 del Instituto Geográfico Militar.

Debido a que el sensor AVHRR permite discriminar temperaturas aparentes con una precisión de 0,1° C, se procedió a obtener imágenes en las que se visualizaron mediante un color destacado clases de temperatura en rangos de 2° C. La temperatura superficial derivada de la energía térmica emitida por la superficie recibe el nombre de "aparente" o "brillante", ya que en su derivación no se ha considerado el coeficiente de emisividad. Para poder obtener la temperatura superficial real, es necesario conocer la emisividad de la materia de la superficie de toda el área de emisión.

La Figura 4 expone a modo de ejemplo una de las imágenes termales empleadas en este estudio.

– *Determinación del estado térmico de los terrenos APF*

Para determinar el estado térmico de los terrenos APF a partir de las imágenes NOAA, se procedió a confeccionar una plantilla transparente del mapa de Chile escala 1:1.000.000; se trazó la línea de costa, cuerpos de agua, cauces de ríos y otras características topográficas para ser usadas como puntos de control cartográfico. Posteriormente se marcó en la plantilla el área de estudio y se cuadriculó esta área en celdas de 2,5 por 2,5 minutos (total 231 celdas). Enseguida se excluyeron todas aquellas celdas en las cuales se detectaron cultivos forestales, vegetación forestal natural o uso agrícola intenso que pudieran afectar la cuantificación del estado térmico de los terrenos de interés (total 100 celdas). Para realizar esta labor se utilizaron mapas de recursos forestales de la misma área, imágenes Landsat en falso color y una imagen del índice de vegetación del mes de Enero, obtenida a partir de los canales visibles del sensor AVHRR del satélite NOAA-10. Las celdas finalmente seleccionadas se numeraron correlativamente. Posteriormente se superpuso la plantilla transparente con cada una de las imágenes obtenidas y se leyó celda por celda el valor clase de temperatura aparente predominante.

– *Procesamiento de la información*

Toda la información obtenida se incorporó a un archivo magnético, el cual se utilizó junto a una hoja de cálculo electrónico, provista de un paquete gráfico, para efectuar todos los cálculos y gráficos pertinentes.

El cálculo de las amplitudes térmicas se efectuó en cada una de las fechas consideradas en el estudio, tomando como base por un lado la imagen termal obtenida a las 16:00 horas y por otro la imagen termal correspondiente a la mínima temperatura observada. Esta última fue en un caso la imagen de las 03:00 horas y en otro la de las 08:00 horas.

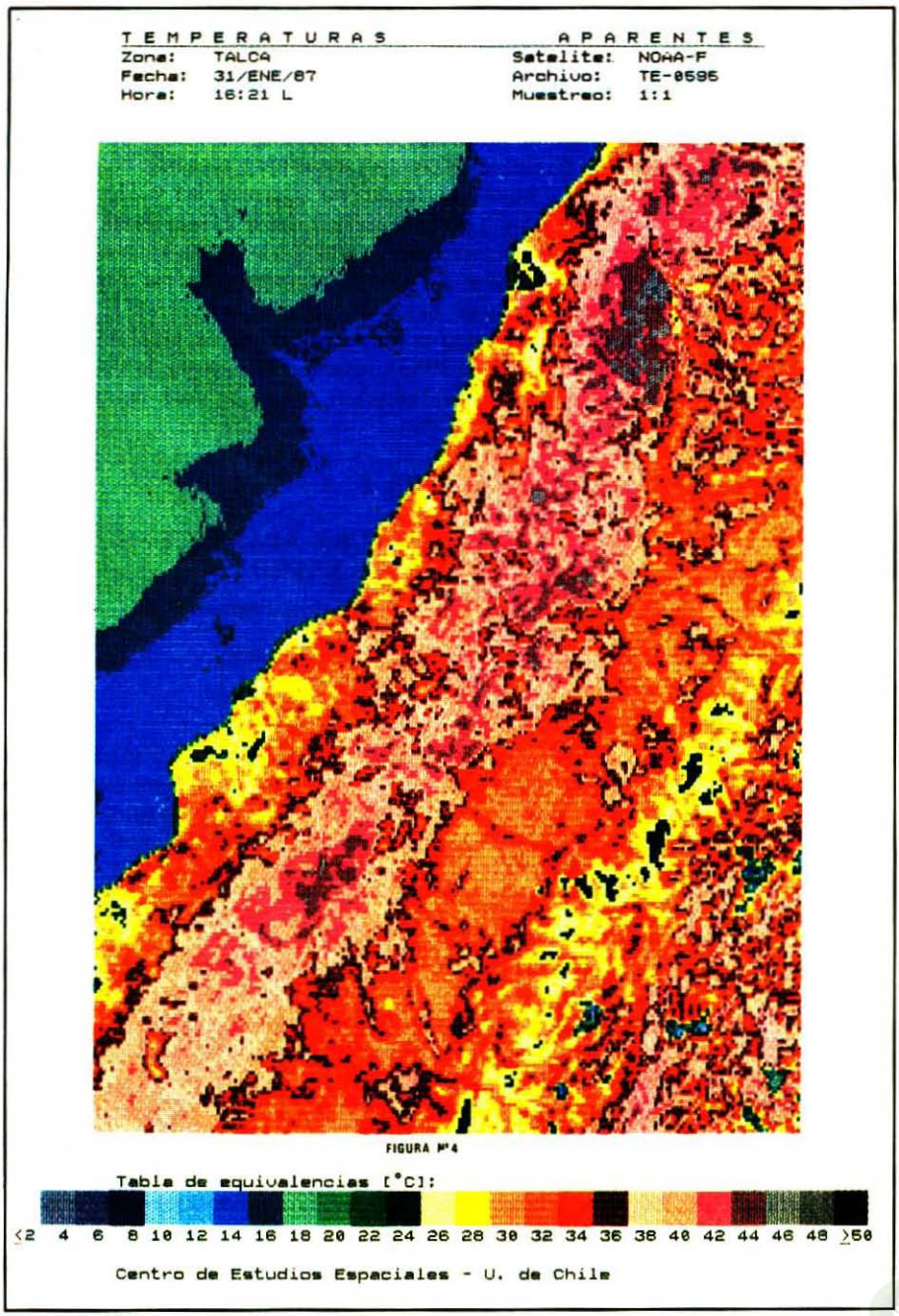
La amplitud térmica se calculó por cuadrícula. Posteriormente los valores se agruparon por clases de intervalo y luego se transcribieron a una base del área de estudio elaborada en escala 1:250.000, en la cual las clases de amplitud térmica se colorearon para facilitar su interpretación. A esta base cartográfica se transcribieron las isolíneas de evapotranspiración potencial mensual, provenientes de mapas elaborados por MERLET (1986).

Posteriormente se obtuvieron las zonas térmicamente homogéneas, utilizando para el efecto la amplitud térmica. Los valores individuales de amplitud termal (a nivel de celda) se agruparon en clases de 5°C, tanto en la imagen correspondiente al mes de Enero como al mes de Marzo. Los resultados se transfirieron al mapa escala 1:250.000, a partir del cual se obtuvieron dos reducciones que se presentan en este estudio.

INFOR

FIGURA 4

IMAGEN TERMAL SATELITE NOAA



RESULTADOS

Caracterización térmica horaria y mensual del área de estudio

El comportamiento térmico de los terrenos en estudio se resume en las Figuras 5 y 6.

Del análisis de estas figuras se desprende que la temperatura aparente superficial presenta un comportamiento horario bien definido. Las temperaturas aparentes superficiales de mayor magnitud se presentan (independientemente del mes) aproximadamente a las 16:00 horas; en tanto que las de menor magnitud se presentan en la madrugada o a primera hora del día, dependiendo del mes. En el mes de Enero, las temperaturas aparentes más bajas, se observan a las 03:45 horas, mientras que en Marzo el fenómeno ocurre a las 07:25 horas.

La comparación de las Figuras 5 y 6 permite deducir que el estado térmico de los terrenos en estudio presenta un comportamiento estacional, traduciéndose esta situación en un cambio de magnitud de las temperaturas aparentes. En efecto, comparativamente a cualquier hora del día, Marzo presenta valores térmicos más bajos que Enero.

Puesto que la temperatura de un cuerpo es proporcional a la cantidad de energía que éste recibe (American Society of Photogrametric 1983), resulta entonces que la variación estacional de la temperatura aparente depende de la radiación solar, la cual también presenta un comportamiento estacional.

FIGURA 5

CURVAS DE TEMPERATURA APARENTE PARA EL MES DE ENERO

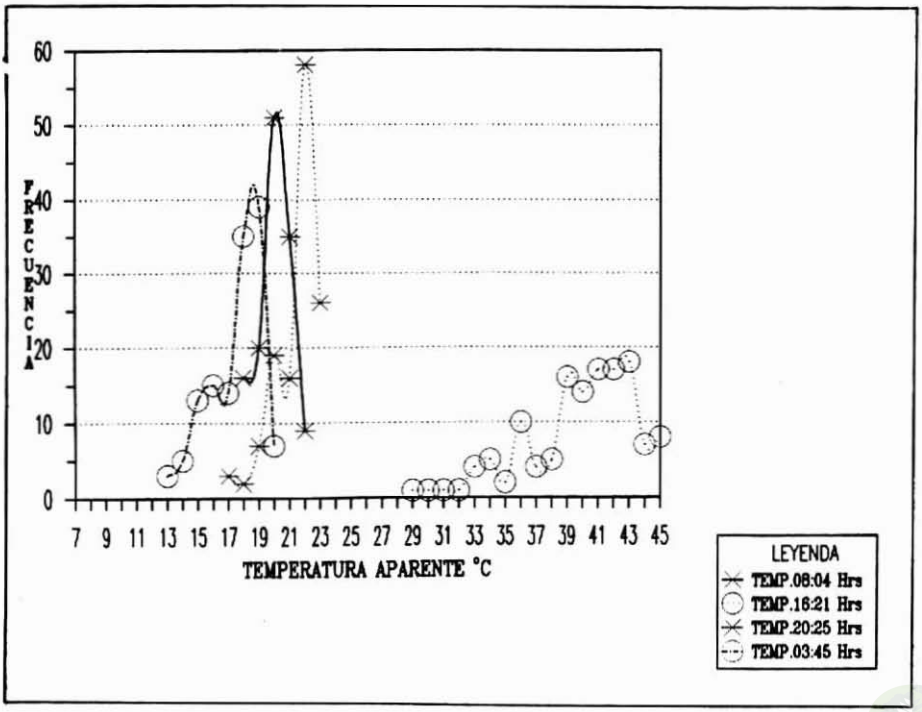
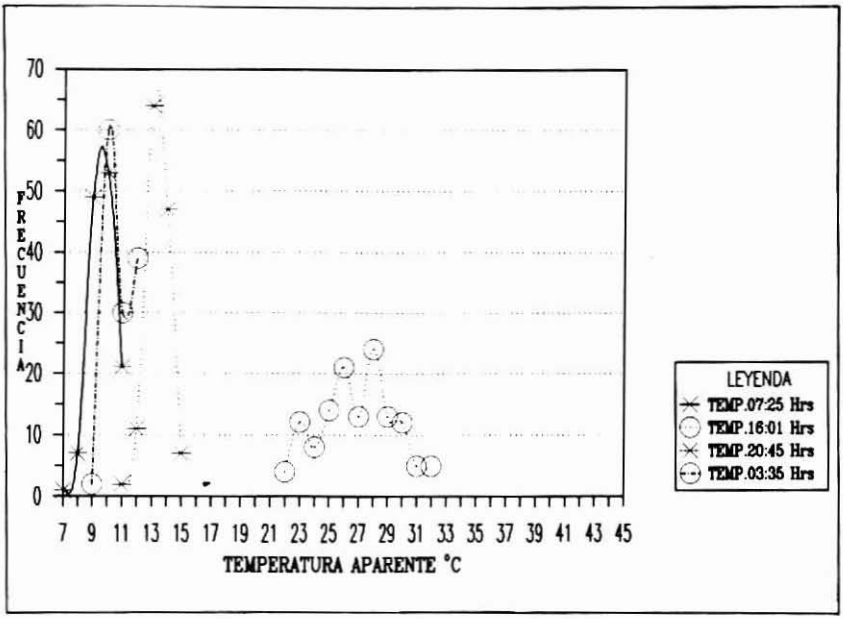


FIGURA 6

CURVAS DE TEMPERATURA APARENTE PARA EL MES DE MARZO



De la comparación de las Figuras 5 y 6 se desprende además que la hora a la cual ocurre la mínima temperatura superficial, también varía. En el mes de Enero el fenómeno ocurre a las 03:45 horas, en tanto que en el mes de Marzo el fenómeno se observa a las 07:25 horas. Es posible que esta situación para días despejados esté relacionada con la hora de salida del sol y con el valor de la máxima temperatura superficial alcanzada el día anterior.

Amplitudes térmicas superficiales

Las amplitudes térmicas superficiales del área de estudio tienden a presentar un comportamiento de tipo Gaussiano.

La Figura 7 elaborada a partir de los datos expuestos en el Cuadro 1, permite apreciar que la afirmación anterior es evidente en el caso de la distribución de frecuencia de amplitudes térmicas del mes de Enero, mes en el cual la amplitud térmica media por día alcanza a 22,4°C, con valores extremos de 13°C y 28°C.

Durante el mes de Marzo, las amplitudes térmicas son de menor magnitud, posiblemente debido a la disminución de la radiación solar y al aumento de la humedad relativa. Ello podría extender el efecto moderador del Océano Pacífico a una mayor proporción del área estudiada, lo que condicionaría valores más bajos de las amplitudes termales.

En Marzo, la amplitud térmica media por día es de 17,3°C, con valores extremos de 12°C y 24°C.

INFOR

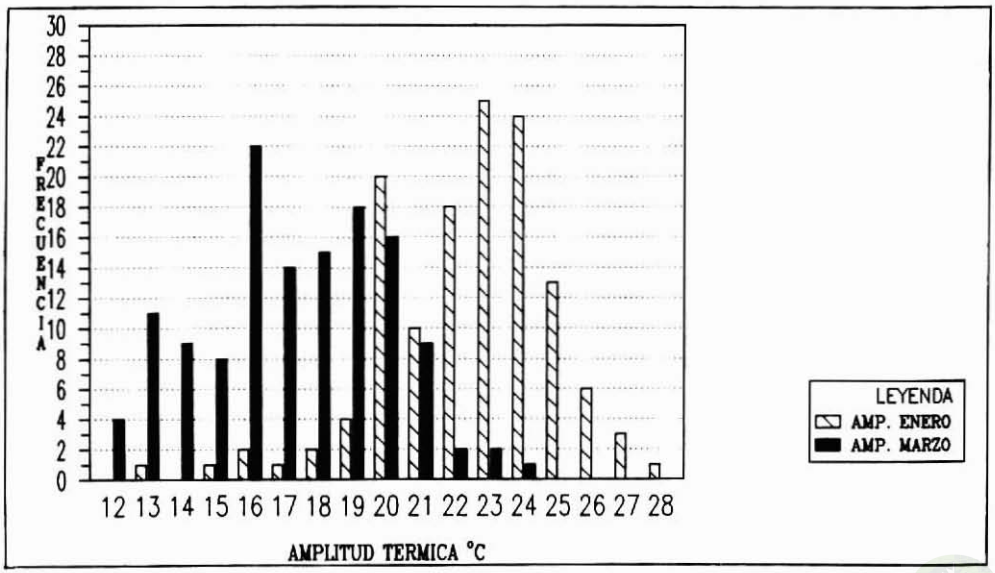
CUADRO 1

TABULACION DE FRECUENCIAS DE LAS AMPLITUDES TERMICAS OBSERVADAS EN EL AREA DE ESTUDIO

Amplitud Térmica (°C)	Frecuencia	
	Enero	Marzo
12	-.-	4
13	1	11
14	-.-	9
15	1	8
16	2	22
17	1	14
18	2	15
19	4	18
20	20	16
21	10	9
22	18	2
23	25	2
24	24	1
25	13	-.-
26	6	-.-
27	3	-.-
28	1	-.-
TOTAL	131	131
Media	22,4	17,3
Desv. estándar	2,49	2,69

FIGURA 7

AMPLITUDES TERMICAS OBSERVADAS EN ENERO Y MARZO



Comparación de Zonas Térmicamente Homogéneas con Isolíneas de Evapotranspiración Potencial Mensual

Las Figuras 8 y 9 exponen la clasificación térmica del área de estudio realizada en función de la amplitud térmica diaria para los meses de Enero y Marzo, conjuntamente con las isolíneas de evapotranspiración potencial mensual obtenidas por MERLET (1986).

Del análisis de estas Figuras se desprenden las siguientes observaciones:

- Durante Enero, gran parte del área estudiada presenta amplitudes térmicas que varían entre 20 - 24°C, en tanto que en Marzo predominan las amplitudes térmicas que varían entre 15 - 19°C.
- Comparativamente, las áreas de mayor amplitud térmica mantienen su posición geográfica relativa; sin embargo, las de menor amplitud térmica presentan durante Marzo un crecimiento notable y se extienden en el área de estudio en sentido Sur - Norte.
- Las zonas que presentan las mayores amplitudes térmicas concuerdan con terrenos ubicados en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa y planicies litorales interiores, abarcando las zonas de Marchigüe, La Estrella, Litueche y Rapel.
- En términos generales, el gradiente térmico superficial Oeste - Este del área de estudio, concuerda con un aumento en la evapotranspiración potencial mensual en el mismo sentido.
- Existe cierta concordancia en la posición espacial de las isolíneas de evapotranspiración potencial mensual del área de estudio y la extensión y límites de las clases térmicas diferenciadas en la misma área. Las zonas de mayor amplitud térmica presentan, según las isolíneas de evapotranspiración potencial mensual, tasas de evapotranspiración más altas que las zonas de menor amplitud térmica.

En Enero los valores más altos de evapotranspiración potencial alcanzan a 180 -190 mm/mes, y los más bajos oscilan entre 160 - 170 mm/mes.

En Marzo, la evapotranspiración alcanza como máximo a 110 - 120 mm/mes y a 90 -100 mm/mes como valor mínimo.

- No obstante las limitaciones que presenta la comparación expresada anteriormente, es posible asegurar que la información térmica de los suelos desprovistos de vegetación podría utilizarse para mejorar la calidad de las cartas de evapotranspiración potencial, con lo cual se facilitaría el cálculo posterior de balances hídricos que permitan a los planificadores, diferenciar en zonas de secano terrenos en función de sus características hídricas. Se sugiere, sin embargo, para futuras investigaciones relativas al tema del presente estudio, comprobar con mediciones en terreno la hipótesis sintetizada en la Figura 3, con lo cual se dispondría de un método más directo para evaluar las características hídricas de los suelos de interés.

CONCLUSIONES

Caracterización térmica y mensual del área de estudio

a) La temperatura aparente superficial de suelos descubiertos de vegetación, presenta un comportamiento horario y estacional bien definido, el cual es posible de monitorear hasta cuatro veces al día, durante todos los días del año, mediante el empleo de los canales termales del sensor AVHRR, instalado a bordo de satélites meteorológicos de la serie NOAA.

b) Las temperaturas aparentes superficiales de mayor magnitud en los meses de Enero y Marzo se observan aproximadamente a las 16:00 horas, en tanto que las de menor magnitud se presentan en la madrugada o a primera hora del día, dependiendo del mes. Entre los factores que condicionarían la hora a la cual se produce la mínima temperatura superficial, se contaría la hora de salida del sol y el valor de la máxima temperatura superficial del día anterior.

INFOR

FIGURA 8

AMPLITUDES TERMICAS
ENERO

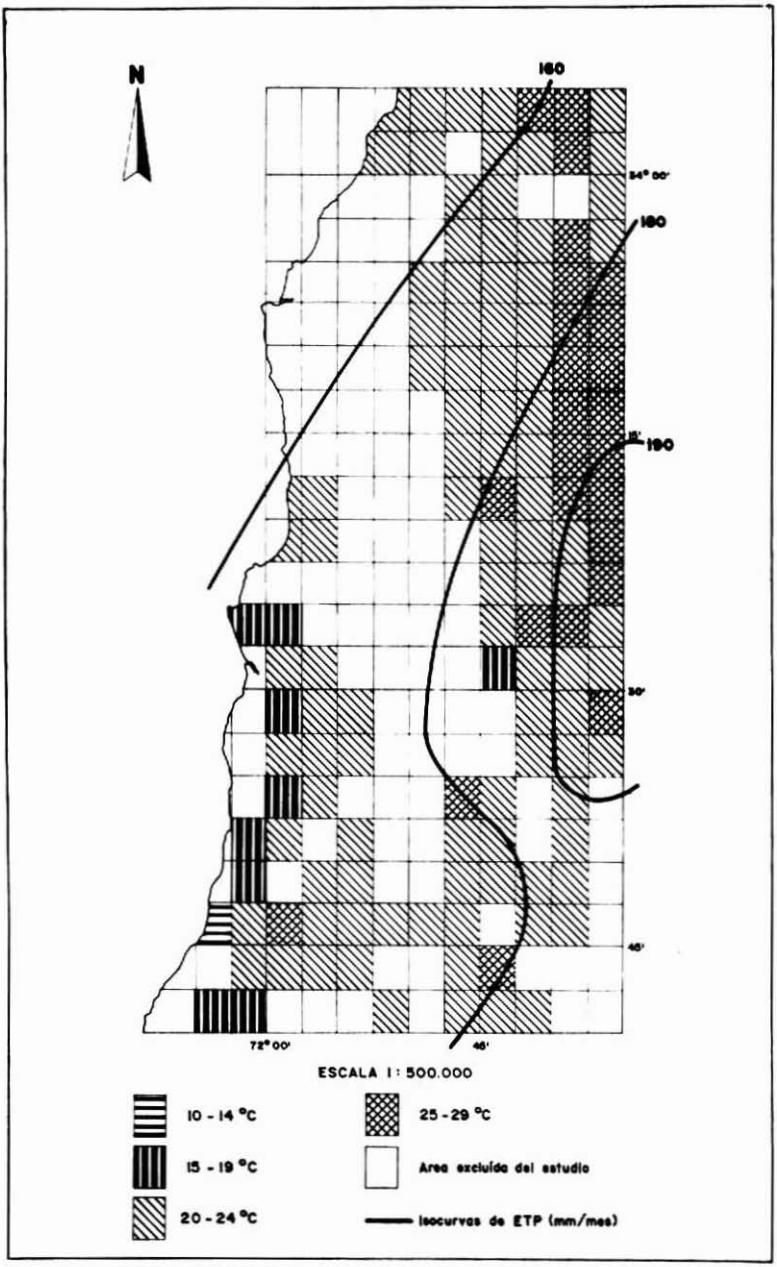
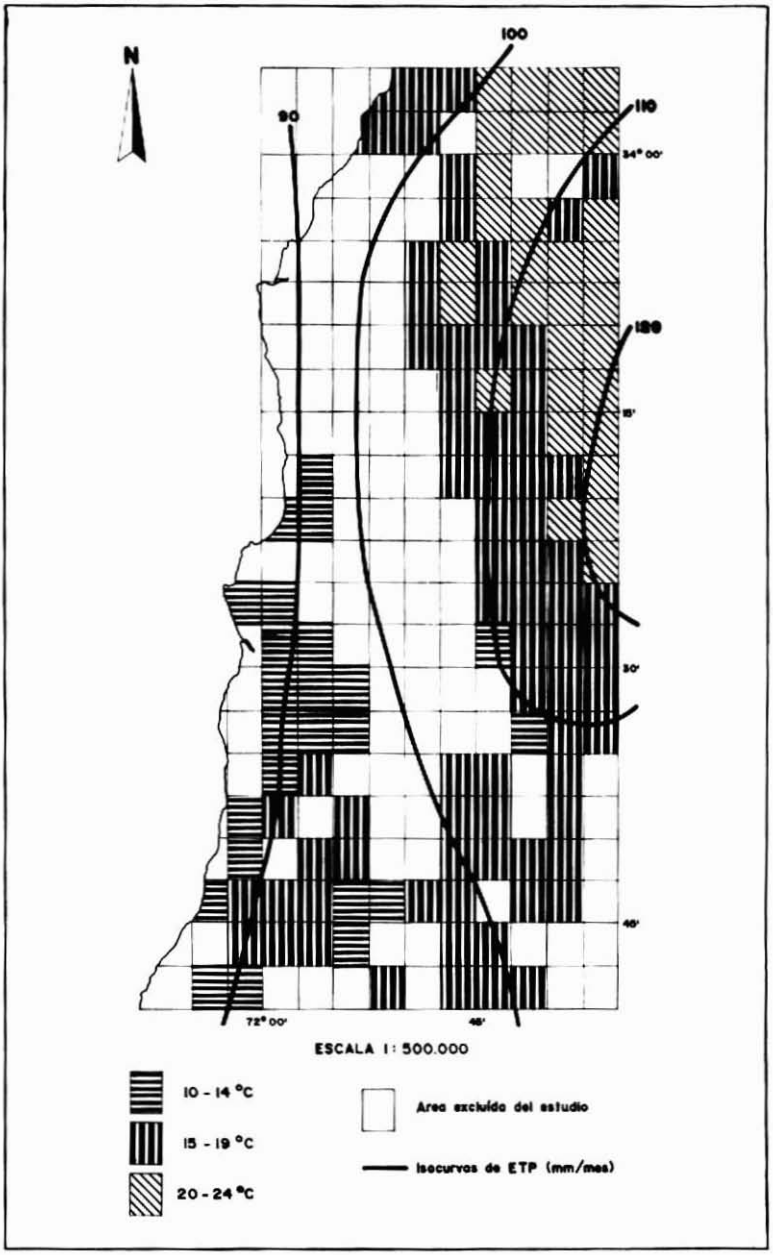


FIGURA 9

AMPLITUDES TERMICAS
MARZO



INFOR

Amplitudes térmicas superficiales

c) El hecho de contar con cuatro observaciones diarias de la temperatura superficial de un mismo lugar permite a través del empleo de los satélites NOAA, el monitoreo de las amplitudes térmicas superficiales, sobre una base diaria o estacional.

d) La distribución de frecuencia de las temperaturas superficiales de los meses de Enero y Marzo tiende a presentar un comportamiento de tipo Gaussiano (forma acampanada).

En el mes de Enero la amplitud térmica media por día alcanza a 22,4°C, con valores extremos de 13°C y 28°C. En el mes de Marzo, la amplitud térmica media por día es de 17,3 °C, con valores extremos de 12°C y 24°C.

Comparación de zonas térmicamente homogéneas con isolíneas de ETP mensual

e) La definición de zonas térmicamente homogéneas basadas en la amplitud térmica observada, permitió determinar que en el área de estudio es posible diferenciar un número mayor de zonas térmicamente homogéneas en Enero que en Marzo.

f) Comparativamente, las áreas de mayor amplitud térmica mantienen su posición geográfica relativa. Sin embargo, las de menor amplitud térmica presentan durante Marzo un crecimiento notable, extendiéndose en el área en sentido Sur - Norte.

g) Las zonas que presentan las mayores amplitudes térmicas concuerdan con terrenos ubicados en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa y planicies litorales interiores, abarcando las zonas de Marchigüe, La Estrella, Litueche y Rapel.

h) Existe cierta concordancia en la posición espacial de las isolíneas de evapotranspiración potencial mensual del área de estudio y la extensión y límites de las clases térmicas diferenciadas en la misma área. No obstante las limitaciones que presenta dicha comparación, se sugiere investigar más a fondo esta relación, con el objeto de facilitar en zonas de secano la elección de terrenos de aptitud forestal de acuerdo con la favorabilidad hídrica que éstos presentan para determinadas especies forestales.

INFOR

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRIC. 1983. Manual of Remote Sensing 2a. Edición, 2.440 p.
2. CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION, INSTITUTO FORESTAL. 1982. Perspectivas de Desarrollo Forestal del Area Secano Costero Maipo - Mataquito. Gerencia de Desarrollo, Proyecto AF/82/75, Informe Final, 174 p.
3. CORPORACION NACIONAL FORESTAL, UNIVERSIDAD DE CHILE. 1985. Antecedentes Técnicos para la Adopción de Acciones de Planificación Indicativa del Desarrollo Forestal entre la V y X Regiones. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal. Informe Final, 1a. Etapa, 52 p.
4. EPSTEIN, E.; CALLICOT, N.; COTTER, D., and YATES, H. 1984. NOAA Satellite Programs. Reprinted from. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Sistems. Volume AES 20, Number 4, pp: 325 - 344.
5. IDSO S. V. et al. 1975. The Utility of Surface Temperature Measurements for the Remote Sensing of Soil Water Status Journal of Geophysics-Res. 80: 3044 - 3049.
6. JACKSON R. D., et al. 1978. Soil Moisture Estimation Using Reflected Solar and Emited Thermal Radiation. Chapter four of Soil Moisture Workshop: NASA Conference Publication 2073, 219 p.
7. MERLET, H. 1986. Evapotranspiración Potencial y Necesidades Netas de Agua de Riego en Chile. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Tesis. 82 pp: y Mapas Anexos.
8. REGINATO, R.J. et al 1976. Soil Water contents and evaporation determine by thermal parameter obtain from ground basis and remote measurements Journal of Geophysics Res. 81: 1616 - 1620.
9. SCHMUGGE, T.J. 1978. Remote sensing of surface soil moisture. Journal of Applied Meteorology, V. 17, pp: 1549 - 1557.

TENSIONES ADMISIBLES PARA MADERA ESTRUCTURAL

Vicente Pérez Galaz (*)

RESUMEN

El sistema adoptado en la norma chilena NCh 1990 "Madera. Tensiones Admisibles para Madera Estructural", fue ideado en Australia y consiste en definir doce clases estructurales, para cada una de las cuales se entregan valores de tensiones admisibles de flexión, compresión paralela, tracción paralela, cizalle y módulo de elasticidad en flexión. Las tensiones admisibles de un elemento perteneciente a una determianda especie maderera se obtienen en función del grupo estructural al cual se asigna la especie maderera, del estado de humedad de la madera y de la calidad o grado estructural con el cual el elemento ha sido seleccionado.

El presente trabajo analiza en detalle el proceso tal como se aplica en el país donde fue creado, explica las modificaciones que se necesitaron para adaptarlo a las características físico-mecánicas de las especies madereras nacionales y entrega el procedimiento que se sigue en su aplicación práctica.

ABSTRACT

The system adopted in the chilean Standard NCh 1990 "Timber Allowable Stresses for Structural Timber" was conceived in Australia and defines twelve structural grades for which flexural allowable stresses, parallel compresion, parallel tensión, shearing, and flexural elasticity module are provided. The allowable stresses of an element pertaining to a determined wood species are obtained in function of the structural group to which the wood species is assigned, to the wood mosture status and the quality or structural grade which the element has been selected.

The present work, analyzes in detail the process just as is done in Australia. It explains the midifications needed to adopt it to the physical and mechanical properties to the Chillean wood species and gives the procedure to be followed for its practical application.

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

INFOR

INTRODUCCION

La finalidad del presente artículo es entregar las pautas y criterios que se siguieron para estructurar la norma chilena NCh 1990 "Madera. Tensiones Admisibles para Madera Estructural", destinada a definir tensiones admisibles de flexión, compresión paralela, tracción paralela, compresión normal, cizalle y módulo de elasticidad en flexión, para las maderas crecidas en Chile que se destinen a un uso estructural.

La determinación de las tensiones admisibles es una etapa importante del proceso para asignar tensiones de diseño a las piezas de madera que se usan en los diferentes sistemas constructivos.

Tradicionalmente se ha usado el procedimiento que implica la deducción, para cada especie, de tensiones básicas basadas en los resultados obtenidos de probetas estándares, libres de defectos y que consiste en la estimación de un valor mínimo probable, el cual se reduce con factores que consideran la duración de carga y la existencia de sobrecargas accidentales. Posteriormente se afecta la tensión básica por un coeficiente que contempla el efecto de las características reductoras de la resistencia (defectos de la madera) que se aceptan en un grado determinado. El valor resultante queda identificado como tensión admisible, el cual puede definirse como la carga por unidad de superficie que puede soportar elásticamente un elemento de madera con características reductoras (defectos) debidamente limitadas y sometido a solicitaciones de acción prolongada.

Este proceso requiere del conocimiento de las propiedades mecánicas de todas las especies madereras que se usan corrientemente en la construcción, determinadas de acuerdo a métodos confiables que proporcionen valores representativos del recurso existente en el territorio nacional.

En Chile, sólo algunas maderas cuentan con tales antecedentes, lo cual hace difícil la aplicación del proceso de determinación de tensiones admisibles mediante el uso de valores de tensiones básicas. A fin de incorporar todas las maderas que se pueden usar en estructuras, a un mecanismo común de obtención de tensiones admisibles, en Australia se ha diseñado un procedimiento que agrupa las especies madereras de acuerdo a sus propiedades resistentes (8), que define una serie de "clases estructurales", para cada una de las cuales entrega tensiones admisibles de flexión, compresión paralela y normal, cizalle y módulo de elasticidad y que son asignadas a las distintas maderas en función de los grados de calidad definidos para ellas.

Este trabajo describe el método australiano que establece tales clases estructurales; posteriormente se refiere al método elegido para la norma chilena y finalmente señala el proceso mediante el cual se asignan las tensiones admisibles a las maderas que crecen en Chile.

ANTECEDENTES GENERALES

Agrupamiento de las especies madereras

El grado de motivación para adoptar un sistema se agrupamiento de las maderas, basado en sus propiedades estructurales, varía con el número de especies que es necesario acomodar. Sin un agrupamiento, son notorios los problemas que nacen cuando se necesita publicar información para el diseño. Aun cuando en un país se cuente con datos de resistencia para un gran número de especies, no es fácil publicar la información para el diseño con una forma clara y accesible. Es en estos casos cuando el uso de las técnicas de agrupamiento facilita la presentación de los datos.

Donde el agrupamiento introduce ventajas que son de un valor particular, es en el área que regula la construcción. Además de la obvia simplificación de la presentación escrita de las

INFOR

especificaciones, el agrupamiento permite tablas de diseño que son fijas o permanentes. Esto significa que no es necesario introducir cambios cada vez que se obtienen antecedentes de resistencia para una nueva especie o en el caso de otra, que existe en el mercado, y se procede a reevaluar.

Cuando sólo una especie maderera domina el ámbito de la construcción, el agrupamiento también resulta ventajoso. Las propiedades estructurales, particularmente de las especies plantadas, pueden variar entre localidades, entre distintas edades o de acuerdo a los métodos de manejo del bosque. En este caso, el agrupamiento permite asignar la madera proveniente de poblaciones según sitio, edad, etc., a distintos grupos o agregar un nuevo conjunto de tensiones admisibles a las clases estructurales ya definidas.

En general, se puede afirmar que la técnica de agrupamiento de especies ayuda a una mejor utilización de la madera y tiene especial relevancia en el mercado de la madera estructural. En resumen, las ventajas de esta técnica son :

a) Las regulaciones de construcción están referidas sólo a un limitado conjunto de parámetros de diseño.

b) La comercialización de la madera estructural se hace más fácil debido a que queda referida en términos de propiedades estructurales y no mediante la nominación de la especie y al método de clasificación.

c) El proveedor obtiene una mayor flexibilidad en la comercialización debido a que el rango de especies disponibles es mucho mayor.

d) Se facilita la incorporación al mercado de especies poco conocidas.

e) Se simplifica la comercialización nacional e internacional de madera estructural.

f) Se facilita la transferencia tecnológica a través de normas y manuales de diseño.

g) Es más económico, en tiempo y material, ubicar una especie maderera en un grupo ya definido que al correspondiente desarrollo individual de tensiones admisibles para esa especie.

h) Es posible agrupar especies, aunque en forma conservadora, basándose sólo en la medición de sus respectivas densidades.

Método australiano para agrupar las tensiones admisibles

El primer intento para agrupar especies según los valores medios obtenidos de ensayos estándares de probetas libres de defectos se hizo en 1939 por los investigadores LANGLANDS y THOMAS (6). Posteriormente, PEARSON (1965) (7) y KLOOT (1973) (5) revisaron y extendieron dicho agrupamiento, desarrollando un conjunto de tensiones admisibles que fueron la base para el sistema de clasificación estructural actual. A partir de este conjunto de tensiones admisibles fue posible desarrollar grupos adecuados de especies clasificadas de acuerdo a su resistencia. Este proceso se contrapone al procedimiento habitual de deducir tensiones admisibles partiendo de las tensiones básicas.

COOPER (1953) (1) demostró la conveniencia de usar una serie geométrica para el establecimiento del conjunto de tensiones admisibles, lo cual fue respaldado por la International Organization for Standarization (ISO) y por la FAO. Se aceptó la serie geométrica de razón 1,25 (Serie R10) que al usar las unidades del Sistema Internacional (SI), se convierte en :

34 - 27 - 22 - 17 - 14 - 11 - 8 - 7 - 5 - 4 etc. (MPa)

Estos valores se asignan a la tensión admisible por flexión, lo cual se identifica anteponiendo la letra F. Las tensiones admisibles para las otras solicitaciones se obtienen mediante ecuaciones de regresión lineal.

Aplicando lo anterior se obtiene la Tabla 1, la cual es la base del actual sistema australiano de clasificación estructural.

INFOR

TABLA 1

CLASES ESTRUCTURALES Y TENSIONES ADMISIBLES ADOPTADAS PARA ELLAS. METODO AUSTRALIANO

Flexión* Estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)				
	Flexión	Compresión Paralela	Tracción Paralela	Cizalle	Módulo de Elasticidad en Flexión
F 34	34,5	26,0	20,7	2,45	21.500
F 27	27,5	20,5	16,5	2,05	18.500
F 22	22,0	16,5	13,2	1,70	16.000
F 17	17,0	13,0	10,2	1,45	14.000
F 14	14,0	10,2	8,4	1,25	12.500
F 11	11,0	8,4	6,6	1,05	10.500
F 8	8,6	6,6	5,2	0,86	9.100
F 7	6,9	5,2	4,1	0,72	7.900
F 5	5,5	4,1	3,3	0,62	6.900
F 4	4,3	3,3	2,6	0,52	6.100
F 3	3,4	2,6	2,1	0,43	5.200
F 2	2,8	2,1	1,7	0,36	4.500

* **La clase estructural** se define como el índice de la capacidad resistente de una pieza de madera, determinado mediante un proceso de clasificación visual o mecánico. Se identifica en la forma "F_X" que señala, para ella, una tensión admisible de flexión (F) aproximadamente X Megapascal. Además, entrega las otras tensiones admisibles necesarias para el diseño estructural.

TABLA 2

RELACION ENTRE EL AGRUPAMIENTO DE LA ESPECIE, EL GRADO ESTRUCTURAL OBTENIDO VISUALMENTE Y LA CLASE ESTRUCTURAL. ESTADO VERDE.

IDENTIFICACION VISUAL(*)		AGRUPAMIENTO DE ESPECIES						
IDENTIFICACION	Razón de Resistencia	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
		CLASE ESTRUCTURAL						
Grado Estructural N° 1	0,75	F27	F22	F17	F14	F11	F8	F7
Grado Estructural N° 2	0,60	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5
Grado Estructural N° 3	0,48	F17	F14	F11	F8	F7	F5	F4
Grado Estructural N° 4	0,38	F14	F11	F8	F7	F5	F4	F3

(*) El grado estructural queda definido mediante la limitación de las magnitudes de los defectos, de modo que cada uno de ellos no disminuya la resistencia de la pieza libre de defectos en más del porcentaje señalado por la razón de resistencia.

INFOR

La siguiente etapa del método australiano es relacionar el agrupamiento de las especies madereras (4) de acuerdo a sus propiedades mecánicas, la calidad estructural o grado estructural determinado visualmente y la clase estructural (F_x) definida en Tabla 1. Estas relaciones se señalan en la Tabla 2 para madera en estado verde y en la Tabla 3 para madera en estado seco (H = 12%).

TABLA 3

RELACION ENTRE EL AGRUPAMIENTO DE LA ESPECIE, EL GRADO ESTRUCTURAL OBTENIDO VISUALMENTE Y LA CLASE ESTRUCTURAL. ESTADO SECO (H = 12%)

IDENTIFICACION VISUAL (*)		AGRUPAMIENTO DE ESPECIES							
IDENTIFICACION	Razón de Resistencia	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6	SD7	SD8
		CLASE ESTRUCTURAL							
Grado Estructural Nº 1	0,75		F34	F27	F22	F17	F14	F11	F8
Grado Estructural Nº 2	0,60	F34	F27	F22	F17	F14	F11	F8	F7
Grado Estructural Nº 3	0,48	F27	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5
Grado Estructural Nº 4	0,38	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5	F4

(*) El grado estructural queda definido mediante la limitación de las magnitudes de los defectos, de modo que cada uno de ellos no disminuya la resistencia de la pieza libre de defectos en más del porcentaje señalado por la razón de resistencia.

TABLA 4

TENSION ADMISIBLE PARA COMPRESION NORMAL A LAS FIBRAS

AGRUPAMIENTO PARA MADERA EN ESTADO		TENSION ADMISIBLE PARA COMPRESION NORMAL (MPa)
Verde	Seco (H = 12%)	
	SD1	10,4
	SD2	9,0
	SD3	7,8
S1	SD4	6,6
S2	SD5	5,2
S3	SD6	4,1
S4	SD7	3,3
S5	SD8	2,6
S6		2,1
S7		1,7

Una vez fijada la clase estructural para una determinada madera, se procede a la asignación de las tensiones admisibles mediante los valores que para esa clase estructural entrega la Tabla 1.

El valor de tensión admisible de compresión normal se obtiene de la Tabla 4, la cual sólo depende del grupo de la especie maderera.

Tensiones Admisibles para las maderas nacionales según procedimiento australiano

Al aplicar el método australiano a las maderas crecidas en Chile se obtienen los resultados señalados en la Tabla 5 para el estado verde y en la Tabla 6 para el estado seco (H = 12%).

TABLA 5

TENSIONES ADMISIBLES QUE LES CORRESPONDEN A LAS MADERAS CRECIDAS EN CHILE, SEGUN METODO AUSTRALIANO. ESTADO VERDE.

GRUPO ESTRUCTURAL	ESPECIE MADERERA	TENSIONES ADMISIBLES (*) SEGUN GRADO ESTRUCTURAL APLICADO A CADA GRUPO			
		Grado Estr. Nº 1 (RR = 0,75)	Grado Estr. Nº 2 (RR = 0,60)	Grado Estr. Nº 3 (RR = 0,48)	Grado Estr. Nº 4 (RR = 0,38)
S 3	EUCALIPTO	F17	F14	F11	F8
S 4	ULMO	F14	F11	F8	F7
S 5	COIGÜE COIGÜE (Chiloé) COIGÜE (Magallanes) RAULI ROBLE	F11	F8	F7	F5
S 6	ARAUCARIA CANELO LENGA LINGUE MAÑIO MACHO OLIVILLO ROBLE (Maule) TEPA	F8	F7	F5	F4
S 7	ALERCE CIPRES CORDILLERA CIPRES GUAITECAS LAUREL PINO OREGON	F7	F5	F4	F3
S 8	ALAMO PINO RADIATA	F5	F4	F3	F2

(*) Los valores de las tensiones admisibles se pueden obtener de Tabla 1.

INFOR

TABLA 6

TENSIONES ADMISIBLES QUE LES CORRESPONDERIAN A LAS MADERAS CRECIDAS EN CHILE, SEGUN METODO AUSTRALIANO. ESTADO SECO (H = 12%)

GRUPO ESTRUCTURAL	ESPECIE MADERERA	TENSIONES ADMISIBLES (*) SEGUN GRADO ESTRUCTURAL APLICADO A CADA GRUPO			
		Grado Estr. Nº 1 (RR = 0,75)	Grado Estr. Nº 2 (RR = 0,60)	Grado Estr. Nº 3 (RR = 0,48)	Grado Estr. Nº 4 (RR = 0,38)
SD3	EUCALIPTO	F27	F22	F17	F14
SD5	COIGÜE COIGÜE (Chiloé) LINGÜE ROBLE TINEO ULMO	F17	F14	F11	F8
SD6	ARAUCARIA CANELO COIGÜE (Magallanes) LAUREL LENGA MAÑIO HOJAS LARGAS OLIVILLO RAULI ROBLE (Maule) TEPA PINO OREGON	F14	F11	F8	F7
SD7	ALERCE CANELO (Chiloé) CIPRES CORDILLERA MAÑIO MACHO PINO RADIATA	F11	F8	F7	F5
SD8	CIPRES GUAITECAS MAÑIO HEMBRA ALAMO	F8	F7	F5	F4

(*) Los valores de las tensiones admisibles se pueden obtener de Tabla 1.

A fin de establecer la aplicabilidad del método australiano a las maderas que crecen en Chile se determinaron las tensiones admisibles de cuatro especies crecidas en el país, dos nativas y dos introducidas, mediante el método australiano (Método A) y el tradicional que contempla el uso de la tensión básica calculada en base a la resistencia al límite de exclusión del 5% y de los factores de ajuste señalados en la Tabla 7 (Método B).

Las expresiones generales en el Método B fueron las siguientes :

$$T.B = \frac{R_K}{n} = \frac{\bar{R}\ 1{,}645\ S_R}{n}$$

Para: flexión, compresión paralela, tracción paralela y cizalle.

$$T.B = \frac{\overline{R}}{n}$$

Para: compresión normal y módulo de elasticidad en flexión.

en que:

T.B. = tensión básica

R_K = resistencia característica, calculada en base al límite de exclusión del 5%.

$\overline{R}$ = resistencia media

n = factores de ajuste a ser aplicados a las propiedades obtenidas en madera libre de defectos y cuyos valores son los incluidos en Tabla 7.

TABLA 7

FACTORES DE AJUSTE (n)

PROPIEDAD	CONIFERAS	LATIFOLIADAS
– Flexión	2,1	2,3
– Módulo de elasticidad	0,94	0,94
– Tracción paralela	2,1	2,3
– Compresión paralela	1,9	2,1
– Cizalle	4,1	4,5
– Tensión en el límite de proporcionalidad en compresión normal	1,5	1,5

Los valores obtenidos por ambos métodos se entregan en la Tabla 8 para el estado verde y Tabla 9 para el estado seco (H = 12%).

Discusión de las tensiones admisibles resultantes para las maderas nacionales originadas del uso directo del método australiano

De la simple observación de los valores de tensiones admisibles encontradas por el método australiano (Método A) y por el tradicional (Método B) se observa que:

a) En general, las tensiones admisibles derivadas de la aplicación del Método A son menores que aquellas que entrega el Método B. La excepción ocurre con la tensión admisible de compresión paralela y el módulo de elasticidad en flexión (E_f).

b) Los valores deducidos por ambos métodos son semejantes, con excepción del módulo de elasticidad (E_f).

c) Los E_f que se deducen con el Método A (australiano) varían con el grado estructural y aquellos obtenidos con el Método B (tradicional) son constantes.

Este desajuste del módulo de elasticidad en flexión se discutió en profundidad en el artículo "Agrupamiento de Especies Madereras que Crecen en Chile según sus Propiedades

INFOR

TABLA 8

COMPARACION ENTRE LAS TENSIONES ADMISIBLES DETERMINADAS SEGUN EL METODO AUSTRALIANO (METODO A) Y EL TRADICIONAL (METODO B). ESTADO VERDE

ESPECIE		TENSIO-	GRADO 1		GRADO 2		GRADO 3		GRADO 4	
	GRUPO SEGUN	NES	(RR = 0,75)		(RR = 0,60)		(RR = 0,48)		(RR = 0,38)	
NOMBRE	MET. AUSTR.	MPa	Met.A	Met. B	Met. A	Met.B	Met.A	Met.B	Met.A	Met.B
Coigüe	S 5	σ_f,ad	11,0	15,2	8,6	12,2	6,9	9,7	5,5	7,7
		σ_{cp},ad	8,4	7,7	6,6	6,1	5,2	4,9	4,1	3,9
		σ_{tp},ad	6,6	9,1	5,2	7,3	4,1	5,8	3,3	4,6
		σ_{cz},ad	1,05	1,12	0,86	0,90	0,72	0,72	0,62	0,57
		E_f	10.500	8.693	9.100	8.693	7.900	8.693	6.900	8.693
Tepa	S 6	σ_f,ad	8,6	14,8	6,9	11,8	5,5	9,4	4,3	7,5
		σ_{cp},ad	6,6	6,4	5,2	5,1	4,1	4,1	3,3	3,2
		σ_{tp},ad	5,2	8,9	4,1	7,1	3,3	5,6	2,6	4,5
		σ_{cz},ad	0,86	1,12	0,72	0,90	0,62	0,72	0,52	0,57
		E_f	9.100	8.609	7.900	8.609	6.900	8.609	6.100	8.609
Pino Radiata	S 8	σ_f,ad	5,5	10,9	4,3	8,7	3,4	7,0	2,8	5,5
		σ_{cp},ad	4,1	4,1	3,3	3,2	2,6	2,6	2,1	2,1
		σ_{tp},ad	3,3	6,6	2,6	5,2	2,1	4,2	1,7	3,3
		σ_{cz},ad	0,62	0,87	0,52	0,69	0,43	0,55	0,36	0,44
		E_f	6.900	6.833	6.100	6.833	5.200	6.833	4.500	6.833
Eucalipto	S 3	σ_f,ad	17,0	22,0	14,0	17,6	11,0	14,1	8,6	11,2
		σ_{cp},ad	13,0	12,1	10,2	9,7	8,4	7,8	6,6	6,1
		σ_{tp},ad	10,2	13,2	8,4	10,6	6,6	8,5	5,2	6,7
		σ_{cz},ad	1,45	1,60	1,25	1,28	1,05	1,03	0,82	0,81
		E_f	14.000	13.218	12.500	13.218	10.500	13.218	9.100	13.218

Mecánicas". Lo anterior establece la conveniencia de corregir las clases estructurales (Tabla 1) entregadas por el método australiano, a fin de adaptarlas a las características resistentes de las maderas que crecen en Chile.

CORRECCION DE LAS CLASES ESTRUCTURALES

- Al igual que el procedimiento australiano, se establecieron 12 clases estructurales, de modo que a cada clase le corresponda un valor de tensión admisible para las solicitaciones de flexión, compresión paralela, tracción paralela, cizalle y módulo de elasticidad.
- Se escogió la serie geométrica del método australiano para la tensión admisible en flexión y las clases estructurales se designaron en forma similar. Los valores de la serie, en MPa, fueron:

34,5 - 27,5 - 22,0 - 17,0 - 14,0 - 11,0 - 8,6 - 6,9 - 5,5 - 4,3 - 3,4 y 2,8.

INFOR

TABLA 9

COMPARACION ENTRE LAS TENSIONES ADMISIBLES DETERMINADAS SEGUN EL METODO AUSTRALIANO (METODO A) Y EL TRADICIONAL (METODO B). ESTADO SECO.

ESPECIE		TENSIO-	GRADO 1		GRADO 2		GRADO 3		GRADO 4	
	GRUPO SEGUN	NES	(RR = 0,75)		(RR = 0,60)		(RR = 0,48)		(RR = 0,38)	
NOMBRE	MET. AUSTR.	MPa	Met.A	Met. B	Met. A	Met.B	Met.A	Met.B	Met.A	Met.B
Coigüe	SD 5	σ_f,ad	17,0	19,2	14,0	15,4	11,0	12,3	8,6	9,7
		σ_{cp},ad	13,0	13,8	10,2	11,1	8,4	8,8	6,6	7,0
		σ_{tp},ad	10,2	11,5	8,4	9,2	6,6	7,4	6,2	5,8
		σ_{cz},ad	1,45	1,64	1,25	1,31	1,05	1,05	0,86	0,83
		E_f	14.000	11.001	12.500	11.001	10.500	11.001	9.100	11.001
Tepa	SD 6	σ_f,ad	14,0	19,4	11,0	15,5	8,6	12,4	6,9	9,8
		σ_{cp},ad	10,2	12,2	8,4	9,8	6,6	7,8	5,2	6,2
		σ_{tp},ad	8,4	11,7	6,6	9,3	5,2	7,5	4,1	5,9
		σ_{cz},ad	1,25	1,25	1,05	1,00	0,82	0,80	0,72	0,63
		E_f	12.500	10.226	10.500	10.226	9.100	10.226	7.900	10.226
Pino Radiata	SD 7	σ_f,ad	11,0	18,0	8,6	14,4	6,9	11,5	5,5	9,1
		σ_{cp},ad	8,4	10,4	6,6	8,3	5,2	6,6	4,1	5,3
		σ_{tp},ad	6,6	10,8	5,2	8,6	4,1	6,9	3,3	5,5
		σ_{cz},ad	1,05	0,99	0,82	0,79	0,72	0,63	0,62	0,50
		E_f	10.500	8.888	9.100	8.888	7.900	8.888	6.900	8.888
Eucalipto	SD 3	σ_f,ad	27,5	30,7	22,0	24,6	17,0	19,6	14,0	15,6
		σ_{cp},ad	20,5	18,8	16,5	15,1	13,0	12,0	10,2	9,5
		σ_{tp},ad	16,5	18,4	13,2	14,7	10,2	11,8	8,4	9,3
		σ_{cz},ad	2,05	2,13	1,70	1,71	1,45	1,37	1,25	1,08
		E_f	18.500	17.423	16.000	17.423	14.000	17.423	12.500	17.423

Las clases estructurales se designaron anteponiendo la letra "F" a cada una de las tensiones admisibles señaladas, ajustadas al entero, con lo cual los doce grados quedaron así:

F34 - F27 - F22 - F17 - F14 - F11 - F8 - F5 - F7 - F5 - F4 - F3 y F2.

La identificación señala:

- Que se trata de clases estructurales
- Que cada clase involucra y proporciona tensiones admisibles para las solicitaciones de flexión, comprensión paralela, cizalle y módulo de elasticidad en flexión.
- Que la identificación está dada por la tensión admisible de flexión (F) y que el valor de esta tensión, aproximadamente, el señalado por los dígitos que siguen a la F, en MPa. Así, F8 señala que la clase estructural tiene, aproximadamente, una tensión admisible de flexión igual a 8 MPa.

INFOR

- El resto de las tensiones admisibles que proporciona la clase estructural son las que entrega el método australiano, con excepción del módulo de elasticidad en flexión E_f. Las tensiones admisibles de comprensión paralela, tracción paralela y cizalle se han deducido, en Australia, a través de relaciones conocidas y ecuaciones de regresión lineal entre cada una de ellas y la tensión admisible flexión.
- El módulo de elasticidad en flexión (E_f) se obtuvo mediante la aplicación de las ecuaciones de regresión lineal encontradas para las maderas que crecen en Chile, con los antecedentes obtenidos en los ensayos realizados en diferentes laboratorios nacionales de investigación.

RESULTADOS

El resultado de la corrección o ajuste descrito anteriormente se presenta en la Tabla 10, en la cual se incluyen las doce clases estructurales aceptadas por las norma chilena NCh 1990 y sus correspondientes tensiones admisibles.

TABLA 10

CLASES ESTRUCTURALES DEFINIDAS EN NCh 1990.

Flexión Estructural	TENSIONES ADMISIBLES (MPa)				
	Flexión	Compresión Paralela	Tracción Paralela	Cizalle	Módulo de Elasticidad en Flexión
F 34	34,5	26,0	27,5	2,45	18.150
F 27	27,5	20,5	22,0	2,05	15.000
F 22	22,0	16,5	17,0	1,70	12.600
F 17	17,0	13,0	14,0	1,45	10.600
F 14	14,0	10,5	11,0	1,25	9.100
F 11	11,0	8,3	8,6	1,05	7.900
F 8	8,6	6,6	6,9	0,86	6.900
F 7	6,9	5,2	5,5	0,72	6.100
F 5	5,5	4,1	4,3	0,62	5.500
F 4	4,3	3,3	3,4	0,52	5.000
F 3	3,4	2,6	2,8	0,43	4.600
F 2	2,8	2,1	2,2	0,36	4.350

Aplicando el agrupamiento dado por la norma NCh 1989 (señalado en la Tabla 11) y los grados estructurales especificados para las especies latifoliadas (NCh 1970/1) y para las coníferas (NCh 1970/2) se obtienen las relaciones señaladas, en Tabla 12 para el estado verde y en Tabla 13 para el estado seco (H = 12%).

Las tensiones admisibles de compresión normal se terminan con la Tabla 14.

Las tensiones admisibles determinadas por el método normalizado por NCh 1990 (Método C), es decir, el obtenido al ajustar el método australiano, se aplicó a las especies madereras: Coigüe, Tepa, Pino Radiata y Eucalipto, y se comparó con el método tradicional (identificado como Método B en Tablas 8 y 9). Los resultados de esta comparación se entregan en Tabla 15 para el estado verde y en la Tabla 16 para el estado seco (H = 12%).

TABLA 11

AGRUPAMIENTO DADO POR LA NORMA NCh 1989.

ESTADO VERDE		ESTADO SECO	
ESPECIE	**GRUPO**	**ESPECIE**	**GRUPO**
EUCALIPTO	E 4	EUCALIPTO	ES 2
ULMO	E 3	LINGUE	ES 3
ARAUCARIA COIGÜE COIGÜE (Chiloé) COIGÜE (Magallanes) RAULI ROBLE ROBLE (Maule) TINEO	E 4	ARAUCARIA COIGÜE COIGÜE (Chiloé) LAUREL LENGA MAÑIO HOJAS LARGAS ROBLE ROBLE (Maule) TINEO ULMO	ES 4
ALERCE CANELO (Chiloé) LENGA LINGUE OLIVILLO TEPA MAÑIO MACHO PINO OREGON CIPRES (de la Cordillera) LAUREL CIPRES (De las Guaitecas)	E 5	ALERCE CANELO CANELO (Chiloé) CIPRES (De la Cordillera) COIGÜE (Magallanes) MAÑIO MACHO OLIVILLO RAULI TEPA PINO RADIATA PINO OREGON	ES 5
ALAMO PINO RADIATA	E 6	CIPRES (De las Guaitecas) MAÑIO HEMBRA ALAMO	ES 6

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La determinación de las tensiones admisibles realizada con el método tradicional ha sido severamente criticada en la última década por investigadores de experiencia de países desarrollados. Uno de los típicos puntos en discusión es que él acepta un módulo de elasticidad constante para cualquier grado de calidad. El método australiano, y por ende, el normalizado, corrige esta situación, asignando diferentes valores de Ef a los distintos grados estructurales.

Respecto a las otras tensiones admisibles se observa una similitud aceptable entre los valores obtenidos por ambos métodos, resultando, en general, más conservadores los obtenidos por el método tradicional.

INFOR

TABLA 12

RELACION ENTRE EL AGRUPAMIENTO DE LA ESPECIE, EL GRADO ESTRUCTURAL OBTENIDO VISUALMENTE Y LA CLASE ESTRUCTURAL. ESTADO VERDE.

IDENTIFICACION VISUAL(*)		AGRUPAMIENTO DE ESPECIES **						
IDENTIFICACION	Razón de Resistencia	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
		CLASE ESTRUCTURAL***						
Grado Estructural Nº 1	0,75	F27	F22	F17	F14	F11	F8	F7
Grado Estructural Nº 2	0,60	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5
Grado Estructural Nº 3	0,48	F17	F14	F11	F8	F7	F5	F4
Grado Estructural Nº 4	0,38	F14	F11	F8	F7	F5	F4	F3

* Especificados en NCh 1970/1 (latifoliadas) y NCh 1970/2 (coníferas)
** Según NCh 1989 (ver Tabla 11)
*** Según Nch 1990 (ver Tabla 10)

TABLA 13

RELACION ENTRE EL AGRUPAMIENTO DE LA ESPECIE, EL GRADO ESTRUCTURAL OBTENIDO VISUALMENTE Y LA CLASE ESTRUCTURAL. ESTADO SECO (H = 12%).

IDENTIFICACION VISUAL(*)		AGRUPAMIENTO DE ESPECIES **						
IDENTIFICACION	Razón de Resistencia	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7
		CLASE ESTRUCTURAL***						
Grado Estructural Nº 1	0,75		F34	F27	F22	F17	F14	F11
Grado Estructural Nº 2	0,60	F34	F27	F22	F17	F14	F11	F8
Grado Estructural Nº 3	0,48	F27	F22	F17	F14	F11	F7	F7
Grado Estructural Nº 4	0,38	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5

* Especificados en NCh 1970/1 (latifoliadas) y NCh 1970/2 (coníferas)
** Según NCh 1987 (ver Tabla 11)
*** Según Nch 1990 (ver Tabla 10)

El procedimiento normalizado permite asignar tensiones admisibles en forma aproximada y provisoria a maderas para las cuales se cuenta con poca información confiable, lo cual es el caso de numerosas especies madereras que crecen en el país.

El ensayo de piezas de madera a escala real permitirá deducir tensiones admisibles más exactas y reales con métodos que son ampliamente usados en países tecnológicamente desarrollados.

INFOR

En Chile, este proceso ya se ha iniciado con el Pino Radiata, a través de CORMA y de la FUNDACION CHILE. Con estos métodos modernos es posible incorporar los resultados

TABLA 14

TENSION ADMISIBLE DE COMPRESION NORMAL

AGRUPAMIENTO PARA MADERA EN ESTADO		TENSION ADMISIBLE PARA COMPRESION
Verde	**Seco (H = 12%)**	**NORMAL (MPa)**
	ES 1	9,0
	ES 2	7,4
	ES 3	6,1
E 1	ES 4	5,0
E 2	ES 5	4,1
E 3	ES 6	3,4
E 4	ES 7	2,8
E 5		2,3
E 6		1,9
E 7		1,6

obtenidos a una de las clases estructurales definidas en la Tabla 10, en función de la tensión admisible de flexión y del módulo de elasticidad. Para las solicitaciones de comprensión y tracción paralela, cizalle y comprensión normal se podrán adoptar los valores de tensiones admisibles dados por la norma NCh 1990 para la clase estructural seleccionada, si no se cuentan con las relaciones y regresiones entre estas resistencias y las obtenidas del ensayo de flexión.

CONCLUSIONES

a) Las tensiones admisibles constituyen una etapa importante en el proceso de diseño estructural de las construcciones en madera.
b) El procedimiento adoptado en Chile por la norma NCh 1990 "Madera. Tensiones Admisibles para Madera Estructural" está basado en el criterio australiano, el que se ajustó para considerar las características mecánicas de las maderas crecidas en el país.
c) El procedimiento adoptado contempla doce clases estructurales (ver Tabla 10), a las cuales se puede asignar una especie maderera según su grupo estructural, definido éste en las normas NCh 1970/1 y NCh 1970/2.
d) Cada clase estructural incluye los valores de tensiones admisibles de flexión, compren-

INFOR

sión paralela, tracción paralela, cizalle y módulo de elasticidad. La tensión admisible de comprensión normal a las fibras se determina sólo en función del grupo estructural de la madera y de su estado de humedad (verde o seca).

e) Las pautas y criterios analizados en este trabajo constituyeron los antecedentes que se tuvieron en cuenta para estructurar la norma chilena NCh 1990, aprobada en 1986.

f) La aplicación del método normalizado a cuatro especies madereras crecidas en el país (Coigüe, Tepa, Pino Radiata y Eucalipto) se presenta en las Tablas 15 para el estado verde y en Tabla 16 para el estado seco, bajo el encabezamiento "Método C".

TABLA 15

COMPARACION ENTRE LAS TENSIONES ADMISIBLES DETERMINADAS SEGUN EL METODO TRADICIONAL (METODO B) Y EL NORMALIZADO (METODO C). ESTADO VERDE.

ESPECIE		TENSIONES	GRADO 1		GRADO 2		GRADO 3		GRADO 4	
	GRUPO SEGUN		(RR = 0,75)		(RR = 0,60)		(RR = 0,48)		(RR = 0,38)	
NOMBRE	MET. AUSTR.	MPa	Met.A	Met. B	Met. A	Met.B	Met.A	Met.B	Met.A	Met.B
Coigüe	E 4	σ_f.ad	15,2	14,0	12,2	11,0	9,7	8,6	7,7	6,9
		σ_{cp}.ad	7,7	10,5	6,1	8,3	4,9	6,6	3,9	5,2
		σ_{tp}.ad	9,1	11,0	7,3	8,6	5,8	6,9	4,6	5,5
		σ_{cz}.ad	1,12	1,25	0,90	1,05	0,72	0,86	0,57	0,72
		E_f	8 693	9.100	8.693	7.900	8.693	6.900	8.693	6.100
Tepa	E 5	σ_f.ad	14,8	11,0	11,8	8,6	9,4	6,9	7,5	5,5
		σ_{cp}.ad	6,4	8,3	5,1	6,6	4,1	5,2	3,2	4,1
		σ_{tp}.ad	8,9	8,6	7,1	6,9	5,6	5,5	4,5	4,3
		σ_{cz}.ad	1,12	1,05	0,90	0,86	0,72	0,72	0,57	0,62
		E_f	8.609	7.900	8.609	6.900	8.609	6.100	8.609	5.500
Pino Radiata	E 6	σ_f.ad	10,9	8,6	8,7	6,9	7,0	5,5	5,5	4,3
		σ_{cp}.ad	4,1	6,6	3,2	5,2	2,6	4,1	2,1	3,3
		σ_{tp}.ad	6,6	6,9	5,2	5,5	4,2	4,3	3,3	3,4
		σ_{cz}.ad	0,87	0,86	0,69	0,72	0,55	0,62	0,44	0,5
		E_f	6.833	6.900	6.833	6.100	6.833	5.500	6.833	5.000
Eucalipto	E 2	σ_f.ad	22,0	22,0	17,6	17,0	14,1	14,0	11,2	11,0
		σ_{cp}.ad	12,1	16,5	9,7	13,0	7,8	10,5	6,1	8,3
		σ_{tp}.ad	13,2	17,0	10,6	14,0	8,5	11,0	6,7	8,6
		σ_{cz}.ad	1,60	1,70	1,28	1,45	1,03	1,25	0,81	1,05
		E_f	13.218	12.600	13.218	10.600	13.218	9.100	13.218	7.900

INFOR

TABLA 16

COMPARACION ENTRE LAS TENSIONES ADMISIBLES DETERMINADAS SEGUN EL METODO TRADICIONAL (METODO B) Y EL NORMALIZADO (METODO C). ESTADO SECO (H = 12%).

ESPECIE		TENSIONES	GRADO 1		GRADO 2		GRADO 3		GRADO 4	
	GRUPO SEGUN		(RR = 0,75)		(RR = 0,60)		(RR = 0,48)		(RR = 0,38)	
NOMBRE	MET. AUSTR.	MPa	Met.A	Met. B	Met. A	Met.B	Met.A	Met.B	Met.A	Met.B
Coigüe	ES 4	σ_f.ad	19,2	22,0	15,4	17,0	12,3	14,0	9,7	11,0
		σ_{cp}.ad	13,8	16,5	11,1	13,0	8,8	10,5	7,0	8,3
		σ_{tp}.ad	11,5	17,0	9,2	14,0	7,4	11,0	5,8	8,6
		σ_{cz}.ad	1,64	1,70	1,31	1,45	1,05	1,25	0,83	1,05
		E_f	11.001	12.600	11.001	10.600	11.001	9.100	11.001	7.900
Tepa	ES 5	σ_f.ad	19,4	17,0	15,5	14,00	12,4	11,0	9,8	8,6
		σ_{cp}.ad	12,2	13,0	9,8	10,5	7,8	8,3	6,2	6,6
		σ_{tp}.ad	11,7	14,0	9,3	11,0	7,5	8,6	5,9	6,9
		σ_{cz}.ad	1,25	1,45	1,00	1,25	0,80	1,05	0,63	0,86
		E_f	10.226	10.600	10.226	9.100	10.226	7.900	10.226	6.900
Pino Radiata	ES 6	σ_f.ad	18,0	17,0	14,4	14,0	11,5	11,0	9,1	8,6
		σ_{cp}.ad	10,4	13,0	8,3	10,5	6,6	8,3	5,3	6,6
		σ_{tp}.ad	10,8	14,0	8,6	11,0	6,9	8,6	5,5	6,9
		σ_{cz}.ad	0,99	1,45	0,79	1,25	0,63	1,05	0,50	0,86
		E_f	8.888	10.600	8.888	9.100	8.888	7.900	8.888	6.900
Eucalipto	ES 2	σ_f.ad	30,7	34,5	24,6	27,5	19,6	22,0	15,6	17,0
		σ_{cp}.ad	18,8	26,0	15,1	20,5	12,0	16,5	9,5	13,0
		σ_{tp}.ad	18,4	27,5	14,7	22,0	11,8	17,0	9,3	14,0
		σ_{cz}.ad	2,13	2,45	1,71	2,05	1,37	1,70	1,08	1,45
		E_f	17.423	18.150	17.423	15.000	17.423	12.600	17.423	10.600

INFOR

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. COOPER, K.L. (1953). Preferred Stress Grades for Structural Timber. Sust. J. Appl. Sci. 4:77-83.
2. INN. NCh 1989. 1986. Agrupamiento de Especies Madereras según su Resistencia - Procedimiento. INN. Santiago, Chile. 12 p.
3. INN, NCh 1990. 1986. Madera. Tensiones Admisibles para Madera Estructural. INN. Santiago, Chile. 7 p.
4. KEATING, W.G. (1982). Revieew of Timber Strength Grouping Systems. UNIDO. Meeting on Timber Stress Grading and Sttrength Grouping, Viena, Austria, December. UNIDO Document ID/WG 359/4.
5. KLOOT, N.H. (1973). The Strength group and Strees grade Systems. CSIRO Sust. For. Prod. Newsl. N° 394. Sept-Oct., pp. 1-12.
6. LANGLANDS, I., and Thomas, A.J. (1939). Handbook of Structural Timber Design. CSIRO, Aust. Div. of For. Prod. Technical Paper N° 32.
7. PEARSON, R.G. (1965). The establishment of working Stresses for groups of species, CSIRO Sust., Div. For. Prod. Technol. Paper N° 35.
8. PEREZ, G. VICENTE (1987). Agrupamiento de Especies Madereras que Crecen en Chile según sus propiedades Mecánicas, INFOR Chile, Ciencia e Investigación Forestal - Vol 1, N° 1, Abril, pp. 89-103.

INFOR

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DE POSTES DE PINO RADIATA

Alberto Campos Barker (*)

RESUMEN

En diferentes países del mundo se hace uso, desde tiempo atrás, de los postes de madera, ya sea en la construcción o en tendidos eléctricos, de teléfonos, etc. En Chile últimamente se ha manifestado un aumento en el uso de los postes y las empresas forestales se han visto atraídas por el mercado de este producto, tanto para uso interno como para el exterior.

De acuerdo a lo anterior y habiéndose notado la ausencia de una norma que clasifique los postes, se propone en este artículo una metodología para determinar la resistencia de postes de Pino Radiata.

La base de este estudio son las normas de la American National Standard ANSI 05.1-1979 y la ASTM D 1036-83, aplicada a especies coníferas de características similares al Pino Radiata.

ABSTRACT

Wood poles have been long used in different countries in the world, either for building or electric, telephone lines, etc. Lately in Chile, an increasingly utilization for poles has been noted and the forestry companies have been attracted by the market for this product, both for domestic and overseas use.

According to the previously mentioned and due to the lack of a Standard to grade poles, in this study, a method to determine the radiata pine poles strength is proposed in order to have a grade for this species grown in Chile.

The Data basis for this study is the American Standard ANSI 05.1-1979 and ASTM D 103 - 83 applied to softwood species of features similar to those of Radiata pine.

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

INFOR

INTRODUCCION

Investigaciones recientes señalan que la disponibilidad proveniente de las plantaciones de Pino Radiata se duplicarán el año 2000 y se triplicarán el año 2015. De acuerdo a esto, corresponde planificar la explotación y la comercialización de los productos de la madera, de forma de evitar un exceso de oferta en un solo producto. Hasta el momento la mayoría de la producción de Pino Radiata se aserra y se comercializa como tal. Sin embargo, se está desarrollando en forma creciente la comercialización de poste de Pino Radiata impregnado a vacío y presión con preservantes hidrosolubles, evitando el proceso de aserrío y ampliando el mercado para sus productos.

El poste de madera tiene considerables ventajas sobre otros materiales y como consecuencia una gran cantidad de ellos son utilizados como elementos de soporte de líneas eléctricas, de teléfono y en la construcción, actuando generalmente como pilares y eventualmente como vigas. Entre las razones de esta preferencia se incluyen su rápida disponibilidad, bajo costo, alta resistencia, gran durabilidad al ser impregnados a vacío y presión, etc.

Las amplias posibilidades de mercado que este producto ofrece han llevado a los empresarios del sector a implementar la producción y venta de postes impregnados, ya sea para satisfacer las necesidades del mercado nacional o en un futuro, que se espera sea próximo, comenzar la exportación de este producto.

Todo lo anterior y especialmente la exportación, requiere de un conocimiento estadísticamente confiable que indique la resistencia del poste de Pino Radiata, a fin de optimizar el uso del recurso y de exportarlo avalado por resistencias determinadas en ensayos aceptados por normas internacionales. Chile carece hasta la fecha de una norma que regule este tipo de ensayos, conforme a esto se ha adoptado la filosofía de la norma ASTM D 1036-83 "Static Test of Wood Poles", la cual explica el método de ensayo de postes, permitiendo así una clasificación efectiva y real para el Pino Radiata chileno.

Paralelo a lo anterior, la American National Standard (ANSI 05.1-1979), "Specifications and Dimensions for Wood Poles", entrega las especificaciones para distintos tipos de postes de especies crecidas en Norteamérica; estas especificaciones definen un determinado número de clases para postes, que son las que en definitiva identifican la resistencia mecánica esperada de él.

En base principalmente a estas dos últimas normas, se presenta el método de ensayo para postes de Pino Radiata. El procesamiento de la información obtenida al someter a ensayo un determinado número de postes, entregará la confiabilidad necesaria para definir las clases para los postes de Pino Radiata crecido en Chile.

PROCEDIMIENTO

Especificaciones para los postes

Para que un poste de Pino Radiata cumpla una función estructural, ya sea como elemento de construcción o trabajando como poste en tendidos eléctricos o de teléfono, debe existir una especificación detallada de tal forma que elimine los defectos que afecten considerablemente la resistencia del poste, de manera de asegurar que éste cumpla en forma adecuada y segura con los fines para los cuales se diseñó. Consecuente con esto, se entrega una especificación para la selección de postes con la finalidad de eliminar aquellos que no se encuentren aptos para un adecuado desempeño estructural.

INFOR

Las siguientes son las especificaciones para una selección adecuada de postes.

Defectos no aceptados

a) Grietas internas (producto de tendiones internas)
b) Pudrición
c) Pica muerta (destrucción de células de la corteza y de la madera en una zona que se identifica por su descolorido)
d) Agujeros
e) Corazón hueco (duramen podrido)
f) Clavos, perno y otros metales.

Defectos permitidos

a) Médula hueca
b) Mancha biológica
c) Marcas (señales o depresiones producidas por clavos, sierras, hachas, barrenos, desprendimiento de ramas, etc.)

Defectos limitados

a) Cavidad con corteza. No debe tener una profundidad superior a 5 cm, medida desde la superficie del poste.
b) Madera de reacción. El anillo externo de 2,5 cm de espesor del poste debe estar libre de los efectos de la madera de reacción, detectados éstos en las cabezas del poste.
c) Nudos. El diámetro de cualquier nudo individual y la suma de los diámetros de nudos presentes en longitudes de poste iguales a 30 cm, definidas previamente sobre él, no deben sobrepasar los valores de la Tabla 1.

TABLA 1

NUDOS. DIMENSIONES MAXIMAS ADMISIBLES

CARACTERISTACA DEL POSTE		DIAMETRO MAXIMO ADMISIBLE (mm)	
LONGITUD	UBICACION	Nudos Individuales	Suma de diámetros de todos los nudos mayores de 12 mm en longitudes de 30 cm de poste
Menor de 13,5 m	Mitad Inf. de la longitud	51	203
	Mitad Sup. de la longitud	102	203

d) Marcas. No se aceptan marcas que estén localizas en la zona de Línea de Tierra comprendida entre 5 cm sobre y bajo ella.
e) Acebolladuras.
- Se aceptan en el extremo inferior del poste, cuando estén a una distancia superior a 5 cm de su superficie, siempre que ellas no se extiendan más allá de la Línea de Tierra.

INFOR

– Se aceptan en el extremo inferior del poste a menos de 5 cm de su superficie siempre que:

– No tengan una extensión mayor de 60 cm medida del extremo inferior del poste.

– No tengan una abertura mayor de 3 mm.

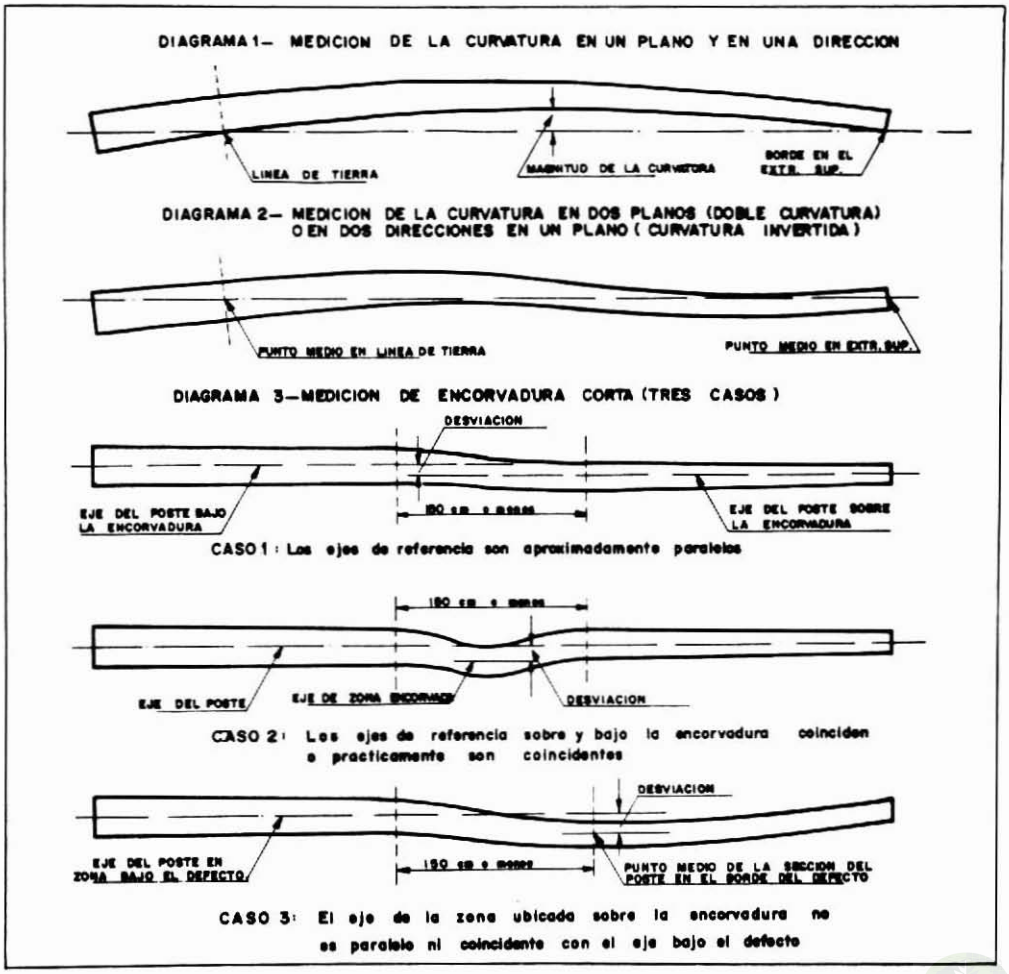
– Se aceptan en el extremo superior del poste con tal que dicho poste sea sometido a un proceso de preservación en toda su longitud y que el diámetro de la acebolladura no supere la midad del diámetro del extremo superior del poste.

f) Alabeos. Se aceptan curvaturas con las siguientes limitaciones.

– Cuando la curvatura está en un plano y sólo tiene una dirección (ver Figura 1. Diagrama 1).

FIGURA 1

ALABEOS EN LOS POSTES



Magnitud máxima admisible < 2,5 cm por cada 3 m de longitud.

– Cuando la curvatura está en dos planos (doble curvatura), o en dos direcciones en un mismo plano (curvatura invertida).

La línea que une el punto medio, en la Línea de Tierra, con el punto medio en el extremo superior, no debe presentar puntos fuera de la superficie del poste. (Ver Figura 1. Diagrama 2).

– No se acepta encorvatura corta. (Ver Fig. 1. Diagrama 3).

g) Crecimiento en espiral. (Fibra en Espiral). Se acepta un crecimiento en espiral con los siguientes límites:

Longitud (m)	**Máxima Desviación Permitida**
≤ 9,14 m	1 vuelta completa en 3,0 m
> 9,14 m pero ≤ 13,5 m	1 vuelta completa en 4,8 m

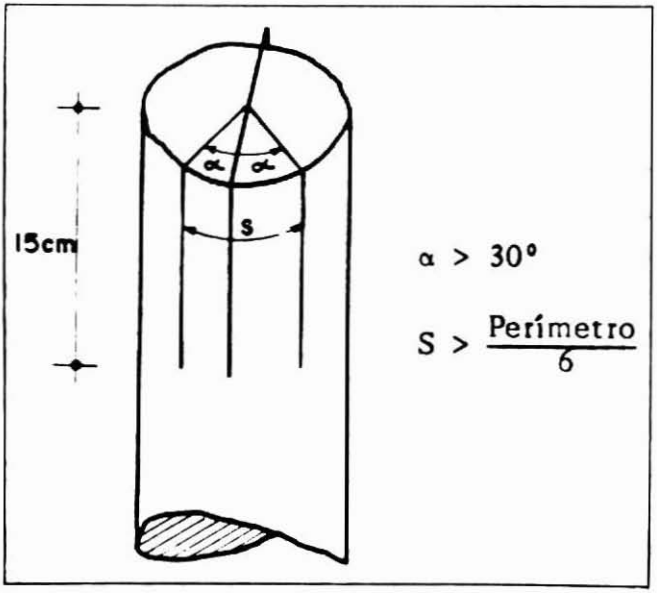
h) Grietas. Se aceptan con las siguientes limitaciones:

– En el extremo superior se acepta una grieta o una combinación de dos grietas simples (cada una de las cuales debe terminar en la médula y con una separación, entre ellas, mayor de 1/6 del perímetro) que se ubiquen en un plano vertical que forme un ángulo mayor de 30° con el plano vertical que pasa por la perforación del perno superior y que no tengan una longitud superior a 15 cm. (Ver Figura 2).

– Se acepta una grieta o una combinación de dos grietas simples, en la forma definida en 1) siempre que no tengan una longitud superior a 60 cm.

FIGURA 2

LIMITES DE LAS GRIETAS QUE SE PRESENTAN EN EXTREMO SUPERIOR DEL POSTE



Dimensiones

a) Las dimensiones que se proponen para los postes de Pino Radiata se señalan en la Tabla 2. Estas se plantean adecuándose a la necesidad de futuras exportaciones.
b) Las tolerancias para la longitud son las señaladas en la Tabla 3.

TABLA 2

DIMENSIONES MINIMAS PARA LOS POSTES

LARGO		CLASE	PERIMETROS (cm)	
(m)	Pies		En ES (mín.)	A 183 cm de EI (mín.)
7,62	25	5 6 7	48,3 43,0 38,0	66,6 61,6 57,2
9,14	30	5 6 7	48,3 43,0 38,0	72,3 66,6 61,9
10,67	35	5 6 7	48,3 43,0 38,0	77,0 71,3 66,0

EI : Extremo Inferior del poste (mayor diámetro)
ES : Extremo Superior del poste (menor diámetro)

TABLA 3

TOLERANCIAS PARA LA LONGITUD

LONGITUD (m)	TOLERANCIA DE LA	
	Sobredimensión (m)	Subdimensión (m)
< 15 m	0,15	0,07

c) La longitud debe ser medida entre las cabezas de los postes.

Clasificación

La determinación de la clase del poste se debe determinar con el siguiente procedimiento.

INFOR

a) Medición del perímetro a 183 cm del extremo inferior.
b) Esta dimensión determinará la clase del poste siempre que el perímetro en su extremo superior (medido en el punto correspondiente a la longitud mínima permitida para el poste) cumpla con los requerimientos de la clase establecida con el perímetro medido a 183 cm del extremo inferior.

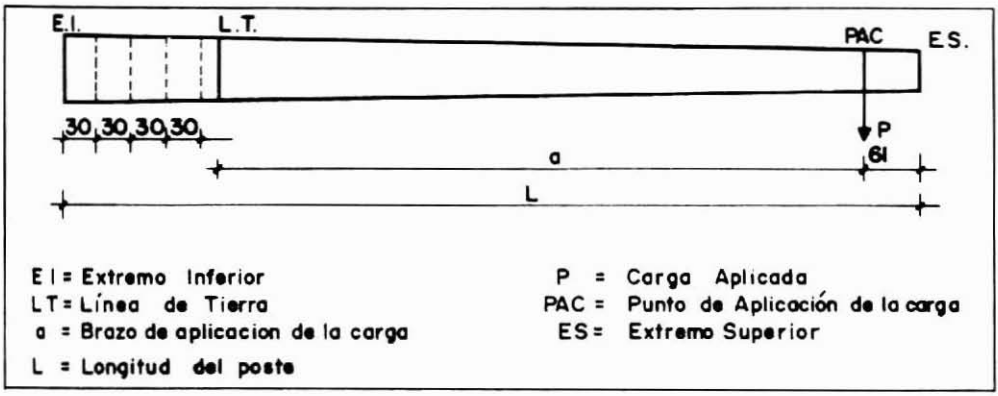
METODO DE ENSAYO DE POSTES

Previo al ensayo denominado tipo "Cantilever" por ASTM D 1036, se deben efectuar las mediciones que se señalan a continuación:

- Determinación de la longitud.
- Medición de perímetros en el extremo inferior (EI), en la Línea de Tierra (LT), en el punto de aplicación de la carga (PAC) ubicado en 61 cm del extremo superior (ES) y en el ES. (Ver Figura 3).
- Medición de los perímetros ubicados cada 30 cm partiendo del EI. (Ver Figura 3).
- Medición de los nudos mayores de 12 mm de diámetro en el perímetro del poste, determinándose cantidad, ubicación, dimensiones y distancia entre verticilos

FIGURA Nº 3

ESQUEMA PARA LA MEDICION DEL POSTE



Para anotar estos antecedentes se usan los formularios incluidos al final de este trabajo.

Una vez finalizado el ensayo de cada poste, se separará el trozo ubicado entre el extremo inferior y la Línea de Tierra, el cual se subdividirá en dos rodelas y un trozo central. Con éstos se realizarán los ensayos secundarios a los postes y se determinarán las propiedades que se indican en la Figura Nº 4.

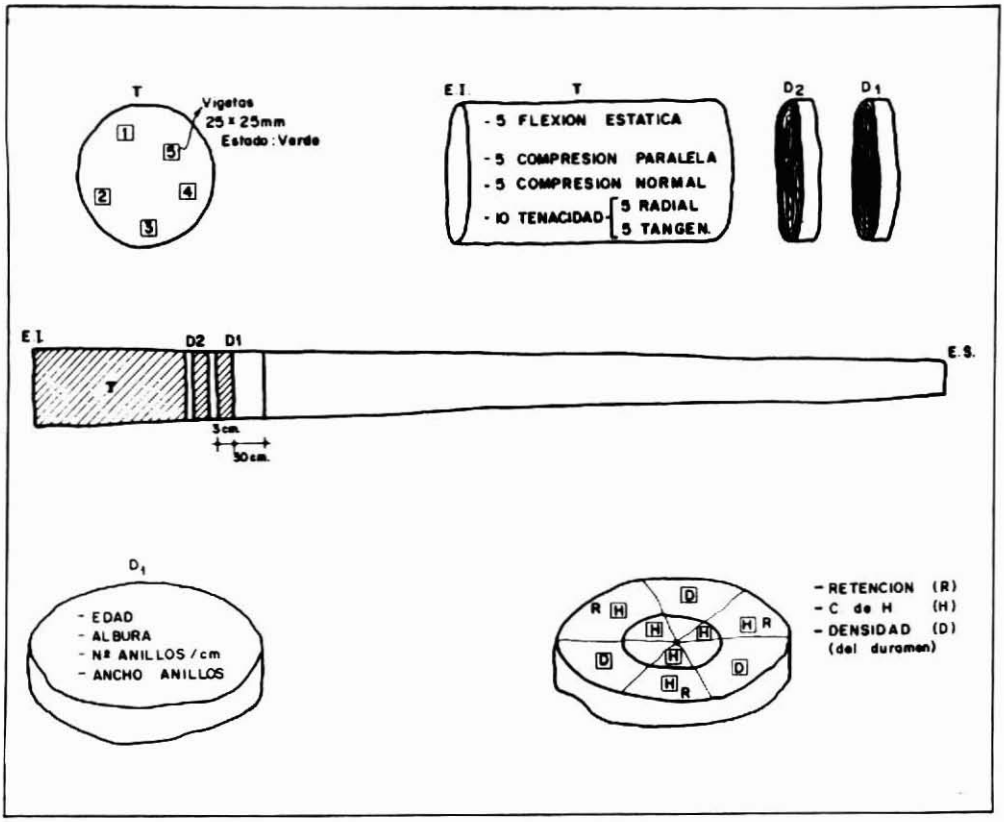
El método de ensayo se dividirá en dos rubros. Primero aquel aplicado al ensayo de postes (ensayos principales) y luego los correspondientes a los ensayos de probetas (ensayos secundarios).

Método de ensayo de postes

Las tensiones y la rigidez de los postes se determinarán siguiendo las especificaciones de la norma ASTM D 1036-83 "STATIC TESTS OF WOOD POLES". De los métodos señalados

FIGURA 4

EXTRACCION DE PROBETAS PARA ENSAYOS SECUNDARIOS



en dicha norma se eligió el denominado "Método Cantilever". En este Método el poste se mantiene en posición horizontal, empotrando su parte inferior en una silla de hormigón y se aplica carga hasta provocar la ruptura del poste. Esto se hace mediante un cable ubicado en su extremo superior (el de menor diámetro).

Un esquema de la disposición de los elementos a ensayar se indica en las Figuras 5 y 6.

El ensayo CANTILEVER proporciona los siguientes resultados de resistencia mecánica:

P = Carga máxima o de ruptura aplicada al poste. Se expresa en Kg

σ_f = tensión máxima en la Línea de Tierra. Se expresa en kg/cm^2

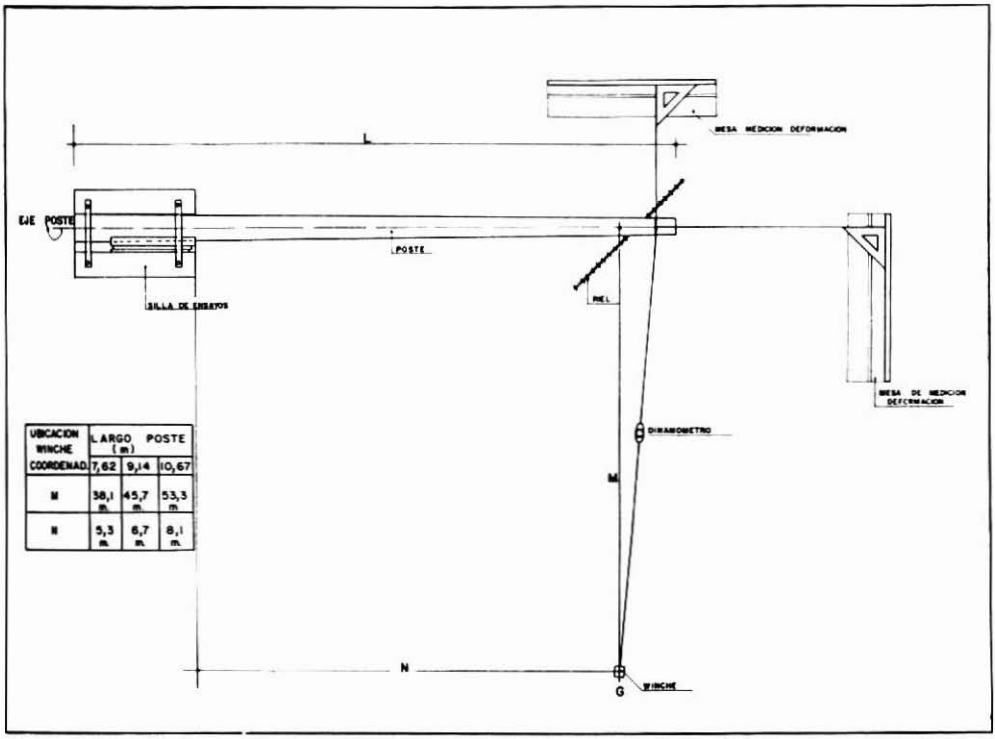
R_f = tensión en el punto de falla. Se expresa en Kg/cm^2.

E_f = módulo de elasticidad en flexión. Se expresa en Kg/ cm^2.

INFOR

FIGURA 5

ESQUEMA ENSAYO POSTES SEGUN NORMA ASTM D 1036



UBICACION WINCHE	LARGO POSTE (m)		
COORDENAD.	7,62	9,14	10,67
M	38,1 m	45,7 m	53,3 m
N	5,3 m	6,7 m	8,1 m

Carga máxima o de ruptura (P):

Se obtiene por simple lectura del dinamómetro en el momento de la falla o ruptura.

Tensión máxima en la Línea de Tierra (σ_f):

Se calcula utilizando la fórmula de Navier, aplicada a una sección circular, que es la correspondiente a la Línea de Tierra.

$$\sigma_f = \frac{M}{W} = \frac{32 \times P \times a}{\pi \times D^3}$$

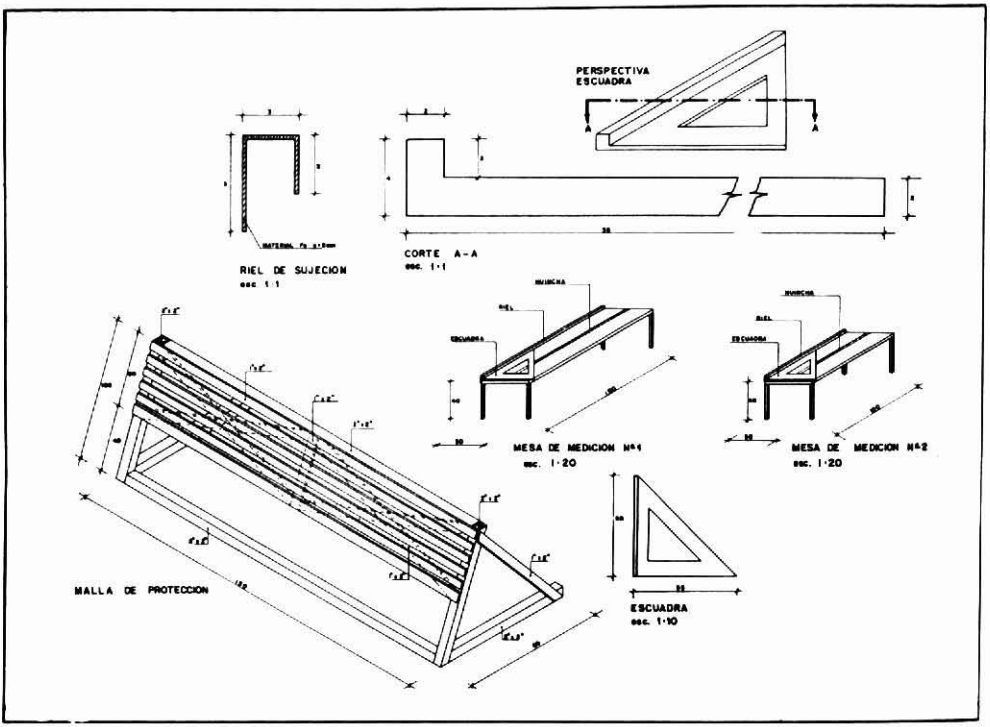
en que:

P = carga de ruptura (Kg).
a = brazo de momento en la Línea de Tierra (cm).
D = Diámetro del poste en la Línea de Tierra (cm).

Pero C = perímetro en la Línea de Tierra = $\pi \times D$

FIGURA 6

ELEMENTOS PARA ENSAYOS DE POSTES



Luego la fórmula queda:

$$\sigma_f = \frac{32 \times P \times a \times \pi^3}{\pi \times C^3} = \frac{315{,}827 \times P \times a}{C^3}$$

Tensión en el punto de falla (R_f):

Se calcula utilizando la fórmula anterior aplicada a una sección circular, que es la correspondiente al punto de falla.

$$R_f = \frac{315{,}87 \times P \times a_1}{C_1^3}$$

En que:

a_1 = brazo de momento en la sección de falla (cm).

C_1 = perímetro en la sección de falla (cm).

INFOR

Módulo de elasticidad en flexión (E_f):

De acuerdo al análisis estructural de una viga empotrada en un extremo y con una carga puntual en el extremo libre, la deformación en el punto de aplicación de la carga corresponde a:

$$\delta PAC = \frac{P \times a^3}{3\ E_f\ I_{PAC}}$$

En que:

a = Brazo de momento en la Línea de Tierra (cm).
E_f = Módulo de elasticidad en flexión (Kg/cm^2).
I_{PAC} = Momento de inercia en el punto de aplicación de la carga (cm^4).

Luego:

$$E_f = \frac{64 \times P \times a^3}{3 \times \delta_{PAC} \times \pi \times D^4} = \frac{64 \times P \times a^3\ \pi^4}{3 \times \delta_{PAC} \times \pi \times C^4}$$

$$E_f = \frac{661{,}467 \times P \times a^3}{\delta_{PAC} \times C^4}$$

Métodos de ensayos secundarios

La calidad de la madera de cada poste se examinará mediante ensayos y mediciones en probetas libres de defectos. Estas probetas fueron extraídas de la zona periférica de la albura del poste. (Ver Figura 4).

Ensayo de propiedades mecánicas

Se realizarán ensayos de flexión estática y de compresión paralela de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM D 143-83 "Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber".

- Flexión estática. En las probetas normalizadas de 25 x 25 x 410 mm, en estado verde, se determinarán las siguientes propiedades:

  Módulo de ruptura y módulo de elasticidad a la flexión. De cada poste se extraerán cinco probetas de flexión.
- Compresión paralela a las fibras. En las probetas normalizadas de 25 x 25 x 100 mm, en estado verde, se determina la tensión máxima o de ruptura.
- Tenacidad. En las probetas normalizadas de 20 x 20 x 280 mm, se determina de acuerdo a la NCh 986 la tenacidad o flexión dinámica.

Determinación de propiedades físicas

En una rodela o disco extraído del poste se determinará el contenido de humedad y la densidad aparente y básica.

Determinación de propiedades de crecimiento

En la segunda rodela o disco extraído del poste se determinará:

- Edad del árbol, mediante el conteo de los anillos de crecimiento.
- Porcentaje de albura, midiéndola en un radio
- Velocidad de crecimiento, contando los anillos de crecimiento presentes una unidad de longitud ubicado a lo menos a 3 cm de la médula del árbol.

RESULTADOS

Para el registro de los resultados del ensayo se proponen 3 formularios, que son los correspondientes a las Figuras 7, 8 y 9.

Figura Nº 7: En ésta se anotarán todos los nudos de dimensión superior a 12 mm, ubicados cada 30 cm, así como también la suma de ellos para una misma sección transversal y el perímetro del poste cada 30 cm.

FIGURA 7

ENSAYO DE POSTES

ESPECIE : POSTE NO : .....

ESTADO : ..... CLASE : .....

ORIGEN : ..... LONGITUD (m) : .....

EXTREMO INFERIOR DEL POSTE

50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50

Suma de Diámetro de Nudos (mm) | Perímetro del Poste (mm) | Ubicación de: | OBSERVACIONES

60 120 180 240 300 360 420 480 540 600 660 720 780 840 900 960 1020 1080 1140 1200

Señalar el: Punto de falla; Valor Máximo de Nudo simple o de Nudos en grupo

EXTREMO SUPERIOR DEL POSTE

FECHA .....

INFOR

Figura Nº 8: Se mantiene un registro del perímetro del poste en diferentes puntos, así como longitudes entre los puntos que se detallan. Además, en este formulario se registrará la deformación del poste durante el ensayo.

FIGURA 8

ENSAYO DE POSTES

ESPECIE : POSTE NO : .....

ESTADO : ..... CLASE : .....

ORIGEN : ..... LONGITUD (m) : .....

DIMENSIONES						
Perímetro (cm)	En EI	En LT	En PF	En PAC	En ES	OBSERV.
Longitud (cm)	De EI a LT		De LT a PAC		De PF a PAC	

E I = extremo inferior P F = punto de falla E S = extremo superior

L T = línea de tierra PAC = punto de aplicación de la carga

CARGA (Kg) LEIDA EN DINAMOMETRO	DEFORMACION DE ENSAYO (cm)			DEFORMACION EFECTIVA (cm)			
	f	s	g	f'	s'	g'	d = f'- g'
0							
50							
100							
150							
200							
250							
300							
350							
400							
450							
500							
550							
600							
650							
700							
750							
800							
850							
900							
950							
1000							

f deformación en la dirección perpendicular al eje del poste sin carga
s deformación en la dirección paralela al eje del poste sin carga
g deformación en la L.T.
f' deformación efectiva perpendicular al eje del poste sin carga
s' deformación efectiva paralela al eje del poste sin carga
g' deformación efectiva en la L.T.
d deformación corregida

OPERADOR ..... FECHA .....

Figura Nº 9: En ésta se procederá a hacer los cálculos para determinar la tensión en la Línea de Tierra y en el punto de falla; éstas se obtienen a partir de los datos obtenidos de las anotaciones anteriores. Con esto se da por finalizado el proceso de ensayo y sólo queda por realizar un análisis estadístico que agrupe la información y entregue las conclusiones que permitirán finalmente definir las clases para los postes de Pino Radiata crecidos en Chile.

FIGURA 9

ENSAYO DE POSTES

ESPECIE :

ESTADO : .....

ORIGEN : .....

POSTE NO : .....

CLASE : .....

LONGITUD (m) : .....

LECTURA EN DINAMOMETRO LEIDA (Kg)	DEFORMACION CORREGIDA d (mm)	UBICACION (m)	PERIMETRO C (cm)
0	0	E I	
50		0,60	
100		1,20	
150		1,80	
200		2,40	
250		3,00	
300		3,60	
350		4,20	
400		4,80	
450		5,40	
500		6,00	
550		6,60	
600		7,20	
650		7,80	
700		8,40	
750		9,00	
800		9,60	
850		10,20	
900		10,80	
950		11,40	
1000		L.T.	
OBS		P. F.	
		P.A.C.	

$$\sigma_f = \frac{K \times a \times P}{C^3} \; ; \; R_f = \frac{K \times a' \times P}{C_1^3}$$

en que :

$K = 32\,\pi^2 = 315{,}82734$

a y a' : brazo del $M_{máx}$

P = Carga máx. (Kg)

C = Perímetro en LT = ...

C_1 = Perímetro en PF = ...

DISTANCIA cm

De LT a PAC .....

a TOTAL .....

a = ...

De PF a PAC .....

a TOTAL .....

a' = ...

P ..... Kg

C^3 = ... cm^3

C_1^3 = ... cm^3

σ_f = ... Kg/cm^2

R_f = ... Kg/cm^2

LT : Línea de Tierra

PF : Punto de Falla

PAC : Punto de Aplicación de la Carga

σ_f : Tensión máxima de flexión en Línea de Tierra (LT)

R_f : Tensión máxima de flexión en Punto de Falla (PF)

OPERADOR ..... FECHA .....

INFOR

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). U.S.A. Specifications and Dimensions for Wood Poles, 05.1-1979.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STATIC TESTES OF WOOD POLES ASTM D 1036-83.
3. FOREST RESEARCH INSTITUTE. NEW ZEALAND FOREST SERVICE. The Strenght of New Zealand Radiata Pine Poles , Technical Paper N°46, 1965.
4. COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION, AUSTRALIA Strength of Australian Pole Timbers. Paper N°15, 1961.
5. DEPARTAMENT OF FORESTRY, CANADA. Strength and related properties of Western Red Cedar Poles. Publication N°1108, 1965.
6. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION. NCh 986 of 86, Madera - Determinación de las Propiedades Mecánicas - Ensayo de Tenacidad.
7. J. H BAXTER AND CO. The versatility and value of Poles - Type Buildings, San Francisco, California, 1963.

INFOR

CARACTERISTICAS DEL DEBOBINADO DE AROMO AUSTRALIANO
(Acacia melanoxylon R,. Br.)

Francis Devlieger Sollier (*)
Héctor Cuevas Doering (**)
Luis Inzunza Diez (***)

RESUMEN

Se estudió el debobinado de Aromo australiano en función de la tasa de compresión y de la temperatura de calentamiento del rollizo. De los resultados se desprende que la temperatura es la variable de mayor influencia sobre el estado de superficie de la chapa y su encolado. Debobinando a temperatura de 90°C se minimiza el agrietamiento de la chapa.

ABSTRACT

The study was to evaluate the influence of the nosebar pressure and wood heating temperature upon the peeling of Black wood.

The results indicate that the temperature of heating log does affect the surface defects and the glue shear strength of the plywood. Peeling temperature of 90°C minimize the face checking veneer.

(*) Ingeniero de la Madera, Inst. Tecnología de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia - Chile.

(**) Constructor Civil, Inst. Tecnología de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia - Chile.

(***) Técnico Forestal, Inst. Tecnología de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile - Casilla 567, Valdivia - Chile.

INFOR

INTRODUCCION

En estudios de introducción de especies, además de contar con datos silvícolas, es necesario aportar informaciones relativas a las características tecnológicas de las especies susceptibles de ser recomendadas en futuras plantaciones. Entre ellas está el Aromo australiano, especie exótica de rápido crecimiento que puede ofrecer una alternativa válida para diversificación de la materia prima destinada a la industria.

Es un árbol de más de 12 metros de altura, de tronco derecho, cuyo duramen se diferencia de la albura por su color castaño violáceo. La madera es de grano derecho, veteada, semidura y madianamente durable. Ofrece buena estabilidad dimensional puesta en servicio (CELULOSA ARGENTINA, 1977).

Considerando que esta madera puede ofrecer características interesantes para la industria de contrachapado nacional, es de gran interés conocer el comportamiento de la especie frente al debobinado.

Este estudio es la complementación de un trabajo anterior sobre la calidad de las chapas producidas con especies introducidas (DEVLIEGER, CUEVAS, INZUNZA, 1987).

METODOLOGIA

En fundos forestales ubicados al norte de Valdivia se segregaron 15 rollizos de 60 cm de largo entre árboles de 24 años de edad que presentaban un DAP de 30 a 40 cm.

Previo al proceso de debobinado los rollizos, en su estado verde, fueron calentados en agua durante un tiempo de 22 horas para alcanzar la temperatura de debobinado deseada en el centro del rollizo residual.

El debobinado, para producir chapas de 2,2 mm de espesor, se realizó en las siguientes condiciones: abertura vertical 0,6 mm, ángulo de cuchillo 21°, ángulo de incidencia o ángulo de presión 15°, velocidad de debobinado 55 m/minuto y utilizando tasas de compresión (TC) de 8, 12 y 16% con temperaturas de calentamiento de los rollizos de 50, 60, 70, 80 y 90°C.

Para cada situación de debobinado se evaluó el estado de superficie de las chapas de acuerdo a la presencia porcentual de defectos de superficie, variaciones de espesor de éstas y la resistencia de las chapas a tracción perpendicular a las fibras a modo de caracterizar su grado de agrietamiento.

De los tableros contrachapados, encolados con Ureaformaldehido a razón de 124 g/m^2, se determinó la resistencia al cizalle del plano de unión de las chapas de acuerdo a la norma Din 53255, considerando 2 tratamientos de envejecimiento en agua: 20°C durante 24 horas y 60°C durante 3 horas.

RESULTADOS

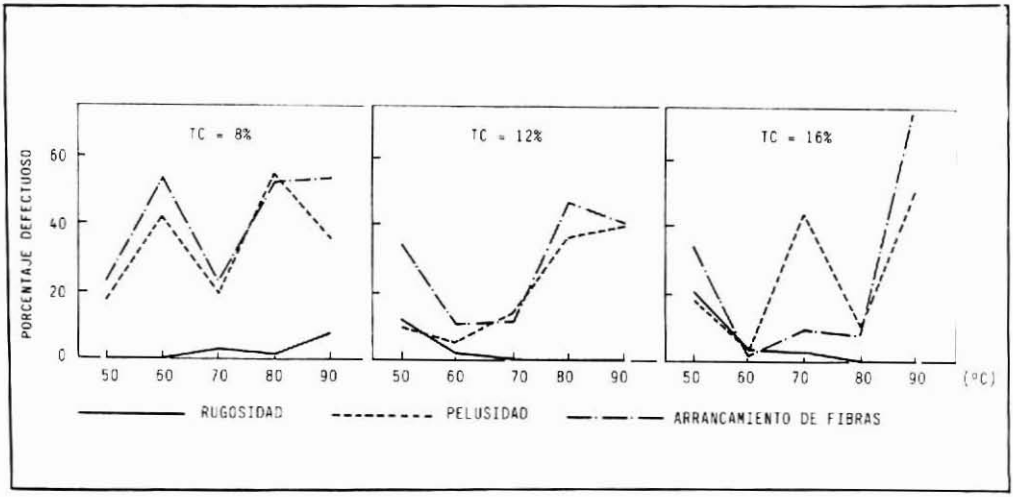
Estado de superficie

El defecto de menor ocurrencia es el de rugosidad. Su presencia afecta menos del 2,5% de la superficie de las chapas a temperatura de calentamiento entre 60° y 80°C, para las tres tasas de compresión. En cuanto al arrancamiento de fibras y pelusidad, los resultados son variables, alcanzando siempre valores altos a temperatura de 90°C independiente de la tasa de compresión utilizada (Fig. 1) Respecto a los espesores de chapas, se mantienen constantes para tasas de compresión de 8 y 12%, notándose una leve disminución de los espesores en relación con un aumento de la temperatura para tasa de 16%.

INFOR

FIGURA 1

ESTADO DE SUPERFICIE DE LAS CHAPAS

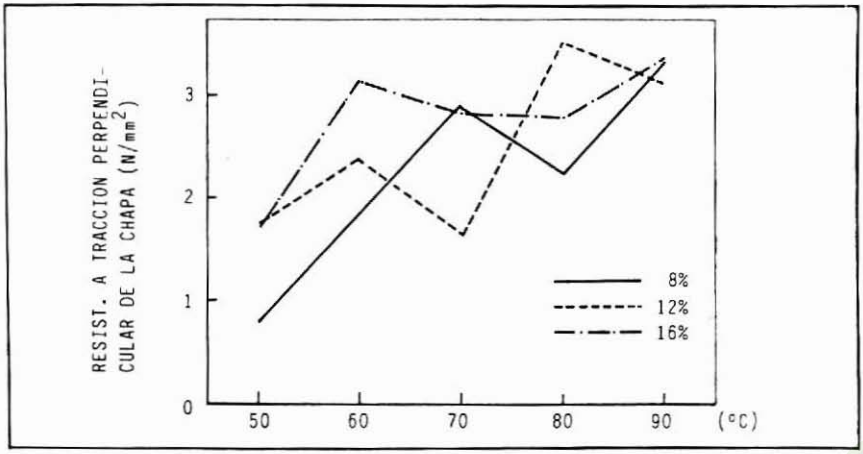


Resistencia de las chapas a tracción perpendicular

En los ensayos de resistencia a tracción perpendicular, utilizados para caracterizar el grado de agrietamiento de la chapa, se encontró una gran dispersión de los valores obtenidos, lo que se puede atribuir a una variabilidad de las características tecnológicas entre árboles (Fig. 2). No obstante lo anterior, la tendencia general es un incremento de la resistencia de la chapa a

FIGURA 2

RESISTENCIA DE LAS CHAPAS A TRACCION PERPENDICULAR



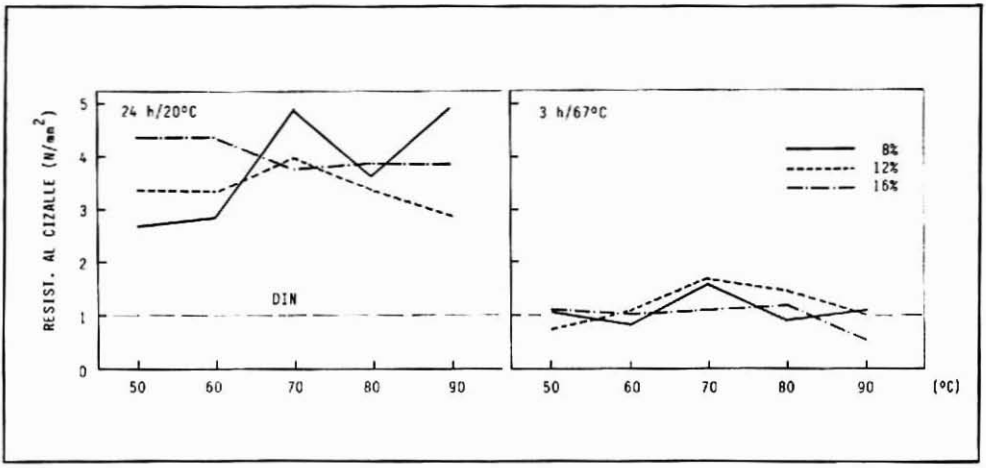
medida que aumenta la temperatura de debobinado, independiente de la tasa de compresión utilizada, lo que coincide con lo expresado por GUPTA et al. (1979) en ensayos realizados sobre otras especies forestales.

Resistencia al cizalle del plano de unión

En la Figura 3 se muestran las tendencias de las resistencias promedio al cizalle respecto a las condiciones de debobinado.

FIGURA 3

RESISTENCIA AL CIZALLE DE LA UNION ENCOLADA



Al revisar los valores de resistencia al cizalle se aprecia que los resultados más significativos se obtienen generalmente para una temperatura de 70° C. Se debe agregar, además, que esta condición de debobinado, asociada con una tasa de compresión de 12%, permite obtener valores individuales de rotura por cizalle siempre superiores a 1 N/mm² después del tratamiento de envejecimiento más severo.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que:

El efecto de la temperatura es determinante sobre la calidad de la chapa y su encolado.

Tasa de compresión de 12% y temperatura cercana a 70°C permiten obtener un buen estado de superficie de las chapas y en consecuencia un buen encolado de ellas.

Al debobinar rollizos a temperatura cercana a 90°C, se minimiza la profundidad de las grietas aumentando, por tanto, la resistencia a tracción de la chapa.

INFOR

GLOSARIO

Abertura vertical	: Distancia en los planos horizontales tangentes a las aristas del cuchillo y barra de presión.
Angulo de cuchillo	: Angulo materializado por el filo del cuchillo.
Angulo de incidencia	: Angulo entre el plano vertical y la cara en bisel del cuchillo.
Angulo de presión	: Angulo entre el plano vertical y el bisel de la barra de presión.
Arrancamiento de fibras	: Haces de fibras arrancadas desde la cara apretada de la chapa debobinada.
Grietas de debobinado	: Grietas producidas en la chapa por el efecto de cuña del cuchillo al debobinar.
Pelusidad	: Aspecto lanoso caracterizado por pelusas en la superficie de la chapa.
Rugosidad	: Arrancamiento de fibras en surcos de poca profundidad que siguen la dirección de la fibra de la madera.
Tasas de compresión	: Relación porcentual entre el espesor de la chapa y la distancia entre el dorso del cuchillo y la barra de presión.
Velocidad de debobinado	: Velocidad de salida de la chapa.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Proyecto RS - 83 - 53 de la Dirección de Investigación y Convenios de la Universidad Austral de Chile.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CELULOSA ARGENTINA. 1977. Libro del árbol. Volumen III. Buenos Aires, Argentina. 159 p.
2. DEVLIEGER, F.; CUEVAS, H; INZUNZA, L. 1987. Efecto de las variables de debobinado en Pino oregón y Ciprés lusitánico. BOSQUE 7 (2): 115 - 120.
3. GUPTA, R; RAJAWAT, M.; BAGGA, J.; SHUKLA, L. 1979. Peeling characteristics of Indian Timbers. Part. XVIII. Holzforschung und Holzverwertung. 31 (4): 82 - 85.

INFOR

DISEÑO FACTORIAL EN SECADO INDUSTRIAL A ALTA TEMPERATURA, DE PINO RADIATA

Roberto Melo H. (*)

RESUMEN

En este trabajo se presenta una aplicación de la técnica del diseño de experiencias factorial, para determinar condiciones favorables de secado de madera aserrada de pino radiata a alta temperatura en una empresa de la Octava región.

El diseño se efectúa en forma independiente para tres parámetros relevantes del proceso de secado, a saber, costo por unidad de masa de agua evaporada y por unidad de volumen de madera, capacidad productiva y desuniformidad de la humedad final.

Concluye el trabajo con una interpretación y discusión de los resultados obtenidos, considerando en forma conjunta los parámetros analizados.

ABSTRACT

This article presents an application of the factorial experiment design, in order to determine the best conditions for drying radiata pine timber at hight temperature in a regional factory.

The design is carried out independently for three important drying parameters: cost by unity of evaporated water mass and by unity of wood volume; productive capacity and disuniformity of the final humidity.

Finnally, this work offers an interpretation and discussion of the main results, considering all the different studied parameters.

(*) Ingeniero Civil Mecánico e Industrial, División Industrias de la Subsede Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, Piso 3. Concepción - Chile.

INFOR

INTRODUCCION

En la Octava Región y en general en Chile, se ha producido un sostenido aumento en la industrialización de la madera de Pino Radiata, generándose una alta competitividad en su comercialización. En consecuencia, un adecuado secado de esta madera ofrece interesantes expectativas de ingreso a nuevos mercados internos y externos, de mayor exigencia en cuanto a la calidad de la misma, siendo de importancia contar con un estudio detallado sobre las mejores condiciones de secado, a fin de obtener madera seca de calidad. Esto cobra especial relevancia tratándose de madera elaborada.

Los resultados obtenidos a nivel industrial no han sido exitosos, debido a los defectos que se desarrollan en la madera al secarla a alta temperatura. Además, la madera secada en estas condiciones pierde el baño de sales protectoras. De modo que, al acopiarse en patio o durante el período de embarque, las piezas que poseen una humedad superior al 20% generalmente son atacadas por hongos y pueden ser rechazadas por los compradores; debido a ésto, uno de los efectos más serios de la madera que se seca, es la desuniformidad de la humedad final.

Se hace necesario entonces, determinar las mejores condiciones de secado posibles para las instalaciones existentes, con el objeto de minimizar el defecto descrito.

Sin embargo, no sólo este defecto es determinante en la decisión del programa de secado respectivo, debiendo considerarse el costo y la capacidad productiva de las cámaras. Es decir, se deben establecer programas de secado que optimicen el proceso.

DESARROLLO

La optimización en el presente trabajo se efectúa en base a tres parámetros, a saber, costo por unidad de masa de agua evaporada y por unidad de volumen de madera, capacidad productiva y desuniformidad de la humedad final.

Para estos tres casos, se realiza en forma independiente un diseño de experiencias del tipo 2^4, confundiendo en dos bloques la interacción de tercer orden. En lo que respecta a los dos primeros, se considera una sola réplica, y como variables dependientes, el costo de secado y la capacidad productiva respectivamente. Para la desuniformidad de humedades se emplean ocho réplicas y la respuesta corresponde a la desviación estándar promedio de humedades.

Los factores independientes que intervienen en los tres diseños experimentales son: temperatura de bulbo seco (T), diferencia sicrométrica (D), espesor de la madera (G) y tratamiento de vaporizado intermedio (V).

El diseño efectuado permite trabajar en forma simultánea con dos cámaras de secado. Cada ensayo se replica ocho veces para la desuniformidad de humedades, puesto que se cargan ocho pilas de madera en las cámaras de secado y cada uno de ellas corresponde a una réplica diferente. De modo que se tiene un total de dieciseis ensayos, ocho en cada bloque, combinando los tratamientos en forma aleatoria dentro de ambos.

El modelo experimental en cuestión, utilizado para los tres diseños experimentales que se efectúan, es el siguiente:

$$
\begin{aligned}
X_{ijkln} = {} & u + T_i^{(A)} + D_j^{(A)} + G_k^{(F)} + V_l^{(F)} + (TD)_{ij}^{(A)} \\
& + (TG)_{ik}^{(A)} + (TV)_{il}^{(A)} + (DG)_{jk}^{(A)} + (DV)_{jl}^{(A)} \\
& + (GV)_{kl}^{(F)} + (TDG)_{ijk}^{(A)} + (TDV)_{ijk}^{(A)} \\
& + (TGV)_{ikl}^{(A)} + (DGV)_{jkl}^{(A)} + (TDGV)_{ijkl}^{(A)} \\
& + \in n(ijkl)^{(A)}
\end{aligned}
$$

INFOR

donde	: i	=	1,2 (Factor T: factor aleatorio con dos niveles)
	j	=	1,2 (Factor D: factor aleatorio con dos niveles)
	k	=	1,2 (Factor G: factor fijo con dos niveles)
	l	=	1,2 (factor V: factor fijo con dos niveles)
	n	=	1,8 (réplicas, caso general)
	ϵ	=	error experimental
	X_{ijkln}	=	variable respuesta
	F	=	fijo
	A	=	aleatorio

Las hipótesis nulas (H_O) a docimar son:

H_O	: T_i	=	0	No hay efecto de la temperatura de bulbo seco en la respuesta
H_O	: D_j	=	0	No hay efecto de la diferencia sicrométrica en la respuesta
H_O	: G_k	=	0	No hay efecto del espesor de la madera en la respuesta
H_O	: V_l	=	0	No hay efecto del tratamiento de vaporizado intermedio en la respuesta
H_O	: $(TD)_{ij}$	=	0	No hay efecto de la interacción sobre la respuesta
.				
.				
.				
.				
H_O	: $(DGV)_{ikl}$	=	0	No hay efecto de la interacción sobre la respuesta

El análisis experimental se efectúa mediante un programa computacional considerando dos niveles de significación de 5% y 1%.

El control de humedad en el diseño que considera como variable respuesta la desviación estándar de humedad, se realiza en dos puntos a lo largo de la pieza, obteniéndose un valor representativo de su humedad real. Esta metodología se establece en un análisis estadístico previo.

Para la determinación de los costos de secado se realiza un balance energético de las cámaras de secado y un balance térmico de la unidad generadora de agua caliente. El costo se obtiene por unidad de masa de agua evaporada y por unidad de volumen de madera, secada a igual humedad final promedio, con el objeto de independizarse de la humedad inicial de la madera y de su grosor.

La humedad inicial tanto de las piezas de madera como de las pilas que se cargan en las cámaras de secado, se obtiene mediante un muestreo aleatorio simple que se efectúa separadamente para cada caso.

En el estudio de métodos que se realiza para determinar la capacidad productiva de los secadores, se construye un diagrama de actividades múltiples. En base a éste, se obtienen los

INFOR

factores de operación y carga de trabajo para el operario y equipos que intervienen. Para los secadores, el factor de operación corresponde a la proyección de valores mensuales (obtenidos de estadísticas) a un período de un año.

La clasificación del trabajo efectuado por operarios, equipos y máquinas, se realiza considerando trabajo directo (T.D.), trabajo indirecto (T.I.) y descanso (D).

En base al factor de operación de las cámaras, la eficiencia, rendimiento, factor de utilización y productividad estándar de carga, se determina la capacidad productiva de los secadores para cada ensayo de secado.

Posteriormente para el análisis conjunto del efecto de los tres parámetros de secado, se utiliza en test de comparaciones múltiples de Duncan, llegándose a obtener de esta manera, las condiciones más adecuadas de secado.

RESULTADOS

En el diseño factorial para costos de secado, se determina que sólo el efecto principal espesor de la madera (G) es significativo, o bien que no existe evidencia suficiente para establecer que los factores restantes y sus interacciones sean significativos.

En lo que respecta al estudio de métodos, se establece que los factores de operación son bastante altos al proyectarlos en un período de un año, determinándose un valor medio (promedio ponderado) de 87,42% para las tres cámaras en conjunto.

Las eficiencias obtenidas para el cálculo de las capacidades productivas, fluctúan alrededor del 65%, es decir, son prácticamente iguales para todos los ensayos realizados.

Del diseño de experiencias en el cual se considera la productividad de los secadores como respuesta, se establece que solamente el espesor de la madera (G) es significativo y que no se dispone de información suficiente para no considerar significativamente los demás factores y sus interacciones.

Para la desviación de humedades se detectan las interacciones significativas. Ellas son temperatura y diferencia sicrométrica (TD) y temperatura y espesor de las piezas (TG). La tercera interacción de importancia corresponde a diferencia sicrométrica y espesor de la madera (DG) y es altamente significativa.

Sin embargo, como en el análisis de costo y productividad se determinan que sólo existen diferencias para los dos espesores de piezas utilizados, no se consideran interacciones que involucren dicho espesor. Luego, se estudia nada más que la interacción temperatura-diferencia sicrométrica (TD).

Posteriormente, empleando el test de Duncan de comparaciones múltiples, se determina que combinaciones de niveles de temperatura y diferencia sicrométrica son estadísticamente distintos. El análisis se efectúa en forma independiente para los dos grosores de madera. En base a esta información se establecen los programas de secado que minimizan la desuniformidad del secado, comparando las combinaciones que difieren entre sí. Los programas escogidos para 25 y 50 mm son los siguientes:

Espesor (mm)	Temp. bulbo seco (°C)	Temp. bulbo húmedo (°C)	Tiempo (h)
25	100	60	11
50	100	75	14

INFOR

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido al grado de incertidumbre que introduce una proyección del factor de operación, de los secadores, se recomienda realizar mediciones que consideren un mayor período de tiempo.

Los valores de eficiencia determinados no son altos, ya que en general no se efectúa el carguío de las cámaras aprovechando en su totalidad la longitud de los secadores. Normalmente se dejan espacios libres entre pilas de madera y entre la carga y puertas y/o pared posterior.

Tanto para el análisis de costo como de productividad, dada su semejanza, se recomienda efectuar un estudio de similares características pero incrementando el número de réplicas, para detectar con mayor precisión si los factores restantes (temperatura, diferencia sicrométrica, vaporizado intermedio), efectivamente no influyen en la respuesta.

Los factores controlables que no se consideren en las experiencias y que están relacionados con la productividad de las cámaras, tales como el espesor de los separadores y ancho de las pilas, deben disponerse de manera de aprovechar el máximo la capacidad de los secadores.

El espesor de la madera es significativo tanto para el costo de secado como para la productividad de los secadores, de manera que es necesario establecer condiciones de secado para los dos espesores de madera ensayados.

Para cada espesor de las piezas, la interacción temperatura-diferencia sicrométrica (TD) determina el programa de secado que se requiere.

Los resultados obtenidos de los diseños experimentales, para costos, capacidades de producción y uniformidad de humedades, sólo son válidos para el rango considerado en los factores aleatorios (temperatura y diferencia sicrométrica) y para los niveles empleados en los factores fijos (espesor de la madera y vaporizado intermedio.

INFOR

REFERENCIAS BILBIOGRAFICAS

1. KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y el Servicio de la madera. 675 p.
2. VILLIERE, A. 1966. Séchage des bois. Paris, Dunod. 100 p.
3. MELO, R.; ORREGO, P. y PAVON, M. 1984. Optimización del secado industrial de madera de Pino Radiata. Tesis, Universidad de Concepción, Fac. de Ingeniería. Concepción, 385 p.
4. REYES, A. 1984. Estudio de la caldera N°3 de la planta térmica de INFORSA S.A. Tesis, Univ. de Concepción, Fac. de Ingeniería. Concepción. 100 p.
5. ALTAMIRANO, A. 1983. Programa de cálculo de caldera de tubos de fuego. Tesis, Univ. de Concepción, Fac. de Ingeniería. Concepción. 110 p.
6. CAICEO, F. 1968. Diseño experimental en metalurgia extractiva. Tesis Univ. de Concepción, Fac. de Ingeniería. Concepción. 80 p.
7. OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. 1973. Introducción al estudio del trabajo. 2° edición. Ginebra. pp. 5 - 115.
8. GUTIERREZ, M. 1985. Secado a alta temperatura y su influencia en la madera. Documento técnico, Chile Forestal N° 100, Stgo. 8 p.
9. DIRECCION DE INVESTIGACION TECNOLOGICA Y ASISTENCIA TECNICA. 1983, Norma ASME PTC - 41 para unidades generadoras de vapor. Fac. de Ingeniería. Concepción. Concepción. 100 p.
10. RETAMAL, C. Y SALAZAR, J. 1977. Introducción al diseño y análisis de experimentos. Tesis, Univ. de Concepción, Fac. de Ingeniería. Concepción. 60 p.
11. KRICH, E. 1973. Ingeniería de métodos. Ciudad de México. México, Limusa. 300 p.
12. MONTGOMERY, D. 1976. Design and analysis of experiments. New York, John Wiley & Sons. 415 p.
13. HINES, W. and MONTGOMERY, D. 1980. Probability and statistics in engineering and management science. New York, John Wyley & Sons. 430. p.

INFOR

COSTOS DEL SECADO POR DESHUMIDIFICACION. Gastón Cubillos Cardemil, Ingeniero Civil, U. Católica. Departamento Industrias, División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción – Chile.

INTRODUCCION

El secado por deshumidificación comenzó a difundirse a partir de la década del 70 como una alternativa de minimizar los costos de operación de secadores tradicionales, debido al contínuo incremento en los precios de los combustibles y a la alta inversión inicial en equipos.

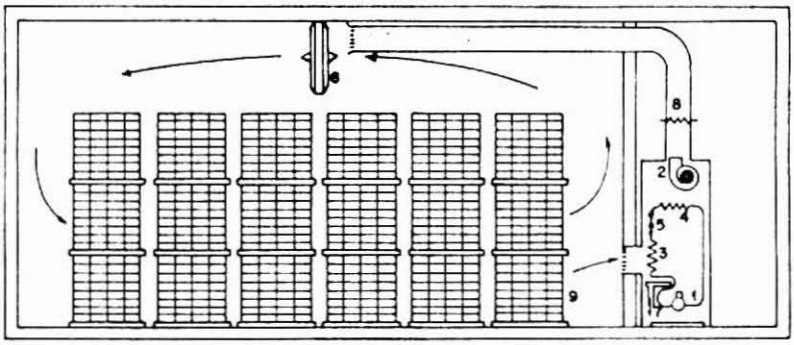
En un secador convencional los sistemas de calentamiento por vapor, humidificador, sistema de control y ventiladores se encuentran ubicados independientemente, mientras que en un secador por deshumidificación prácticamente todo está concentrado en una sola unidad, en donde se lleva a cabo el calentamiento del aire, la eliminación del agua de la madera al exterior y el control de las variables temperatura y humedad relativa.

Se complementa el conjunto con ventiladores de refuerzo ubicados en la parte superior del secador, dependiendo del tamaño y cantidad de ellos, de la capacidad y largo de la cámara. Esto permite mantener una velocidad de circulación adecuada a través de la madera y en un solo sentido , dada la irreversibilidad del flujo por las características del diseño. La Figura 1 muestra el esquema básico del funcionamiento de un secador por deshumidificación.

La utilización de unidades de secado por deshumidificación en Chile se ha extendido principalmente a la pequeña y mediana industria de productos elaborados, como fábricas de puertas y ventanas, fábricas de muebles, líneas de producción de molduras y similares, y unidades productoras de vigas laminadas. Además, se han estado utilizando en los últimos años

FIGURA 1

ESQUEMA BASICO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SECADOR POR DESHUMIDIFICACION



1 - COMPRESOR
2 - SOPLADOR
3 - EVAPORADOR
4 - CONDENSADOR
5 - VALVULA DE TERMOEXPANSION
6 - VENTILADOR PRINCIPAL
7 - DRENAJE
8 - CALEFACTOR AUXILIAR
9 - CASTILLO

INFOR

para maderas nativas de relativo fácil secado, como es el caso de la Lenga (Nothofagus pumilio), destinadas a la exportación.

Una cuantificación, sin pretenciones de un censo riguroso, permite establecer una capacidad física estimativa de alrededor de 1.000 m3, obtenidos de 25 unidades de deshumidificación, cuyas capacidades fluctúan entre 10 y 100 m3, distribuidas en 10 unidades ubicadas en la Región Metropolitana, 12 en la zona Sur (Puerto Montt, Aysén y Punta Arenas), más 3 unidades, por lo menos importadas durante este último año.

Las marcas de estos secadores son de origen europeo, tales como los secadores FISHER, SEMABOIS, CEAF e INCOMAC, sin establecer un orden de importancia.

Considerando una capacidad instalada de secado en el país de aproximadamente 15.000 m3, se tiene que el secado por deshumidificación alcanza casi el 7% del total e incrementándose poco a poco.

La opinión gemeralizada de los usuarios en relación a esta técnica, se refiere a las ventajas que presenta como facilidad de operación, el no requerir de calderas, y un costo atractivo de adquisición.

Sin embargo, también se tiene la opinión de una falta de flexibilidad para adaptarse a ciertas condiciones que se ajusten a la especie y los largos tiempos de secado.

Este último aspecto no se ha considerado como relevante, pues las exigencias y/o demandas por madera seca en el país no son muy importantes. Esto se debe, principalmente, a que existe un desconocimiento por parte de los usuarios de la madera en cuanto a las bondades que este material seco presenta.

Es importante mencionar que, prácticamente, en todas las unidades mencionadas no se efectúa un control de calidad del secado al término del proceso, no se llevan planillas de control como para determinar el costo operacional de dicho proceso, existiendo un gran desconocimiento al respecto.

Sin embargo, se ha detectado preocupación en este sentido, especialmente en aquellos centros de producción que utilizando esta técnica han derivado hacia la exportación de especies nativas.

METODOLOGIA

Para determinar los costos operacionales del secado por deshumidificación se utilizaron cuatro especies madereras, a saber, Pino Radiata (***Pinus radiata*** D. DON), Coigue (***Nothofagus dombeyi*** (MIRB.) OERST.), Tepa (***Laurelia philippiana*** LOOSER) y Lenga (***Nothogagus pumilio*** (POEPP. ET ENDL.) KRASSER) y en espesores de 25 y 50 mm.

Cabe hacer notar que los costos obtenidos son válidos para las condiciones específicas del secador utilizado en la experiencia (secador por deshumidificación marca SEMABOIS, modelo R 300), los cuales se pueden adoptar cuando se utilicen equipos similares en cuanto a capacidad, características técnicas, rangos de temperatura y humedad relativa de operación, energía utilizada, etc.

El estudio de los costos operacionales se desarrolla en dos etapas. La primera de ellas considera el ciclo de secado desde el contenido de humedad inicial (verde) hasta el punto de saturación de las fibras (P.S.F.) y la segunda desde el P.S.F. hasta el contenido de humedad final de la madera deseada.

Además, se determinó la producción física resultante de cada ciclo de secado, para cada una de las dos etapas anteriormente señaladas. Para un determinado ciclo de secado (una especie y un espesor), la producción física del secador se expresa de la siguiente forma:

a) Tiempo de secado: Es la medición del tiempo que transcurre desde el inicio del secado a un contenido de humedad Hi hasta uno final Hf, para una determinada especie y espesor, cuya unidad de medición es la hora.

INFOR

b) Volumen de madera seca: Es la carga máxima que se puede introducir en la cámara de secado, medida en metros cúbicos, de acuerdo a una norma técnica de encastillado, en función del largo y del espesor de las piezas de madera a secar, y del espesor de los listones separadores.

c) Cantidad de agua eliminada: Es la medición del volumen de agua (expresado en metros cúbicos), que se elimina a través del drenaje de la unidad de secado. Permite conocer la eficiencia del equipo.

d) Humedad disminuida: Es la medición de la variación de humedad (en %) a lo largo del ciclo de secado y permite observar la permeabilidad de la especie en estudio de acuerdo a las condiciones que la unidad de secado le impone a la cámara.

e) Energía consumida: Es la medición de la energía eléctrica (en KWH) que se consume en cada etapa del ciclo de secado.

La relación entre las diferentes formas en las cuales se expresa la producción física permiten obtener los coeficientes técnicos, o indicadores propios del equipo, los que prestan utilidad para detectar la eficiencia y características técnicas de la tecnología del secado por deshumidificación.

Los coeficientes técnicos que interesan son los siguientes:

a) Tasa de secado: Es el cuociente entre la humedad disminuida y el tiempo de secado, cuya medición es %/hr. Es la que realmente permite observar la permeabilidad de la especie en estudio.

b) Tasa de extracción: Es el cuociente entre la cantidad de agua eliminada y el tiempo de secado, cuya unidad de medición es m3 agua/hr.

c) Tasa de consumo energético: Es el cuociente entre el consumo de energía durante el ciclo de secado y la producción física del secador durante dicho ciclo. De acuerdo a ello, para un mismo ciclo de secado, se pueden obtener varias tasas de consumo energético, tales como:

- KWH/hr de secado
- KWH/m^3 de madera seca
- KWH/% de humedad disminuido
- KWH/m^3 de agua eliminada

d) Tasa de producción: Es el cuociente entre el volumen de madera seca obtenida en un ciclo de secado y el tiempo de secado; cuya unidad de medición es m^3 madera/hr.

Para obtener los costos del secado por deshumidificación se consideraron como servicios a costear, cada uno de los ciclos de secado en estudio, a saber:

- Pino Radiata de 25 mm de espesor
- Pino Radiata de 50 mm de espesor
- Coigüe de 25 mm de espesor
- Tepa de 25 mm de espesor
- Tepa de 50 mm de espesor
- Lenga de 25 mm de espesor
- Lenga de 50 mm de espesor

Para cada uno de ellos se determinaron los costos directos del proceso, pues los indirectos serán propios de la empresa que posea o desee instalar este tipo de unidad de secado. Los costos directos que se determinaron son los siguientes:

- Energía eléctrica
- Mano de obra
- Mantención de la unidad
- Depreciación de la unidad

INFOR

Los costos indirectos que deben tomarse en cuenta para el costeo total del secado, son, entre otros, los siguientes:

- Servicios (Luz, agua, teléfono, etc.)
- Administración (Contabilidad, etc.)
- Personal de planta (Secretaria, vigilantes, etc.)
- Seguros
- Interés bancario
- Publicidad
- Permisos y derechos

Para determinar los costos directos, se utilizaron planillas que permitieron calcular consumos y asignaciones por ciclo de secado, coeficientes de consumo, producción física del ciclo de secado, costo total del ciclo de secado y costo unitario del secado.

RESULTADOS

Los coeficientes técnicos de los ciclos de secado estudiados, que se obtuvieron para la Etapa 1 (Hi a P.S.F.) son los que se indican a continuación:

CICLO DE SECADO	Tasa de Secado (% H/hr)	Tasa de Extracción m^3 agua/hr	KWH/hr de Secado	TASA DE CONSUMO ENERGETICO			Tasa de Producción m^3 madera/hr
				KWH/m^3 de Madera	KWH/% de humedad disminuido	KWH/m^3 de agua eliminada	
Pino Radiata 25 mm	0,446	0,0187	6,22	67,67	13,96	332,62	0,0919
Pino Radiata 50 mm	0,312	0,0131	4,54	135,81	14,55	346,56	0,0335
Coigüe 25 mm	0,111	0,0032	3,99	768,57	35,95	1.246,88	0,0052
Tepa 25 mm	0,153	0,0053	5,58	254,18	36,47	1.052,83	0,0219
Lenga 25 mm	0,169	0,0061	6,06	104,94	35,86	993,44	0,0577
Lenga 50 mm	0,070	0,0017	5,99	182,03	85,57	3.523,53	0,0329

Con respecto a la Etapa 2 (P.S.F. a H_f), los coeficientes técnicos de los ciclos de secado estudiados obtenidos son:

CICLO DE SECADO	Tasa de Secado (% H/hr)	Tasa de Extracción m^3 agua/hr	KWH/hr de Secado	TASA DE CONSUMO ENERGETICO			Tasa de Producción m^3 madera/hr
				KWH/m^3 de Madera	KWH/% de humedad disminuido	KWH/m^3 de agua eliminada	
Pino Radiata 25 mm	0,150	0,0064	6,64	92,67	44,28	1.035,06	0,0717
Pino Radiata 50 mm	0,108	0,0045	11,23	219,42	103,98	2.495,56	0,0512
Coigüe 25 mm	0,032	0,0009	3,29	267,68	102,81	3.655,56	0,0123
Tepa 25 mm	0,093	0,0032	6,88	188,22	73,98	2.150,00	0,0366
Tepa 50 mm	0,066	0,0023	5,04	168,35	76,36	2.191,30	0,0299
Lenga 25 mm	0,092	0,0033	5,46	132,78	59,35	1.654,55	0,0411
Lenga 50 mm	0,033	0,0016	4,64	253,80	140,61	2.000,00	0,0183

A partir de los datos obtenidos en las Planillas N° 1 para cada ciclo de secado, y los coeficientes técnicos se terminaron los costos operacionales directos del secado por deshumidificación de las 4 especies estudiadas, en espesores de 25 y 50 mm. Dichos costos se entregan en función de la producción física del secador.

INFOR

a) Costo Total del Ciclo de Secado

CICLO DE SECADO	DURACION (días)	CONT. HUMEDAD Inicial (%)	CONT. HUMEDAD Final (%)	COSTO POR ETAPA Etapa 1 H_i - PSF ($)	COSTO POR ETAPA Etapa 2 PSF - H_f ($)	COSTO TOTAL H_i - H_f ($)
Pino Radiata 25 mm	8,9	69,3	9,6	15.937,9	21.321,1	37.259,0
Pino Radiata 50 mm	17,7	105,5	11,2	36.167,3	41.785,1	77.952,4
Coigüe 25 mm	64,0	147,6	12,9	139.316,3	53.640,7	192.957,0
Tepa 25 mm	9,0	30,5	10,4	-.-	39.171,1	39.171,1
Tepa 50 mm	26,0	81,5	8,9	56.221,0	38.910,0	95.131,4
Lenga 25 mm	13,7	53,1	12,3	22.687,5	29.986,9	52.674,4
Lenga 50 mm	28,0	44,6	13,8	39.065,4	60.811,5	99.876,9

b) Costo por m³ de madera seca

CICLO DE SECADO	VOLUMEN A SECAR ($/m³)	COSTO POR ETAPA Etapa 1 H_i - PSF (m³)	COSTO POR ETAPA Etapa 2 PSF - H_i ($/m³)	COSTO POR METRO CUBICO ($/m³)
Pino Radiata 25 mm	8,6	1.853,2	2.479,2	4.332,4
Pino Radiata 50 mm	8,6	4.205,5	4.858,7	9.064,2
Coigüe 25 mm	5,6	24.877,9	9.578,7	34.456,6
Tepa 25 mm	7,9	-.-	4.958,4	4.958,4
Tepa 50 mm	7,9	7.116,6	4.925,3	12.041,9
Lenga 25 mm	7,9	2.871,8	3.795,8	6.667,6
Lenga 50 mm	7,9	4.945,0	7.697,7	12.642,7

c) Costo por m³ de agua eliminada

CICLO DE SECADO	AGUA ELIMINADA ($/m³)	COSTO POR ETAPA Etapa 1 H_i - PSF (m³)	COSTO POR ETAPA Etapa 2 PSF - H_i ($/m³)	COSTO POR METRO CUBICO ($/m³)
Pino Radiata 25 mm	2,52	9.107,4	27.680,8	14.785,3
Pino Radiata 50 mm	4,13	10.753,8	54.678,2	18.886,6
Coigüe 25 mm	3,82	40.890,0	129.504,3	50.495,1
Tepa 25 mm	0,69	-.-	56.385,6	56.385,6
Tepa 50 mm	2,51	29.528,0	64.314,0	37.916,1
Lenga 25 mm	1,48	27.154,4	46.839,9	35.699,4
Lenga 50 mm	1,11	96.434,0	85.421,4	89.656,1

INFOR

d) Costo por % de Humedad disminuida

CICLO DE SECADO	AGUA ELIMINADA ($/m³)	COSTO POR ETAPA Etapa 1 H_i - PSF (m³)	Etapa 2 PSF - H_i ($/m³)	COSTO POR METRO CUBICO ($/m³)
Pino Radiata 25 mm	59,7	382,2	1.184,5	624,1
Pino Radiata 50 mm	98,3	451,5	2.295,9	785,1
Coigüe 25 mm	134,7	1.160,0	3.674,0	1.432,5
Tepa 25 mm	20,1	-.- –	1.948,8	1.948,8
Tepa 50 mm	72,6	1.020,4	2.223,4	1.310,3
Lenga 25 mm	40,8	982,1	1.694,2	1.291,0
Lenga 50 mm	30,8	2.339,2	4.312,9	3.442,8

DISEÑO DE UN BANCO DE MEDICION DE DEFECTOS DE MADERA ASERRADA.

Martín Pavón H., Ingeniero Civil Mecánico. Departamento Industrias, División Regional. Instituto Forestal. Barros Arana 121, 3er. Piso. Concepción - Chile.

INTRODUCCION

La madera aserrada presenta generalmente diversos defectos geométricos, atribuíbles a diferentes causas, algunas de ellas inherentes al proceso de producción, tales como: aserrío, secado, encastillado, etc.

Es de interés para las empresas que producen madera, cuantificar cada uno de estos defectos con el propósito de clasificar la madera en diferentes grados, ya sea por aspecto o por resistencia; y a su vez realizar controles de calidad de su producción, especialmente posterior al secado.

El Instituto Nacional de Normalización a través de su Norma Nch 992 especifica la forma de medir los defectos de la madera. Sin embargo en dicha norma no se explicita, el

INFOR

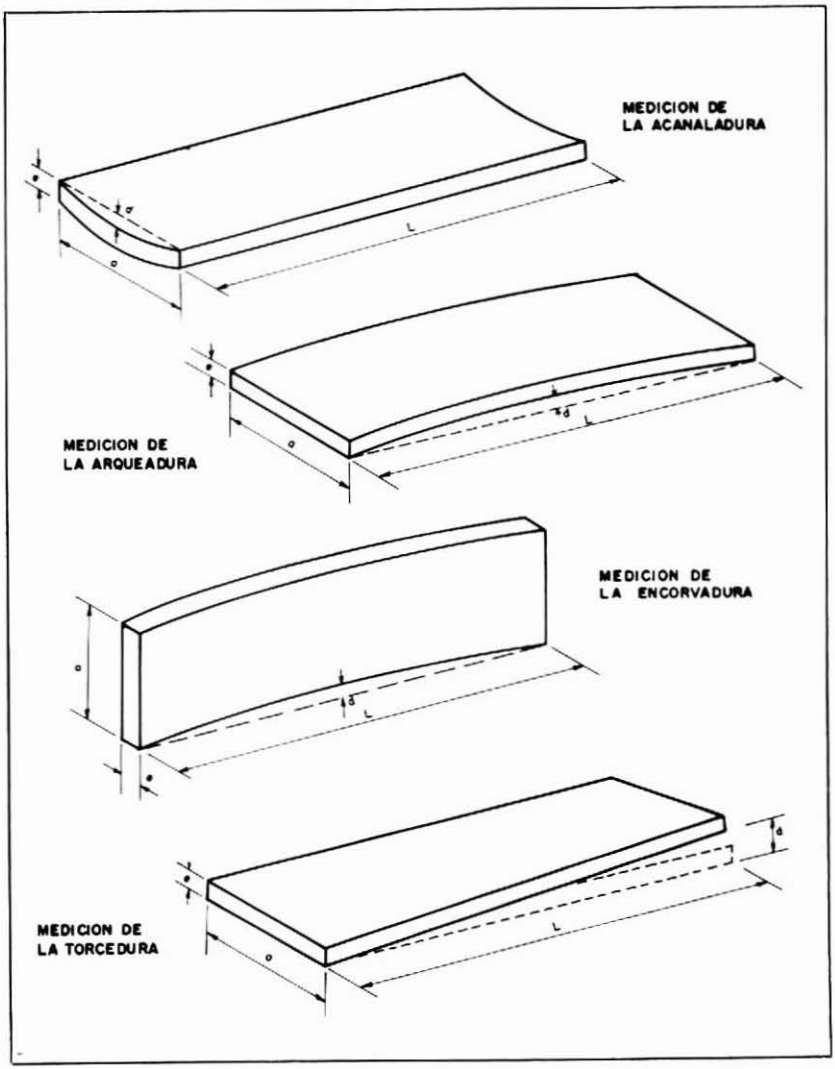
instrumental necesario para efectuar dichas condiciones. Se pretende mostrar un diseño simplificado, de bajo costo, para un banco que permite realizar la medición de los defectos geométricos de la madera aserrada en forma rápida y eficiente.

DEFECTOS GEOMETRICOS

Los defectos geométricos factibles de medir con el banco propuesto, son los denominados "Alabeos" por la norma chilena Nch 992.

FIGURA 1

DEFINICION Y MEDICION DE LOS DEFECTOS GEOMETRICOS DE MADERA ASERRADA



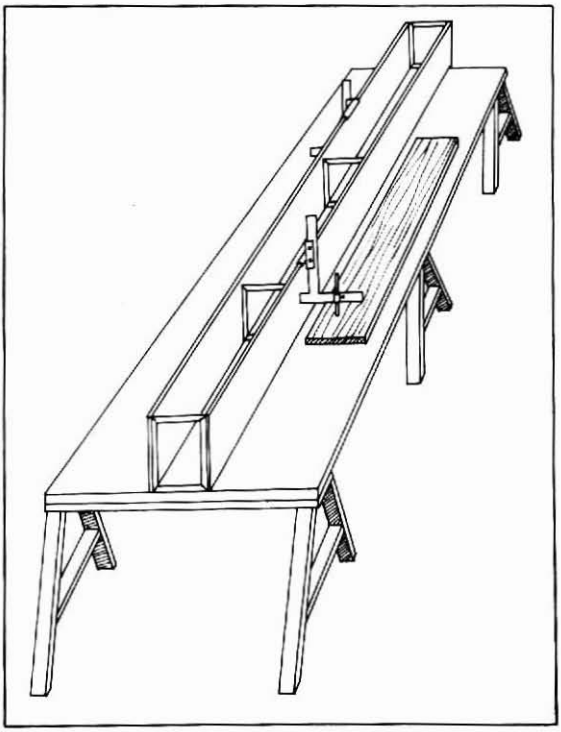
Definición y medición de los defectos geométricos

Alabeo: El alabeo es la deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes longitudinales, o de ambos a la vez. Puede tener diferentes formas.

- Acanaladura: Alabeo de las caras en la dirección transversal. Se le conoce también por "abarquillado". En la acanaladura se mide la deformación máxima (mm) que presenta una cara con respecto a una línea recta trazada por sus aristas (Fig. 1).
- Arqueadura: Alabeo de las caras en la dirección longitudinal. También se le llama "Combado". Debe medirse la máxima deformación (mm) que presenta una cara con respecto a una línea recta trazada por las cabezas de la pieza (Fig. 1).
- Encorvadura: Alabeo de los cantos en la dirección longitudinal. En la encorvadura se mide la deformación máxima (mm) que presenta un canto con respecto a una línea recta trazada por las cabezas de la pieza (Fig. 1).
- Torcedura: Alabeo helicoidal de la pieza en torno a su eje longitudinal. En este caso se mide la deformación mediante la distancia (mm) desde una esquina de la cara a una superficie plana sobre la cual están apoyadas las otras tres esquinas (Fig. 1).

FIGURA 2

BANCO DE MEDICION DE DEFECTOS



INFOR

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las consideraciones o restricciones básicas de diseño que se imponen para el banco son las siguientes:

- Sensibilidad de medición: 1 (mm)
- Largo máximo de piezas a medir: 4 (m)
- Ancho máximo de piezas a medir: 300 (mm)
- Espesor máximo de piezas a medir: 100 (mm)
- Cantidad de piezas a medir simultáneamente: 2

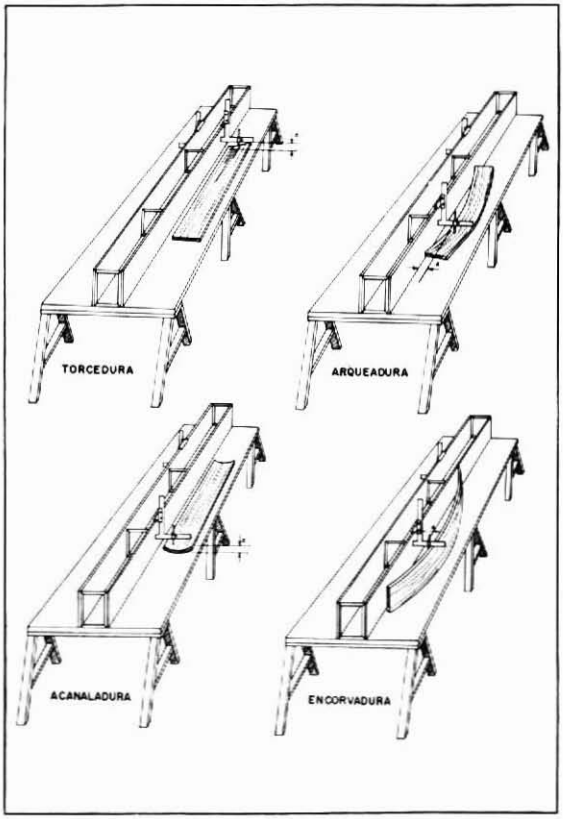
NOTA: El ancho y espesor máximos considerados se deben a que piezas de dimensiones mayores sufren menores deformaciones y rara vez son secadas.

Características Generales de Diseño

El banco (Fig. 2, 4, 5, 6, 7) consiste básicamente de una plataforma metálica base o mesa, la cual se apoya sobre caballetes de madera. Sobre esta plataforma y al centro de la misma, se ubican longitudinalmente, 2 superficies metálicas paralelas entre sí y perpendicula-

FIGURA 3

MEDICION DE DEFECTOS EN EL BANCO



INFOR

res a la placa base. En la parte superior de ambas superficies se sueldan tubos metálicos. A través de dichos tubos deslizan sendas escuadras metálicas graduadas, las cuales también tienen la posibilidad de desplazarse verticalmente soltando las mariposas que poseen para tal efecto. Cada escuadra posee un profundímetro que permite medir en el sentido vertical, el cual se usa especialmente en la medición de la acanaladura y torcedura.

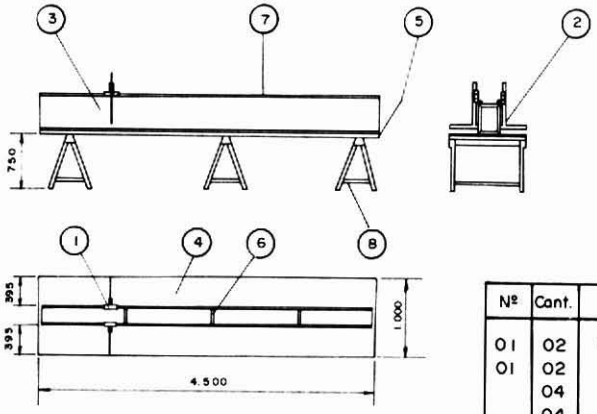
Con este banco se puede medir simultáneamente los 4 alabeos de dos piezas de madera aserrada, desplazando las escuadras longitudinal y verticalmente, buscando las deformaciones máximas a medir dependiendo del alabeo que se trate.

MEDICION DE LOS DEFECTOS EN EL BANCO

Acanaladura: Para la medición de la acanaladura, debe apoyarse la pieza con una de sus caras sobre la placa base y apegada a la superficie vertical perpendicular a ésta. A continuación debe bajarse la escuadra hasta que tope en las dos aristas longitudinales, luego se utiliza el profundímetro para medir la deformación de la cara con respecto a la línea recta generada por la escuadra (Fig 3).

FIGURA 4

BANCO PARA MEDICION DE DEFECTOS
(Plano de Conjunto)



Escala 1:25

Nº	Cant.	Designación	Material
01	02	Cañería 3/4" x 100	Fe galvanizado
01	02	Perfiles L 5x30x30x100	Acero
	04	Pernos M5x15	Acero
	04	Mariposas M5	Acero
02	02	Pl. 5x320x400	Acero
03	02	Pl. 5x400x4500	Acero
04	01	Pl. 5x1.000x4500	Acero
05	05	Listones 2"x3"x4 m	Madera
06	01	Perfil L 3x20x20x6.000	Acero
07	02	Barras ø 3/4"x4.500	Acero
	10	Pernos M25x60	Acero
	10	Tuercas M25	Acero
08	03	Caballetes Alt.750 - L 1.000	Madera

INFOR

FIGURA 5

BANCO PARA MEDICION DE DEFECTOS
(Planos de Detalle)

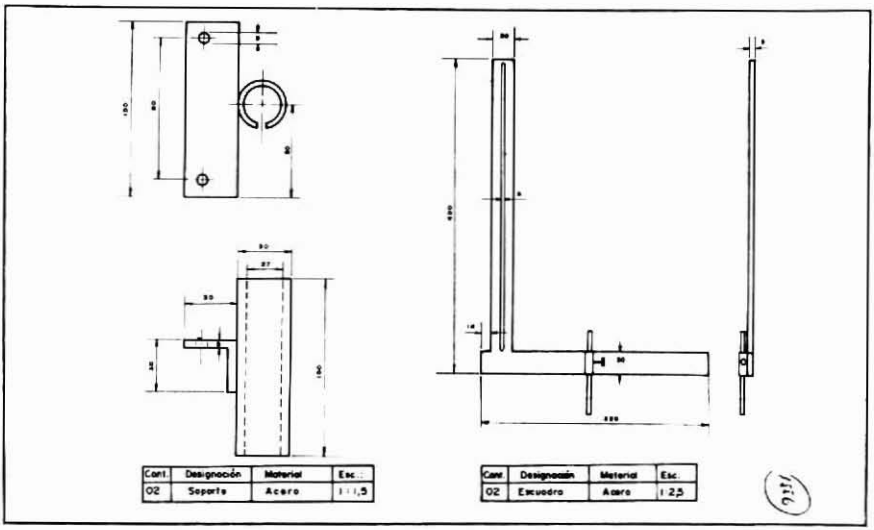


FIGURA 6

BANCO PARA MEDICION DE DEFECTOS
(Planos de Detalle)

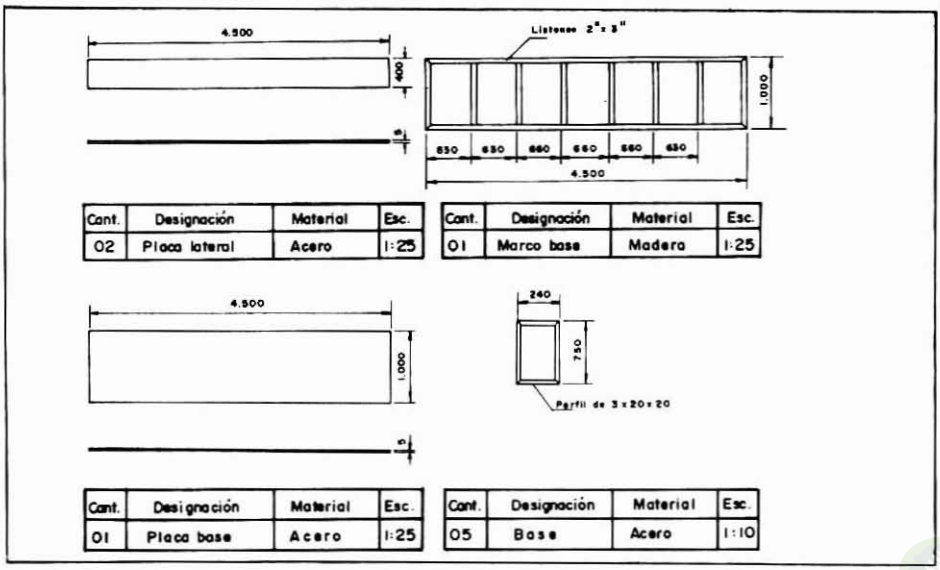
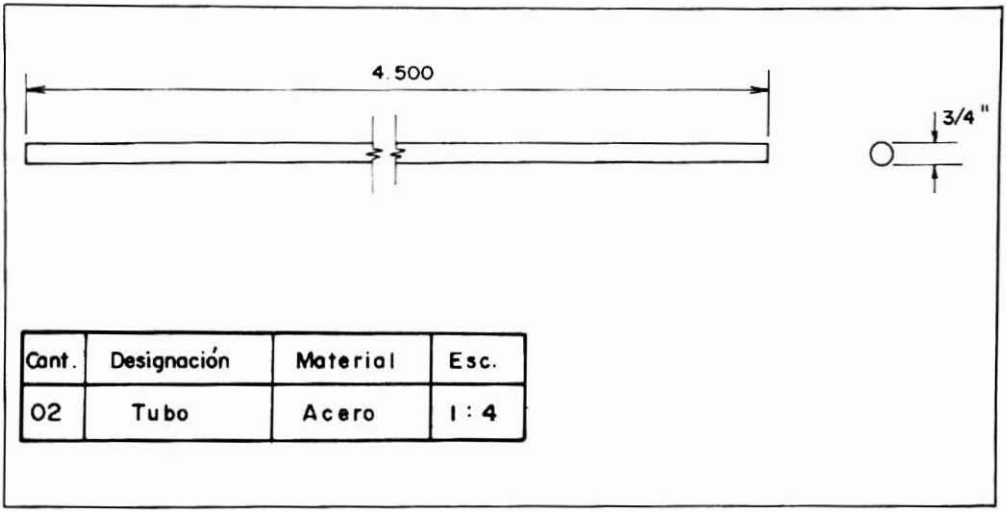


FIGURA 7

BANCO PARA MEDICION DE DEFECTOS
(Planos de Detalle)



Arqueadura: Para la medición de la arqueadura, debe colocarse la pieza con una de sus caras sobre la placa base apoyando sus cabezas en la superficie vertical perpendicular a la mesa, y se desplaza longitudinalmente para buscar el punto de máxima deformación, en el cual se mide la arqueadura. (Fig. 3).
Encorvadura: Para la medición de la encorvadura, debe colorarse la pieza con una de sus caras sobre la superficie vertical, y apoyando sus cabezas sobre la placa base. Posteriormente se baja la escuadra hasta topar la pieza, y se desplaza longitudinalmente para encontrar el punto de deformación máxima en el cual se mide la encorvadura (Fig. 3).
Torcedura: Para la medición de la torcedura se deben apoyar tres esquinas de la pieza, ya sea sobre la placa base, o la superficie vertical, y posteriormente se opera con la escuadra y/o profundímetro de manera análoga a la realizada para medir los otros alabeos, midiendo la deformación máxima.

CONSIDERACIONES FINALES

- La capacidad estimada de medición del banco es de unas 30 piezas/h, incluyendo los 4 alabeos para cada una.
- Se requiere como mínimo 3 personas para su operación: 2 medidores y un anotador.
- La instalación del banco debe hacerse sobre un terreno pavimentado y perfectamente nivelado, procurando no moverlo.
- El costo de materiales puede reducirse utilizando madera en lugares de acero, tanto para la mesa como para las superficies verticales, sin embargo se pierde precisión.

INFOR

El Instituto Forestal ha editado más de 20 publicaciones de investigación y desarrollo, durante 1987. En esta oportunidad se entrega un resumen de algunos y se indica su valor. Para su adquisición basta remitir cheque nominativo y cruzado a la orden del Instituto Forestal.

1.– SECADO POR DESHUMIDIFICACION DE ESPECIES MADERERAS DE INTERES COMERCIAL. Parte I. Pino Radiata, Coigüe, Tepa, Lenga. Informe Técnico Nº 100. División de Industrias Forestales, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 1987. 77 págs.

En nuestro país existe un número importante de equipos para secado por deshumidificación, que se utilizan únicamente para secar maderas nativas en estabecimientos de la pequeña y mediana industria, tales como fábricas de puertas, ventanas, parquet, mueblerías y otros similares. Muy pocos de estos equipos se encuentran instalados en aserraderos.

Las perspectivas de expansión futura de la industria nacional de elaboración de maderas, así como las crecientes exigencias de calidad que deben satisfacer sus productos, hacen necesario disponer de información técnico-económica que permita establecer en qué casos y bajo qué condiciones específicas es conveniente el secado por deshumidificación, antecedentes que harían posible optimizar el uso de las unidades existentes en el país y proyectarlo hacia otras áreas de la industria maderera. Sin embargo, esta información referente a tiempos y costos de secado, cuantificación de defectos y comparación con otros métodos, no se encontraba hasta ahora disponible en Chile.

Con el fin de llenar ese vacío, la División Industrias del Instituto Forestal, por encargo de la Corporación de Fomento de la Producción, realizó un completo estudio de esta técnica, cuyos resultados se dan a conocer en la publicación.

En su primera sección, proporciona una descripción de los aspectos técnicos del secado por deshumidificación, incluyendo los tiempos de secado y el consumo de energía determinados en experimentos de secado por deshumidificación y convencional realizados en el extranjero.

Después de analizar la situación actual del secado por deshumidificación en Chile, se entregan y discuten los resultados de un estudio experimental de esta técnica aplicada a cuatro especies madereras que crecen en el país, Pino Radiata ***(Pinus radiata)***, Tepa ***(Laurelia philippiana)***, Coigüe ***(Nothofagus dombeyi)*** y Lenga ***(Nothofagus pumilio)***, en piezas de 25 y 50 mm de espesor. Junto con los resultados de los programas de secado utilizados para cada especie, se presenta una cuantificación de los defectos producidos como consecuencia del proceso y se dan a conocer conclusiones específicas para cada una de las maderas estudiadas.

Además de gran cantidad de gráficos, cuadros y figuras, la publicación contiene dos Anexos destinados a la determinación de costos y a la comparación técnico-económicas del secado por deshumidificación con el método convencional.

Valor del ejemplar: $ 1.000.-

2.– DESARROLLOS TECNOLOGICOS RELEVANTES PARA LA INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL. Informe Técnico Nº 101. División de Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 52 págs.

Como consecuencia del abundante recurso de plantaciones de Pinus radiata, nuestro país posee importantes ventajas comparativas para la producción de madera pulpable. En efecto, las industrias de la pulpa y el papel son en la actualidad un pilar fundamental de la exportación forestal y se estima que en los próximos años tendrán un rol decisivo en la expansión industrial que el sector deberá llevar a cabo con el fin de aumentar su capacidad productiva de acuerdo con el considerable incrementeo que registrará la disponibilidad de madera.

INFOR

La expansión que este subsector deberá materializar hace, indispensable conocer en profundidad tanto las tecnologías de pulpaje tradicionalmente aplicadas, como aquéllas de más reciente desarrollo y las que podrán utilizarse en un futuro cercano.

Esta publicación proporciona información completa y actualizada referente a los procesos de pulpaje químico, mecánico y semiquímico, poniendo especial énfasis en las innovaciones tecnológicas más recientes.

Se describen además los principales tipos de papeles producidos actualmente, señalando sus características más importantes y algunas tendencias generales de su consumo. En este sentido, se analiza la influencia que el desarrollo de la computación y de algunas tecnologías de copiado han ejercido sobre la demanda de los distintos tipos de papel, así como el efecto que ha tenido la difusión de medios de comunicación que no requieren de la impresión (televisión, videotext y correo electrónico).

La publicación, entrega además abundante información cuantitativa referente a costos, consumo y producción de pulpa y papeles, todos temas de creciente interés en el sector forestal, entre las autoridades y entre el ambiente financiero nacional, último en el cual se discuten importantes proyectos de inversión en pulpa y papel.

Valor del ejemplar: $ 1.200.-

3.– LAS PLANTACIONES FORESTALES DE AMERICA LATINA. Informe Técnico Nº 102. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 76 págs.

Las futuras posibilidades de colocación de productos forestales chilenos en los países de América Latina, mercado natural para Chile, dependerán de la evolución que presenten los restantes países de la región como potenciales importadores o exportadores de estos productos, la que a su vez será el resultado del balance entre su demanda y su oferta interna.

Establecer en términos generales cuáles países serán mercados potenciales y cuáles competidores hace necesario disponer de información completa acerca del recurso forestal actual y de los planes de expansión de las plantaciones de la región. Con el fin de obtener y difundir dicha información, el Instituto Forestal realizó un estudio específico en el marco del proyecto *"Diagnóstico sobre demanda y perspectivas para los productos forestales de Chile en el mercado latinoamericano a mediano y largo plazo"*, encargado por la Corporación de Fomento de la Producción, a través de su Gerencia de Desarrollo.

Sus resultados se dan a conocer en esta publicación, que analiza en forma global el recurso con que cuenta la región, para centrarse luego con mayor detalle en los seis países que, con la excepción de Chile, han mostrado un desarrollo más significativo en la creación de plantaciones forestales con fines industriales. Se trata de Brasil, Argentina, Venezuela, Colombia, México y Perú.

El análisis de cada país y de la región incluye como aspectos principales la existencia de plantaciones forestales, los programas de forestación privados y estatales, las políticas gubernamentales tendientes a incentivar la forestación y una estimación de la oferta de madera para la fabricación de celulosa que se encontrará disponible a fines de siglo. Se estudian también características de las plantaciones tales como especies utilizadas, localización, costos de plantación y explotación, rendimiento y otros.

Como conclusión general, la publicación señala que, Chile, Brasil y Argentina son los países con mayor actividad forestal de la región, con posibilidades de cubrir en el futuro sus necesidades internas, generando además saldos exportables.

Valor del ejemplar: $ 850.-

4.– DISPONIBILIDAD DE MADERA PINO RADIATA EN CHILE. 1986 - 2015. Informe Técnico Nº 103. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 54 págs.

Como resultado de la apertura al comercio exterior iniciada hace algunos años y de las medidas puestas en marcha para fomentar las

INFOR

colocaciones externas, el sector forestal ha llegado a convertirse en uno de los sectores exportadores más dinámicos del país. Junto con ésto, enfrenta en la actualidad una situación sin precedentes: la existencia de un recurso de 1,2 millones de hectáreas de plantaciones forestales, de las cuales el 87% corresponde a la especie ***Pinus radiata*** D. Don.

El pleno aprovechamiento de la riqueza que ese recurso representa requiere disponer de la capacidad industrial y de la infraestructura necesarias para procesar adecuadamente la materia prima proveniente del bosque, transformándola en productos que satisfagan las demandas de los mercados externos, principal destino de la producción forestal nacional. Como un primer paso en este sentido, fundamental para planificar el desarrollo industrial del sector sobre bases sólidas, el comité de Inversiones Forestales se planteó el objetivo de conocer la magnitud del potencial de recurso existente y proyectar su disponibilidad a largo plazo.

Con esa finalidad, una Subcomisión Técnica, integrada por representantes de los sectores público y privado, encargó al Instituto Forestal la realización del estudio *"Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile 1986 - 2015"*.

La proyección se realizó mediante el modelo simulador OFERTA, desarrollado por INFOR en 1983. Para el horizonte de tiempo estudiado, el simulador proyecta el crecimiento y simula los raleos y la corta final de las plantaciones por clase de edad, dando como resultado el total de madera para dos tipos de rollizos, con un diámetro de entre 10 y 20 cms. y con un diámetro mayor que 20 cms.

Para este objeto, se realizaron tres proyecciones de la oferta futura de madera, de acuerdo con tres criterios diferentes: disponibilidad media con rotaciones fijas, disponibilidad máxima no decreciente y disponibilidad según escenarios de demanda.

Como base del estudio se utilizó el perfil de plantaciones existentes en 1985, obtenido como resultado de los inventarios de plantaciones efectuados por INFOR en los últimos cinco años. Entre los supuestos básicos empleados, se consideraron tasas de plantación futura de 48.500, 57.000 y 70.000 ha anuales. En cuanto a manejo, se supusieron tres esquemas: sin manejo, manejo tradicional y manejo intensivo.

El análisis de los resultados arrojados por los tres criterios empleados para proyectar la disponibilidad futura de madera de Pino Radiata, no hace más que confirmar el importante crecimiento que experimentará dicho recurso, el cual con mucha seguridad se duplicará a partir del año 2.000.

Valor del ejemplar: $ 2.000.-

5.– PERSPECTIVAS DEL MERCADO LATINOAMERICANO PARA PRODUCTOS DEL PINO RADIATA CHILENO. Informe Técnico Nº 104. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 60 págs.

Con el fin de determinar las posibilidades futuras de exportación forestal a los países de América Latina, la Corporación de Fomento de la Producción, a través de su Gerencia de Desarrollo, encargó al Instituto Forestal la realización del proyecto *"Diagnóstico sobre demanda y perspectivas para los productos forestales de Chile en el mercado latinoamericano a mediano y largo plazo"*, como resultado del cual se han publicado diversos estudios específicos.

Esta publicación engloba y resume toda la información emanada del proyecto, con el fin de proporcionar una visión de la posible evolución que seguirá dicho mercado, en especial en su condición de potencial comprador de los productos que exporta nuestro país. Para tal efecto, da a conocer las tendencias más probables que seguirán la producción y el consumo regionales y por país, de cuatro productos: madera aserrada de coníferas, tableros, pulpa kraft y papel para periódico, de acuerdo con los antecedentes y proyecciones disponibles.

En su primera parte, describe en términos generales la actual condición económica de América Latina, su disponibilidad de plantaciones forestales industriales y la situación de

INFOR

mercado de los cuatro productos señalados, incluyendo las exportaciones chilenas a la región.

En la segunda parte se analizan las futuras perspectivas de mercado de los productos, estimando los montos de déficit o excedente que se registrarán en diversas subregiones o países, de acuerdo con el recurso forestal existente, con el nivel de desarrollo actual y perspectivas de expansión de la industria forestal, y con las estimaciones disponibles acerca de demanda futura. También se dan a conocer algunas recomendaciones generales para orientar los esfuerzos de marketing en la región.

En un total de 25 cuadros y 9 anexos, la publicación proporciona además información detallada acerca de recurso forestal, producción, consumo y comercialización de los cuatro productos en la región y en algunos países de mayor interés.

Valor del ejemplar: $ 1.200.-

6.– VISION TECNOLOGICA DE LA INDUSTRIA FORESTAL CHILENA. Informe Técnico Nº 105. División Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 57 págs.

Con el fin de proporcionar una caracterización de las condiciones en que operan actualmente los principales rubros productivos del sector, el Instituto Forestal elaboró la publicación *"Visión tecnológica de la industria forestal chilena"*, que se enmarca dentro del proyecto *"El sector forestal y sus requerimientos de inversión"*, encargado por la Corporación de Fomento de la Producción.

El objetivo de esta publicación es dar cuenta de la situación tecnológica presente de la industria productora de madera aserrada, madera elaborada, tableros y chapas, y, pulpa y papel. Para ello, la publicación analiza cada uno de estos subsectores, en términos de su producción, capacidad instalada, inversión, tecnología empleada, eficiencia, costos, escalas de producción, mano de obra y calidad del producto.

En el caso de la industria del aserrío, la información se entrega clasificada en aserraderos mecanizados, tradicionales no mecanizados y temporales, caracterizándolos de acuerdo con su tecnología y eficiencia, a cada uno de los grupos. Se entrega una visión detallada del tipo y calidad de maquinaria y de las instalaciones con que cuentan, señalando las etapas que contempla el proceso productivo y los rendimientos que se obtienen según el tipo de aserradero. Se presentan también antecedentes sobre la calidad de la madera aserrada y sobre los factores que la determinan, calidad de la materia prima, proceso de corte y tratamientos posteriores.

En la sección destinada a la industria de elaboración de madera, la publicación proporciona cifras de producción y número de máquinas para dimensionado y elaborado, destacando la antiguedad de la tecnología empleada, el carácter intermitente de la producción a lo largo del año y señalando algunos problemas tales como la necesidad de normalizar los productos, la escasez de capacidad de secado artificial y diversas deficiencias de calidad.

Al referirse a la industria de tableros y chapas, la publicación entrega antecedentes tecnológicos sobre las principales plantas productoras de tableros de fibra, de partículas, contrachapados y chapas, describiendo su maquinaria y sus procesos de producción. Del mismo modo, caracteriza la industria de pulpa y papel proporcionando los aspectos tecnológicos básicos de las principales plantas existentes en el país.

La publicación dedica también un capítulo al estudio de las necesidades de modernización y reparación de equipos de cada una de estas industrias y entrega antecedentes generales sobre la infraestructura y los servicios de apoyo a la actividad forestal.

Valor del ejemplar: $ 1.500.-

7.– EL MERCADO FORESTAL INTERNO. Informe Técnico Nº 106. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 138 págs.

Debido a la creciente importancia que está adquiriendo el mercado interno para la activi-

INFOR

dad forestal, la Corporación de Fomento de la Producción encargó al Instituto Forestal la elaboración de un documento sobre dicho mercado, en el marco del proyecto *"El sector forestal y sus requerimientos de inversión"*.

El objetivo de la publicación es proporcionar todos los antecedentes necesarios para conocer la estructura y los canales de comercialización del mercado interno, junto con proyectar el nivel esperado de su actividad hasta fines de siglo. Para ello presenta en primer lugar una completa caracterización del sector forestal en términos de su tamaño e importancia dentro de la economía nacional, capacidad y expectativas y expone algunos antecedentes referentes a la medición del equilibrio entre la oferta y la demanda forestal.

A continuación, se describe y analiza el comportamiento de los precios, presentando series trimestrales desde 1976 hasta 1986 para un total de 16 productos, incluyendo productos primarios, de la industria de aserrío, de tableros, de chapas y de madera elaborada.

En el capítulo referente a comercialización, la publicación estudia los sistemas de distribución en el mercdado interno de los principales productos forestales, madera aserrada, paneles de madera, pulpa y papel, analizando también la distribución geográfica de los mercados. Caracteriza asimismo los servicios de transporte y almacenamiento de productos, los diversos sistemas de financiamiento y de seguros para la actividad forestal y las prácticas de clasificación y normalización de productos vigentes en la actualidad, factores que constituyen un servicio auxiliar a la labor de comercialización.

Al estudiar la oferta y demanda de productos forestales, la publicación se refiere a un total de trece productos, que incluyen desde los rollizos aserrables y pulpables hasta los envases y los muebles de maderas, analizando en cada caso el marketing de productos y de precios, así como las prácticas de promoción que se llevan a cabo en la actualidad.

Además, se entrega un modelo de proyección de la demanda de productos forestales en el mercado interno para el período 1990 - 2005, en términos de consumo total y per cápita, y compara sus resultados con los que han arrojado las proyecciones realizadas por FAO, el Banco Mundial y Chase Econometrics.

La publicación presenta generalmente tres Anexos, entre los cuales se incluye una proyección de la demanda anual total y per cápita de ocho productos forestales para el período 1986 - 2005.

Valor del ejemplar: $ 1.300.-

8.– TECNOLOGIA Y PERSPECTIVA DE LOS TABLEROS DE PARTICULAS TIPO WAFERBOARDS, FLAKEBOARDS Y OSB. Informe Técnico Nº 109. División de Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 117 págs.

Los tableros de partículas no tradicionales son un producto capaz de competir técnica y económicamente con el contrachapado estructural de coníferas, pero su tecnología de fabricación, propiedades y usos son muy poco conocidos en el país. Con el fin de superar este desconocimiento el Instituto Forestal editó esta publicación, a solicitud de la Coorporación de Fomento de la Producción, que recopila la información disponible a nivel mundial en relación a dos tipos de tableros de partículas no tradicionales, denominados flakeboards (o waferboards) y oriented strandboards (OSB) y analiza la posibilidad de fabricar estos tableros en Chile.

La publicación da a conocer en primer término la historia, terminología y definiciones relativas a estos productos. Revisa luego las diversas fuentes de materia prima fibrosas y describe en forma detallada el proceso de fabricación de ambos tableros, complementando el texto con numerosas figuras e incluyendo un análisis de cada una de las variables de producción.

En la sección dedicada a las propiedades físicas y mecánicas, da a conocer los valores que alcanzan las propiedades básicas y aplicadas de estos tableros, y presenta además una comparación con las propiedades de otros productos similares.

INFOR

Desde el punto de vista económico, la publicación analiza los costos de producción y de inversión, así como el mercado de estos paneles, señalando sus usos principales. Finalmente se estudia la posibilidad de fabricarlos en Chile analizando los costos, mano de obra, materia prima y otros aspectos relevantes. Entre las conclusiones se señala que, frente a otros paneles, estos tableros de partículas no tradicionales cumplen el requisito esencial de presentar una calidad semejante a un costo menor o bien una calidad superior con un costo de fabricación similar. Adicionalmente, las principales variables técnico-económicas indican que estos tableros representan una alternativa clara frente a otros productos, por lo cual obtienen buenas posibilidades de penetrar el mercado chileno a mediano plazo.

Valor del ejemplar: $ 1.600.-

9.– EL MERCADO INTERNACIONAL Y LAS EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS. Informe Técnico Nº 110. Gerencia Técnica, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 1987. 230 págs.

Esta publicación ha sido preparada para analizar la participación histórica y las posibilidades futuras del sector exportador forestal en diversos mercados y países de destino.

En su primera parte, la publicación caracteriza en términos globales el rol del sector forestal chileno dentro del mercado mundial, para lo cual estudia la evolución de las exportaciones nacionales de madera aserrada, trozos de Pino Radiata, papel periódico, tableros y pulpa en sus tres tipos, identificando en cada caso los principales países compradores.

A fin de determinar la oferta potencial de exportaciones forestales del país, el informe analiza aspectos tales como esquema de propiedad del recurso, proyecciones de oferta, demanda interna y costos de los productos forestales.

Se estudia posteriormente el comercio mundial de trozos aserrables de coníferas, madera pulpable y astillas, madera aserrada de coníferas, pulpa de madera, papel y cartón, señalando volúmenes comercializados y países de origen y destino, destacando la presencia de Chile en cada uno de los mercados. Para establecer las posibilidades futuras de nuestro país, se revisan luego las condiciones probables que influirán en los próximos años sobre la demanda mundial y la oferta de los principales países competidores, comparando los costos de producción que se registran en Chile y el de los competidores más importantes.

En su segunda parte, la publicación presenta una síntesis de las condiciones actuales y las perspectivas futuras de las principales regiones y países compradores y los competidores relevantes para la exportación forestal chilena.

Entre los compradores potenciales se estudian en forma global los mercados latinoamericanos y europeo y, en particular, los diez países de destino más destacados, en términos de su recurso e industria forestal, su oferta y demanda de productos del bosque y posibilidades que existen para Chile.

La sección dedicada a los competidores, incluye a tres de los mayores productores del mundo, Estados Unidos, Canadá y la Unión Soviética y también a Nueva Zelandia, estudiando su recurso, su producción y comercio de productos forestales. Se analiza además la existencia mundial de bosques tropicales, entregando antecedentes acerca de los principales países que disponen de este recurso.

La publicación incluye también un Anexo en el cual se entregan antecedentes estadísticos agregados de un total de 24 países en relación a su tasa de crecimiento del P.G.B, del consumo de diversos productos forestales proyectado hasta el año 2.000, tasa de crecimiento anual de las importaciones y exportaciones entre 1974 y 1984, aranceles aplicables a los productos forestales y trabas que afectan a la importación.

Valor del ejemplar: $ 1.800.-

INFOR

10.– TABLAS DE CONVERSION MECANICA Y ELABORACION. Manual Nº 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 numerosas 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, volumen de madera en trozos requerido 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.-

11.– CLASIFICACION ESTRUCTURAL MECANICA DE LA MADERA. PRINCIPIOS Y APLICACION. Informe Técnico Nº 107. División Industrias, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 91 págs.

El uso eficiente de la madera como material estructural requiere la clasificación de las piezas de acuerdo con sus propiedades de resistencia. La clasificación estructural mecánica, frente a la clasificación visual tradicional, es el método preferido actualmente en los países de mayor desarrollo forestal, pero no ha sido aún introducido en Chile. Con el fin de dar a conocer este método se elaboró esta publicación.

El objetivo fue entregar antecedentes sobre el proceso de clasificación estructural mecánica de la madera, incluyendo una descripción de sus principios técnicos; información sobre el uso actual de esta tecnología en el mundo; métodos y maquinarias usadas, costo de las máquinas y normas de clasificación estructural mecánica aplicadas al Pino Radiata en Australia y Nueva Zelandia.

La publicación proporciona en primer lugar una descripción general de los dos méto-

INFOR

dos de clasificación estructural existentes: visual y mecánica; luego caracteriza los métodos de clasificación mecánica empleados en Estados Unidos, Canadá, Inglatera y Australia; a continuación describe las máquinas diseñadas para realizar este tipo de clasificación, incluyendo desde las más antiguas hasta las desarrolladas recientemente y señalando sus valores de venta; también presenta las normas actualmente utilizadas en Australia y Nueva Zelandia para el caso específico del Pino Radiata y finalmente se propone un procedimiento que se podría aplicar en Chile para desarrollar esta técnica. El informe se complementa con una extensa bibliografía sobre el tema.

Todos los antecedentes que presenta la publicación se encuentran apoyados por gran cantidad de figuras y tablas que incluyen, entre otras materias, diagramas de las máquinas utilizadas para la clasificación estructural mecánica, representaciones esquemáticas de diversos ensayos y descripciones de los grados de clasificación estructural establecidos en los países estudiados.

El estudio señala que la clasificación estructural mecánica es más eficiente que la visual, porque es un método rápido y permite clasificar las piezas de acuerdo con una determinación experimental de su resistencia, haciendo posible ubicarlas en grados de mejor calidad, Teniendo en cuenta las ventajas de este método, la publicación recopila en un solo documento la información disponible sobre clasificación estructural mecánica de la madera y entrega también completos antecedentes sobre el método visual, contribuyendo así a orientar y promover futuras investigaciones y aplicaciones en esta materia.

Valor del ejemplar: $ 1.000.-

12.– CLASIFICACION ESTRUCTURAL DEL PINO RADIATA DESTINADO A MADERA LAMINADA. Informe Técnico Nº 108. División Industrias Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987,. 77 págs.

En nuestro país, el proceso de fabricación de madera laminada no contempla la clasificación de la madera que se destina a los elementos laminados, lo cual difiere notoriamente según la clasificación que se aplica a la madera aserrada. Debido al desconocimiento existente sobre el tema, la Corporación de Fomento de la Producción y el Instituto Forestal estimaron conveniente preparar esta publicación orientada a analizar los criterios que se deben seguir en la clasificación estructural de la madera que se usa en laminados.

El objetivo de la publicación es proporcionar antecedentes sobre el próceso de clasificación estructural de la madera de Pino Radiata destinada a la fabricación de madera laminada encolada. El informe entrega información sobre el uso de esta tecnología en Estados Unidos y Canadá y presenta la proposición de un tipo de clasificación para el Pino Radiata y su aplicación a vigas rectas de madera laminada que fueron fabricadas y posteriormente ensayadas por INFOR. Con los antecedentes del estudio, se proponen además, como Anexos, tres documentos que pueden servir de base en un eventual estudio y elaboración de normas chilenas sobre la materia.

En primer lugar, la publicación describe las características que influyen sobre la resistencia de un elemento de madera, comparándolas con aquellas que se deben considerar en la madera que se destina a la fabricación de laminados. Luego se propone una clasificación estructural con tres grados, la cual se aplica experimentalmente a la fabricación de elementos laminados rectos; posteriormente se describe el ensayo de estas vigas y se presentan los resultados y conclusiones obtenidos.

La publicación presenta numerosas figuras y tablas, destinadas especialmente, éstas últimas, a establecer comparaciones entre las vigas laminadas construidas con madera perteneciente a los diversos grados de clasificación, en términos de módulo de ruptura, módulo de elasticidad y tensión admisible.

Las conclusiones del estudio confirman la necesidad de clasificar la madera que se destina a la fabricación de proposiciones que con-

INFOR

tribuyan a la elaboración de una norma chilena, la publicación recomienda promover el uso de madera clasificada en laminación, a fin de que los productores mejoren su tecnología, aumentando así la utilización de este producto maderero.

Valor del ejemplar: $ 1.300.-

13.– ARGENTINA: DIAGNOSTICO SOBRE DEMANDA Y PERSPECTIVAS DE LOS PRODUCTOS FORESTALES CHILENOS. Cuaderno de Mercado 6. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 1987. 171 págs.

Por su condición de mercado tradicional para los productos forestales chilenos, Argentina constituyó un país de especial interés dentro del proyecto "Diagnóstico sobre demanda y perspectivas para los productos forestales de Chile en el mercado latinoamericano a mediano y largo plazo", realizado por el Instituto Forestal a solicitud de la Corporación de Fomento de la Producción.

Durante muchos años Argentina fue destino principal de las exportaciones forestales de nuestro país, pero su importancia ha ido disminuyendo a medida que su producción interna se ha incrementado. Es por eso que, al proyectar las posibilidades futuras de colocación de los productos forestales chilenos en Latinoamérica, se hizo imprescindible estimar cuál sería la evolución del mercado argentino, no sólo como destino de las colocaciones chilenas, sino también como exportador y potencial competidor de nuestro país en la región.

Por ello la Gerencia Técnica del Instituto Forestal ha elaborado esta publicación que presenta los resultados de dicha evaluación, proporcionando al mismo tiempo la abundante información en la que ella se basó. El análisis se centra en madera aserrada, pulpa kraft y papel periódico, de los cuales Argentina era deficitaria hasta hace algunos años.

Del total de 90 cuadros que contiene la publicación, una parte importante se refiere al recurso forestal argentino, incluyendo superficies y volúmenes estimados en bosque nativo y plantaciones, por clase de edad y por especies; productividad, incrementos volumétricos y el grado de cumplimiento de los planes de forestación emprendidos.

En las secciones dedicadas a cada uno de los productos forestales, se estudian su capacidad instalada, producción, consumo aparente y per cápita, importaciones y otras variables que entregan una visión completa del nivel de desarrollo y de las condiciones en que opera la industria argentina productora de madera aserrada, pulpa y papel periódico.

En estos capítulos, el énfasis está puesto en la proyección del consumo y de la producción futura, a fin de determinar los posibles déficits o excedentes que registrará el país hasta el año 2000. Con este objetivo se analiza la evolución que registrará el recurso forestal, el consumo y la capacidad instalada y producción, de acuerdo con los planes de inversión existentes y los proyectos de nuevas plantas de producción que comenzarán a operar en los próximos años. Al mismo tiempo, se estudia la importancia que ha tenido Chile como abastecedor de ese país y se analizan algunas características del mercado argentino que pueden influir en el futuro sobre las colocaciones chilenas de los tres productos.

La publicación contiene además un Directorio Forestal Argentino, que incluye las principales instituciones y empresas del sector maderero, de la pulpa y el papel.

Valor del ejemplar: $ 1.200.-

14.– VENEZUELA: PERSPECTIVAS DE COLOCACION DE PRODUCTOS DEL PINO RADIATA CHILENO. Cuaderno de Mercado 2. Gerencia Técnica, Instituto Forestal. Santiago, Chile, 1987. 85 págs.

Con el objetivo de proporcionar a los empresarios del sector y a las autoridades económicas información que contribuya a planificar y materializar exitosamente la colocación de productos forestales chilenos en los mercados externos, la Corporación de Fomento de la Producción encargó al Instituto Forestal la realización del Proyecto "Diagnóstico sobre

INFOR

demanda y perspectivas para los productos forestales de Chile en el mercado latinoamericano a mediano y largo plazo". El estudio tuvo por objetivo evaluar las condiciones de diversos países del continente en la comercialización de productos forestales.

La publicación "Venezuela: Perspectivas de colocación de productos del Pino Radiata chileno", elaborada como uno de los resultados de dicho proyecto, analiza las posibilidades que ofrece ese mercado para la exportación de madera aserrada, madera elaborada, celulosa kraft y papel periódico, sobre la base de una detallada y completa información referente a las condiciones actuales y perspectivas de desarrollo del recurso forestal del país, de la producción, demanda y comercio exterior de los cuatro productos señalados y de la participación de Chile en las importaciones que efectúa ese país.

Pese a que dispone de una gran superficie de bosques, Venezuela sólo genera una pequeña proporción de la materia prima que requiere su industria forestal, de modo que los mayores volúmenes provienen de las importaciones. Por otra parte, el país no produce actualmente celulosa kraft ni papel periódico, y tampoco cuenta con instalaciones destinadas a la producción de esos rubros.

A fin de determinar si estas condiciones se mantendrán en el futuro y de examinar cuáles son las reales posibiliddaes de exportación hacia ese mercado, la publicación analiza con especial énfasis las superficies, características y productividad de los bosques naturales y artificiales, incluyendo cálculos de valor de la madera en pie, y la capacidad instalada de los cuatro productos considerados.

En un total de 41 cuadros, se entrega además abundante información cuantitativa, entre la que destaca las cifras referentes a la importación de los distintos productos y la participación de Chile frente a otros países proveedores. La publicación, de 85 págs, contiene también un completo Directorio Forestal de Venezuela.

Valor del ejemplar: $ 1.200.-

INFOR

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 fines 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:* Comentario 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 agradecimientos, 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

INFOR

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 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 empresa 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

INFOR

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 su 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 Bibliografía 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 podra 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 Nº 554, Piso 3º, Santiago, Chile.

INFOR