ISSN 0716-5994

VOLUMEN 8 Nº 2

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

DICIEMBRE 1994



INFOR

INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE

ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 8 Nº 2

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

DICIEMBRE 1994

Propiedad Intelectual
Registro Nº 94.398

INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE

INFOR

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

Director : René Saa Vidal

Editor : Santiago Barros A.

Consejo Editor : Ronald du Belloy G, Rolando Bennewitz B., Ignacio Cerda V., Hans Grosse W.

Editores Asociados : René Alfaro (Canadá), José Antonio Prado, Antonio Vita, Fernando Cox, Roberto Delmastro, Claudio Donoso, Fernando Garrido, Bertram Husch, Roberto Melo, Ramiro Morales, Manuel Ortiz, Hernán Peredo, Vicente Pérez, Roland Peters, Hernán Poblete, Juan Schlatter, Harald Schmidt, Jorge Toro, Derek Webb (Canadá)

Dirección Postal : Huérfanos 554 Casilla 3085. Santiago Chile.
Fonos 6397911 - 6396189
Fax 6381286

El valor de la suscripción anual para 1994, que consta de dos ejemplares, es de $15.200 incluido I.V.A., de $8.000 para estudiantes y de US $30,00 para el extranjero incluido el franqueo. El valor de cada ejemplar es de $8.000, de $4.000 para estudiantes y de US $18.00 incluido franqueo, para el extranjero.
La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.
Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin la previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal (INFOR - Chile).

INFOR

CONTENIDO

Artículos

Clasificación de Madera Aserrada en Bloques de las Especies **Nothofagus alpina** (Poepp. et Endl.), **Nothofagus obliqua** (Mirb. Oerst.) y **Nothofagus dombeyi** (Mirb. Oerst) Según Norma DIN-68369
.....Bernardo Avilés, Hans-Jörg Henle 203

Consumo de Potencia en Unidades de Fluidización de Aserrín
..... Rogelio Moreno, Rolando Ríos, Heriberto Soto y FlorianoNúñez..... 235

Efectos Ambientales del Reemplazo de Bosque nativo por Plantaciones (Estudio en Cuatro Microcuencas en la Provincia de Valdivia)
..... Luis Otero, Alvaro Contreras y Luis Barrales 253

Análisis Espacial en Renovales de Roble **Nothofagus obliqua** (Mirb. Oerst.) y Raulí **Nothofagus alpina** (Poepp. et Endl.) .....Marjorie Martin 277

Conversión de Densidades de la Madera
.....Aldo Cisternas 301

Apuntes

El Olivo (**Olea europea L.**) una Especie de Interés para Zonas Aridas y Semiáridas.....Sandra Perret 317

La Tecnologia de Gestión y los Procesos para Innovar
.....Federico Quilodrán 337

Método para Localización de Parcelas Permanentes Basado en Uso de Imágenes Digitales
.....Carlos Bahamóndez 345

INFOR

CONTENIDO

Notas Bibliograficas

Exportaciones Forestales Chilenas..... 357

Boletines de Precios Foretales..... 357

Precios de Productos Forestales..... 357

La Industria del Aserrío en Chile..... 357

Reglamento de Publicación

Estructura de los Trabajos..... 360

Presentación de los Trabajos..... 362

Envío de los Trabajos..... 365

INFOR

CLASIFICACION DE MADERA ASERRADA EN BLOQUES DE LAS ESPECIES Nothofagus alpina (Poepp.et Endl.), Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst. y Nothofagus dombeyi (Mirb.Oerst) SEGUN NORMA DIN-68369

Bernardo Avilés (*)
Hans-Jörg Henle (**)

RESUMEN

El estudio se realizó con material extraído de la Hacienda Jauja IX región Chile. El objetivo principal fue probar si es posible, con las especies de ***Nothofagus*** *analizadas, la producción de madera de alta calidad y establecer las bases para la transformación del bosque secundario en bosque productivo.*

Las piezas aserradas, que provinieron de árboles cosecha y se clasificaron según la norma HKS «Handelsklassensortierung», se midieron y clasificaron según la norma DIN-68371 y DIN-68369 respectivamente, correspondiente a la especie ***Fagus sylvatica****. La madera fue caracterizada en relación a la presencia de defectos y daños, en los que se considero tipo, forma y frecuencia.*

Los resultados indican que el 50% de las piezas aserradas presenta ancho de anillos regular y menor de 1,5 mm, el 60% presenta algún tipo de deformación en donde la arqueadura representa el 80% y el 65% de las piezas presenta duramen y excelente aspecto. La grieta y la acebolladura son importantes para la clasificación y se estima que el 80% de las piezas la presenta. La pudrición café predomina sobre la pudrición blanca, especialmente en ***N. alpina****; el 80% de la pudrición se encuentra en estado inicial.*

N. alpina *no presenta daños por insectos mientras que* ***N.dombeyi*** *se encuentra dañada en el 50% de los casos. Además, se encontró que el 15% del daño es superficial y el 80% profundo en el cuerpo de la madera y que abarca el duramen.*

N. alpina *presenta la mayor abundancia de nudos, sin embargo el 75% estaban sanos. Los nudos, en otras especies, son un aspecto secundario para la clasificación.*

(*) Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, casilla 537, Chillán, Chile
(**) Waldbau-Institut, Universität Freiburg, Bertoldstr. 17, 79085 Freiburg i.Br. Alemania

INFOR

La clasificación DIN-68369 entrega menos de 20% en la clase I, cerca de 50% en la clase II y menos de 30% en la clase III. La norma es posible de aplicar sin problema en las especies analizadas.

En general los antecedentes de la muestra indican que la cantidad de ramas en el árbol es el aspecto mas relevante en la producción de madera de buena calidad con la cual se puede acceder al mercado, mientras que el daño por insectos y la pudrición sólo son relevantes en el caso de ***N. dombeyi****.*

Palabras claves*: **Nothofagus**, Clasificación, Calidad, Defecto.*

ABSTRACT

The study was carried out with material extracted from Hacienda Jauja IX Region, Chile. The main objective was to prove, with the analyzed ***Nothofagus*** *species, the production of high quality wood and to stablish the bases for the transformation from secondary forest to productive forest.*

The sawn pieces, from crop trees and previously classified by HKS "Handels-klassensortierung", were measured and classified by the DIN-68371 AND DIN-68369 norms, which correspond to ***Fagus sylvatica****. The wood was characterized in relation to the presence of defects and damage considering their type, shape and frecuency.*

The results indicate that 50% of the sawn pieces presents a regular ring width less than 1,5 mm. Sixty percent of the pieces presents some type of deformation, of which 80% is curvature. Only 65% of the pieces presents core wood and excellent aspect. Simple and "onion-like" crevices are relevant for the classification, and it is estimated that 80% of the pieces has them. Brown rotting predominates over white rotting;specially in ***Nothofagus alpina****. Eighty percent of the rotting is in the initial stage.*

Nothofagus alpina *does not present insect damage, whereas* ***Nothofagus dombeyi*** *presents 50% insect damage. Also, 15% of the damage is superficial and 80% is deep, reaching the core wood.*

Nothofagus alpina *presents the highest number of knots, however 75% of them were healthy. The knots in the rest of species are a secondary issue for the classification.*

The DIN-68369 classification gives less than 20% in the class I, almost 50% in class II and less than 30% in the class III. This norm is feasible to apply without problem in the analyzed species.

In general, the antecedents of the sample indicate that the branch quantity in the tree is the most relevant aspect for the production of good quality wood, with which it can be possible to enter in the market; while insect damage and rotting are only relevant in the ***Nothofagus dombeyi*** *case.*

Key words: Nothofagus, *Classification, Quality, Defects.*

INFOR

INTRODUCCIÓN

Aspectos Generales

El bosque nativo chileno de segundo crecimiento constituye para el país un recurso básico, el que debe ser estudiado en su potencial y en sus características para la producción de madera.

La situación actual de mercado mundial indica que sólo será posible comercializar productos forestales, cuando estos cumplan con las medidas de calidad exigidas por los países compradores. Para ello se plantea la necesidad urgente, entre otras como origen de la madera y control en la aplicación de fertilizantes y biocidas, de probar nuevos métodos de clasificación de la madera, desde un punto de vista integral y que a su vez permitan la cualificación de productos que no tan solo provengan de cortas finales sino también de cortas intermedias.

Clasificación según Calidad

La clasificación de madera aserrada, según calidad, ordena la comercialización interna de los productos e induce una segmentación del mercado. De esa forma, ésta juega un papel decisivo en la definición de la calidad que será posible comercializar, considerando tanto las dimensiones que tienen aceptación en el mercado, como también los defectos y sus rangos de tolerancia.

La clasificación de maderas permite competir en mercados internacionales de una forma eficiente. A través de esta vía es posible una reorientación de las estrategias de producción y comercialización, en la cual no debe primar el volumen de madera, sino que por el contrario es relevante la continuidad en la cantidad y la calidad. Así se satisfacen los objetivos del comprador.

INFOR

Desde el punto de vista del productor la existencia de un mercado regulado le permite conocer sí esta en condiciones de producir y qué será necesario producir para tener acceso a éste. Así también, el conocimiento sobre calidades le permite inferir sobre el tipo de intervenciones silvícolas necesarias de realizar para producir un determinado producto y calidad, lo que obligará al silvicultor a trabajar con objetivos de producción. Este es, indudablemente, un cambio significativo en lo que se refiere a la silvicultura en bosque nativo, en el que hasta el momento se ha trabajado sin objetivos de producción (Avilés, 1993).

Entre las clasificaciones importantes de madera aserrada en Chile se encuentran el Reglamento Especial de Requisitos para las Maderas de Exportación (1934) (1) y la Clasificación Visual por Despiece o Aprovechamiento NCh 1969. Of86, que se fundamenta en las Normas NCh 173, NCh 174, NCh 992 (INN, 1986). Sin embargo, en esta norma no se describen algunos aspectos cualitativos importantes, sino que la evaluación se refiere principalmente a la "peor cara" de una pieza aserrada y que considera los defectos derivados del proceso de transformación y sus dimensiones.

Utilización de la Madera

La utilización de la madera de especies nativas, entre las cuales **N. alpina**, **N. obliqua** y **N. dombeyi** tienen un rol importante, se ha caracterizado durante la últimas década por su alta participación en la producción de muebles y derivados. Este rubro especialmente dirigido a los productos de exportación, ha mantenido un aumento sostenido entre los años 1985 y 1992.

Durante 1992 la exportación de productos, provenientes del bosque nativo, alcanzó cifras cercanas a US$ 137 millones y representó cerca del 12% de las exportaciones del sector. La exportación de muebles, partes y piezas alcanzó US$ 2,3 millones y representó 1,7% de las exportaciones de productos provenientes del bosque nativo (Cabaña, 1993). Productos tales como: sillas y sillones, muebles en general, partes y piezas de muebles representaron el 84% del valor exportado y son preferidos por el consumidor.

(1) Publicado en el Diario Oficial 16.785 del 29.01.1934 (veáse Torres, 1971)

INFOR

En relación a las especies utilizadas se observa que **N.pumilio** participa en 36,2%, **N. alpina** en 32,1% y **Persea lingue** en 7,0%. De las especies investigadas en este estudio, **N.dombeyi** participa en 3,2% y **N. obliqua** en 1% (Cabaña, 1993). **N. pumilio** se encuentra en una posición de liderazgo en este rubro, debido a la disponibilidad de madera, grado de eficiencia en los tratamientos silviculturales y tecnología utilizada.

La importancia del mercado del mueble reside en la aplicación de tecnología y el aumento en la exportación de productos con mayor valor agregado. Sin embargo, la mayor importancia de esta alternativa de uso reside en la posibilidad de utilizar piezas de pequeñas dimensiones, que no necesariamente deben provenir de bosques adultos, sino que principalmente de producto de las intervenciones silvícolas. Técnicas como "Finger-Joint" permiten la recuperación de una gran cantidad de madera, que en condiciones normales se destina a la producción de bienes con reducido valor agregado.

La estadísticas muestran una vez más el camino correcto para la toma de decisiones y es así como la especie **Persea lingue**, que en la práctica silvícola no se considera y se desecha como árbol forestal, se encuentra en el tercer lugar de las preferencias del consumidor (Cabaña, 1993).

Competitividad y Precios

El precio nominal FOB de madera aserrada de **N. alpina**, durante el año 1992, alcanzó 407 US$/m^3, lo que representa un aumento de 23% en relación a 1991 y cerca de 3 veces el valor de **Pinus radiata**. **N.dombeyi** presenta valores de exportación de 170 US$/m^3, lo que significa una disminución del precio en 7%. Sin embargo, el precio de esta especie es 27% mas alto que el de **Pinus radiata**. Los precios de **N. obliqua** no difieren significativamente de aquellos de **N. dombeyi** (INFOR, 1992).

La estadística indica que la calidad E-1, para **N. alpina**, alcanza precios de mercado internacional cercanos a 500 US$/m^3. Esta relación es un indicador de la competitividad de las especies de **Nothofagus** y significa que con un volumen 30% menor, en comparación con **Pinus radiata**, sería posible conseguir ingresos similares. Se debe considerar que los volúmenes potenciales a exportar son posibles de obtener sin la necesidad de explotar a tala rasa.

INFOR

Enfermedades y Daños

Los tipos de pudrición más frecuente, en las especies analizadas, son mohos y pudrición del tipo café. En **N. dombeyi** se constata la presencia de pudrición blanca. Según Smith (1970) ambas pudriciones son importantes desde el punto de vista comercial y ecológico y, además, ambas formas se encuentran en maderas en pie. Pocos ascomicetes, de la familia **Xylariaceae**, causan este tipo de pudrición. En su mayoría se atribuyen a basidiomicetes.

Pudriciones blanca y café tienen marcadas diferencias, los hongos que causan coloración café actúan principalmente en maderas de color y su apariencia es el resultado de la lignina residual que queda liberada después de la utilización de carbohidratos. Los hongos que causan coloración blanca actúan sobre maderas claras y su coloración se atribuye a la utilización de componentes desconocidos en la madera. Sin embargo, no se puede presumir que la coloración sea resultado de una utilización selectiva de la lignina. La apariciencia de la pudrición café se observa a través de un reticulado cúbico, mientras que la pudrición blanca es casi imperceptible y no produce alteraciones en la estabilidad en la madera. Las propiedades físicas solo se ven alteradas en el caso de pudrición café. La pudrición blanca produce sólo alteraciones leves.

El daño por insectos no ha sido ampliamente estudiado. Bonnemann (1975), para la especie **N. dombeyi**, describe que en la mayoría de los casos, el daño se produce cuando el insecto se encuentra en estado de larva u oruga y es allí donde horada la madera para obtener alimento y protección, abriendo galerías y agujeros característicos. En ocasiones las formas adultas toman parte activa en el deterioro, como el caso de termes subterráneos, cuyas obreras adultas son individuos destructores. Algunos coleópteros adultos penetran la madera a fin de poner huevos y criar sus larvas (Del Pozo y Parra, 1984).

OBJETIVOS

La transformación de bosques de segundo crecimiento en bosques de alta productividad, es una premisa básica y exige la aplicación de normas de clasificación de madera que describan las características de una especie,

INFOR

considerando sus defectos y estética. Esto permite determinar los objetivos de las intervenciones silvícolas, la posibilidad de transformación, el mercado y la estrategia de comercialización, así como una serie de tareas que permitan mejorar la calidad del producto.

El objetivo general de este estudio preliminar, es mostrar tendencias en el mercado sobre calidad de maderas y su evaluación.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Determinar el rendimiento en madera aserrada en bloques.
- Clasificar y determinar la frecuencia de defectos.
- Determinar las características relevantes de la corteza.
- Determinar las características externas del árbol que permitan orientar la selección para conseguir una mejor calidad.
- Aplicar la norma DIN-68371, sobre criterios de medición.
- Probar la norma DIN-68369, para la especie Fagus sylvatica.

MATERIAL Y METODO

Area del Estudio

El estudio se realizo en la Hacienda Jauja, sector los Ñirres. La Hacienda se encuentra en el sector norte de la IX Región (38° Latitud Sur, 71°55' Longitud Oeste). Los árboles investigados provienen de un sector que reúne un grupo de los mejores renovales de la zona centro-sur y constituye por razones de sitio un área de óptimo crecimiento para éstas especies (Wadsworth, 1976). El tipo forestal corresponde a Roble-Raulí-Coihue (Donoso, 1981).

Selección de los Arboles a Investigar

Se seleccionaron 30 árboles (Cuadro N° 1), considerando su valor comercial y la proporción de ellos en los rodales. Los criterios aplicados satisfacen los objetivos planteados, en el sentido que este material debía ser un indicador representativo en la clasificación y en la estructura de defectos y calidades. La premisa de trabajo es que los árboles seleccionados «árboles cosecha» permanecen hasta el final de la rotación (Avilés, 1993). Además, se definió una clase de diámetro mínima de 20 cm, y que a lo menos cada individuo estuviera en condiciones de entregar dos trozas aserrables.

Proceso de Corte y Medición de la Madera Aserrada

En el aserradero se procedió a la transformación mecánica de los trozas. Mediante una sierra circular (ancho de corte de 1/4", diente recalcado y 1000 mm de diámetro) se realizaron dos cortes, formando un ángulo de 90° (Figura N°1). Después se separaron las piezas mediante una sierra de huincha con ancho de corte de 3 mm, en anchos de 50 mm (Figura N°1 b).

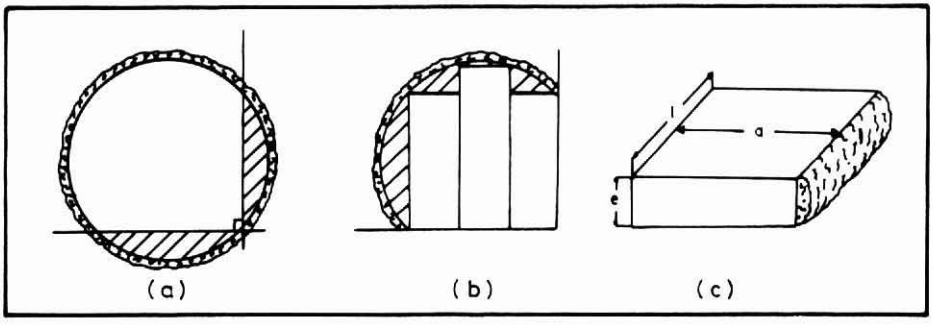


Figura N°1. **DIAGRAMA DE CORTE UTILIZADO**

Después del proceso de aserrado, se unieron las piezas y se reconstituyó la troza de tal forma que cada pieza quedara en su posición original, para así proceder a la evaluación.

Después de la conversión mecánica se realizaron las siguientes mediciones en las piezas de madera:

- Largo, ancho y espesor (medidas reales).

- Tipo de construcción de los anillos de crecimiento.

- Desviación de la fibra, grano o fibra revirada. De acuerdo a Lohmann (1987) la desviación de la fibra es la variación de la dirección de esta en referncia a la arista de la pieza, variación que es indicador de crecimiento en espiral.

Además, se midieron porcentaje de duramen, coloración, nudosidad, grietas, acebolladuras y alabeos.

El aspecto sanitario se evalúo midiendo la magnitud y localización del daño.

Las mediciones sobre las piezas de madera sin canto muerto se realizaron en ambos lados, sin considerar cual de ellos tenía las características menos favorables. La medición se efectuó con un marco de cuadriculas que simula un sistema de coordenadas. A través de éste fue posible, junto con el tipo, forma y característica del defecto, registrar su posición (Henle, 1991).

La información recogida se ajusto a las normas DIN-68371 y DIN-68369, para **Fagus sylvatica**. Algunas modificaciones fueron necesarias para reducir la complejidad de la evaluación.

Calculo del Volumen

El volumen de trozas se calculo con la formula de Newton y el volumen de piezas de madera, en verde, a través de la relación:

$$Vp = a * e * l \text{ (Figura N° 1 c) Dimensión real.}$$

El efecto de la pérdida volumétrica por cambios en el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra no se consideraron en

el calculo. Se debe tener presente que, debido a las contracciones, se esperan modificaciones del volumen entre 5,5 y 9 %, desde la condición verde a seca 15% CH, para las especies **N. alpina**, **N. obliqua** y **N. dombeyi**, respectivamente, y secadas al aire (Torres, 1971).

Calculo del Rendimiento

El rendimiento corresponde a la relación porcentual entre el volumen de piezas y el volumen de trozas sin corteza en estado verde. En piezas con canto muerto se traza un eje longitudinal, cuyo volumen no se considera en el calculo (Figura N° 1c). La pieza y el lampazo fueron descritos y evaluados. En **N. alpina**, por excepción, se calculó el rendimiento de acuerdo a la distribución de diámetros de la trozas y para cada troza según ubicación, es decir, troza inferior, intermedia y superior.

Clases de Calidad y Características Distintivas

En el caso de las piezas aserradas, como control de la información utilizada para la clasificación, se verificó qué características y daños influyen en mayor proporción para asignar una clase de calidad. Para ello se realizó un análisis de frecuencia de defectos y se evaluaron los criterios en forma independiente.

En el caso de la regularidad de los anillos de crecimiento se consideró la relación de diferencia entre el máximo y mínimo ancho de anillos en milimetros (Henle, 1992), el criterio empleado corresponde a la siguiente clasificación:

- Regular < 1,5 mm.
- Levemente irregular > 1,5 y < 2,0 mm.
- Irregular > 2,0 mm.

INFOR

RESULTADOS

Descripción del Material Investigado

La edad promedio de los árboles investigados de las especies **N.alpina** y **N.obliqua** es de 60 años, los árboles de la especie **N.dombeyi** es en promedio 10 años mayor. Un 20% de los árboles estaban libres de ramas secas. El limite inferior de la zona de ramas secas se ubicó a 11 m de altura en **N. alpina** y **N. dombeyi** y a 12 m en **N. obliqua**. Los árboles tenían una altura libre de ramas sobre 10 m. **N.alpina** presentó largos de copa de 8 m y el comienzo de la copa a 18 m. **N.obliqua** y **N.dombeyi** tenían largos de copa variable y menores de 8 m, mientras que el inicio de copa se encontró en una altura de 20 m. El Cuadro N° 1 presenta información general del material investigado.

En el Cuadro N° 1 se observa que la proporción del número de árboles y trozas por especie se proyecta en la misma proporción al volumen total y de trozas. La especie **N.alpina** mantiene porcentualmente una posición preponderante en el material investigado.

Las estimaciones del volumen de piezas aserradas se realizaron en base verde, sin considerar sobredimensión para el secado.

INFOR

Cuadro N°1

DESCRIPCION DEL MATERIAL INVESTIGADO

	Unidad	Especies			Total
Cantidad		N. alpina	N. obliqua	N.dombeyi	
- Árboles	n	20	6	4	30
- Trozas	n	51	13	7	71
- Piezas	n	161	44	29	234
- Lampazos	n	148	40	25	213
Volumen					
		28,5		5,8	42,4
- Total	m³	15,0	8,2	3,1	22,3
- Trozas	m³	7,9	4,2	1,6	11,7
- piezas	m³	5,8	2,3	1,2	8,5
- Lampazos	m³		1,6		
Troza					
Diámetro	cm	29,4	30,6	33,6	30,0
Largo	m	4,4	4,4	4,2	4,4

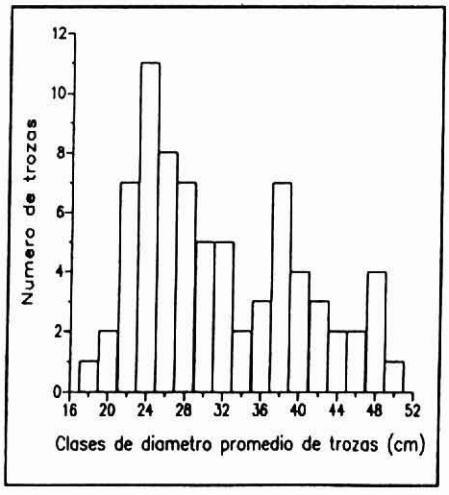


Figura N° 2. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO DE TROZAS

INFOR

La distribución de frecuencia de las clases de diámetros medios de trozas muestra dos puntos máximos (Figura N° 2). El primer valor se encuentra entre 20 y 34 cm, mientras que el segundo entre 36 y 48 cm con un promedio de 42 cm. El promedio de todos los diámetros es de 34 cm. En el trozado se consideró un diámetro limite de 20 cm, debido a las restricciones de la norma HKS y al rendimiento mínimo resultante de la conversión mecánica. La formación de dos curvas de distribución se origina debido a la segregación del material (troza inferior, central y superior).

Rendimiento en Piezas de Madera Aserrada

El Cuadro N° 2 muestra el rendimiento en madera aserrada de las especies investigadas. Se observa que no existen diferencias en rendimiento entre las especies y éste se encuentra alrededor de 50%. El calculo del rendimiento, como se indicó, se realizó en base verde. Esto significa que como resultado del secado posterior se debe esperar una reducción de volumen del orden del 4%, para una humedad variable entre 12% y 15%.

Cuadro N°2

RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA DE LAS ESPECIES INVESTIGADAS

Característica	ESPECIES		
	N. alpina	N.obliqua	N.dombeyi
Rendimiento (%)	52	54	51

El Cuadro N° 3 muestra el rendimiento en madera aserrada para la especie **N. alpina**, según clase de diámetro de las trozas. Se observa que los valores de rendimiento aumentan en forma proporcional al diámetro de la troza. El rendimiento en el diámetro inferior alcanza 44% y en el limite superior cerca de 60%. Así, se verifica que una diferencia de diámetro de 20 cm (45%) genera un aumento del rendimiento en volumen de 16%.

Cuadro N°3

RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA PARA N.alpina SEGUN CLASES DE DIAMETRO DE TROZA

Característica	CLASES DE DIAMETRO (cm)			
	20-30	30-40	40-45	>45
Rendimiento (%)	44	52	55	60

La diferencia en origen de la troza inferior, central y superior, produce diferencias en rendimiento entre 6 y 10%. Se comprueba también, que independiente de las características indeseables y de algunos defectos menores, se obtiene un rendimiento total de 56% en el caso de la troza inferior (Cuadro N° 4).

Cuadro N°4

RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA SEGUN ORIGEN PARA N.alpina

Característica	DENOMINACION DE TROZA DE ORIGEN		
	Inferior	Central	Superior
Rendimiento (%)	56	50	46

Las mediciones consideraron un diámetro límite de utilización de 20 cm. Diámetros inferiores no resultan comerciales para la transformación mecánica. Un aspecto importante en el aserrado de trozas con menos de 20 cm de diámetro es la abundancia de ramas verdes que producen madera de alta variabilidad y sin valor estructural. La baja calidad es, en muchos casos, independiente de la dimensión alcanzada.

INFOR

Características de Calidad de Madera Aserrada

Estructura de los Anillos de Crecimiento

Esta clasificación se orienta en función de la regularidad de los anillos de crecimiento en las piezas de madera. El Cuadro N° 5 muestra los resultados de la clasificación.

La cantidad de piezas de madera con estructura de anillos regular varío entre 40% en **N. obliqua** y sobre 50% en **N. alpina.** La cantidad de piezas con estructura de anillos irregular fue para **N. alpina** y **N. obliqua** insignificante. Sin embargo, para **N. dombeyi** esta característica estuvo sobre 10%.

Cuadro Nº 5

ESTRUCTURA DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO
(Clasificados según Regularidad)

Característica	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Distribución (%)			
- No reconocible	10	23	15
- Regular	54	40	44
- Levemente irregular	31	33	28
- Irregular	5	4	13

Deformaciones

Las deformaciones se generan inmediatamente después de la transformación mecánica y se deben, en general, a la pérdida de humedad, desarrollo de las tensiones de crecimiento y estructura de la madera. El Cuadro N° 6 muestra los tipos de deformaciones encontrados en las piezas investigadas, expresados en porcentaje.

INFOR

Cuadro N°6

CANTIDAD DE PIEZAS CON DEFORMACION
(distribución según tipo, expresada en porcentaje)

Característica *	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Piezas con Curvatura (%)	62	50	65
Distribución (%)			
- Arqueadura	87	100	74
- Encorvadura	7	-	26
- Torcedura	6	-	-

* Torres (1971)

Cerca de la mitad de las piezas de **N. alpina** y **N. dombeyi** presentaron algún tipo de deformación. El mayor porcentaje correspondió a arqueduras. Sólo en **N. alpina** se observa una mayor frecuencia de tipos; sin embargo, no son significativos en relación al número de piezas medidas.

Coloración del duramen

El Cuadro N° 7 presenta el grado de duraminización de las piezas aserradas; se consideró el porcentaje en que ésta se distribuye sobre la pieza aserrada.

INFOR

Cuadro N°7

PIEZAS Y LAMPAZOS CON DURAMEN Y DURAMINIZACION

Característica	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N.dombeyi
con duramen (%)			
- Piezas	65	61	76
- Lampazo	9	10	20
Duraminización (%-ancho)			
- Piezas	37	47	55
- Lampazo	20	17	25

Gran cantidad de piezas presentó duraminización. Así se reproduce en las piezas de madera la situación observada y medida en las trozas aserradas. El 10 % de los lampazos de **N. alpina** y **N. obliqua** y el 20 % de los de **N. dombeyi** presentaron duraminización. Esta relación es dependiente del diámetro de los árboles analizados (véase V.Dessauer, 1972). Debido a la calidad de la madera es necesario crear formas de utilización para esta forma de residuo de la conversión mecánica, a través de la producción de piezas de pequeñas dimensiones. El porcentaje de duraminización, relacionado con la superficie de la pieza aserrada, alcanzó en el caso de **N. alpina** cerca de 40%, en **N. obliqua** cerca de 50% y para **N. dombeyi** sobre 50%. En **N. dombeyi** se esperaba una relación de esta naturaleza, ya que los árboles investigados tienen en promedio 10 años más que el resto del material investigado.

Grietas y Acebolladura

Se observaron grietas y acebolladura de diferente profundidad y largo en las tres especies. En éste caso se definió en términos generales grieta y acebolladura según INFOR (1978). La norma DIN exige la identificación del tipo de grieta según su posición, estado y origen. Este puede ser por efecto del secado o por el proceso de corte como reacción de liberación de las fuerzas de crecimiento (Knigge y Schulz, 1966). El Cuadro N° 8 presenta el porcentaje total de grietas y acebolladuras por especie y tipo.

Cuadro N°8

PIEZAS DE MADERA CON GRIETAS Y ACEBOLLADURA

Característica	ESPECIE		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Total (%)	94	88	100
Tipo (%)			
- Grieta	90	94	85
- Acebolladura	8	4	13

Como se observa, un alto porcentaje de piezas presentó grietas y en menor proporción se encontraron acebolladuras. No esta aún totalmente aclarado el origen de las grietas, es decir, si se producen por reducción de la humedad bajo 30%, o si estas se producen inmediatamente después del proceso de corte, lo que estaría indicando que se trata de liberación de las tensiones de crecimiento. En menos de un 5% de los casos se encontraron grietas superficiales de 2-3 mm de profundidad y 10 cm de largo que deben desaparecer con el cepillado. Partiduras no fueron detectadas (def. INFOR, 1978).

Pudriciones

Las pudriciones fueron evaluadas en frecuencia, tipo, coloración y estado. En éste último se consideró el grado de avance del daño. La dispersión y el contenido de humedad no se consideraron. La identificación de los tipos de hongos involucrados no se realizó. En relación al estado de la pudrición se consideraron los siguientes:

- Estado inicial: Correspondió al período en que el micelio del hongo se encuentra invadiendo nuevos tejidos del huésped, etapa preparatoria para un ataque completo de las células. En éste las hifas se ramifican en todas las direcciones. En la mayoría de las pudriciones, la madera infectada presenta cambios de color, aunque a simple vista mantiene sus condiciones estructurales; en algunos casos se presentan ablandamiento.

INFOR

- Estado avanzado: La pudrición causa la desintegración de la paredes celulares. En excepciones va acompañada de cambios en la resistencia, en el color y en la continuidad de la textura. Aquí, se rompe la continuidad del tejido leñoso, el cual se deforma a la presión (Cuevas, 1957).

El Cuadro N° 9 muestra la cantidad de piezas dañadas, el tipo de pudrición según coloración y el estado de avance.

Cuadro N°9

CANTIDAD DE PIEZAS DAÑADAS, TIPO Y DISTRIBUCION DE LA PUDRICION

Caracteristica	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Piezas con pudrición (%)	4	20	62
Tipo de pudrición (%)			
- Mohos (1)	-	33	22
- Pudrición café	100	67	67
- Pudrición blanca	-	-	11
Estado de la pudrición (%)			
- Inicial	57	34	42
- Avanzado	29	33	25
- Terminal	14	33	33

(1) Mohos: Los hongos de mohos pertenecen a las clases Ascomycetes, Hongos Imperfectos y Ficomycetes. Estos, descoloran la madera debido a una abundancia de crecimiento vegetativo coloreado y por las esporas y conidias presentes en la superficie de la madera (Del Pozo y Parra, 1984)

En el Cuadro N° 9 se observa que en **N. alpina** la presencia pudrición café corresponde a un 4%. Sin embargo, 1/5 de las piezas de **N. obliqua** y 3/5 **N. dombeyi** presentan pudrición. La pudrición blanca fue la más frecuente, 1/3 del daño corresponde a Mohos.

En relación al estado se observa en **N. alpina** que más de el 50% es inicial y sólo 14% terminal, con destrucción de la substancia madera. En **N. obliqua** la pudrición según estado se distribuye en forma uniforme. Un 42% de la

Pudrición de **N. dombeyi** es inicial y cerca de 1/3 se encuentra en estado avanzado y terminal.

Daños de Insectos

El Cuadro N° 10 presenta un resumen del daño causado por insectos. Cerca del 50% de las piezas de madera aserrada de **N. obliqua** y **N. dombeyi** y 5% de **N. alpina** presentaron daños de insectos.

El 90% de los daños se concentran en el área del duramen e independiente de la ubicación de la troza en el árbol. Sin embargo, los daños encontrados afectan en forma profunda el cuerpo de la madera. En algunos casos, las galerías se asocian con la presencia de nudos muertos. En numerosas de las piezas e independiente de la especie, es difícil establecer el origen.

Cuadro N°10

DAÑO POR INSECTOS CLASIFICADOS SEGUN CANTIDAD, TIPO Y UBICACION

Característica	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Piezas con daño (%)	6	48	48
Tipo del daño (%)			
- Superficial	20	10	14
- Profundo	80	90	86
Ubicación del daño (%)			
- Duramen	90	86	93
- Albura	10	14	7

Modificaciones en la Coloración

La coloración es un aspecto relevante desde el punto de vista estético, decisivo para la utilización de la madera en la industria elaboradora y

significativa en la comercialización del producto, que actúa como elemento fijador del precio. El Cuadro N° 11 muestra las modificaciones de color que afectaron las piezas de madera después del aserrado.

Cuadro N°11

PIEZAS DE MADERA CON COLORACIÓN, TIPO Y FORMA

Característica	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Piezas con modificación de color (%)	17	43	59
Tipo de modificación (%)			
- Franjas de marca de agua	29	26	41
- Manchas y veteado	68	58	35
- Coloración por oxidación	-	5	18
- Coloración café sana	3	11	6

Menos de 1/5 de las piezas de **N. alpina**, cerca de 2/5 de **N. obliqua** y 3/5 de **N. dombeyi** muestran modificaciones de la coloración posterior al aserrio. Como se observa, un porcentaje alto corresponde a manchas de agua y manchas en la coloración y en el veteado. La oxidación es importante en el caso de **N. dombeyi**.

Desviación de la Fibra

La desviación de la fibra, también grano inclinado, así como su orientación, provienen generalmente de tensiones de crecimiento, del crecimiento en espiral y de la tendencia que presentan algunas especies para este comportamiento, el que se cree, en la mayoría de los casos es de origen genético. La importancia de ésta característica reside en la alteración de algunas propiedades mecánicas y en la calidad de la superficie de las piezas aserradas, a pesar de utilizar técnicas adecuadas. El Cuadro N° 12 presenta una caracterización para las especies investigadas, separada de acuerdo a la posibilidad de medición y su dimensión.

INFOR

Cuadro N°12

MEDIBILIDAD Y DESVIACION DE LA FIBRA EN PIEZAS Y LAMPAZOS

Característica	ESPECIES		
	N. alpina	N. obliqua	N.dombeyi
Medibilidad (%)			
- Piezas	83	61	72
- Lampazos	8	8	8
Desviación (cm/m)			
- Piezas	4,0	3,9	4,2
- Lampazos	3,4	5,1	3,4

La desviación de la fibra pudo ser medida en prácticamente todas las piezas de madera de las tres especies investigadas. En el caso de los lampazos no fue siempre posible reconocer la fibra.

La desviación de la fibra de las piezas de madera alcanzó en promedio **4** cm/m. Valores similares se observan para **N. alpina** y **N. dombeyi**. De los tres **Nothofagus** analizados, los mayores valores de desviación se observan en **N. obliqua.**

Nudos

La densidad de nudos sobre la superficie de una pieza de madera se evaluó en términos de cm^2/m. Junto a esta observación se consideró el estado sanitario de éstos, que quedo definido por la presencia de pudrición y grado de alteración de la madera.

INFOR

Cuadro N°13

SUPERFICIE DE NUDOS Y SU DISTRIBUCION SEGUN GRADO DE PUDRICION

Característica	ESPECIE		
	N. alpina	N. obliqua	N. dombeyi
Superficie de nudos promedio (cm^2/m)	4,0	3,9	3,4
Distribución según tipo (%)			
- Sano	75	63	53
- Manchado	16	21	23
- Podrido	11	16	24

El cuadro muestra que la superficie de nudos promedio mas alta se encuentra en la especie **N. alpina** con 4 cm^2/m, 75 % de las piezas de **N. alpina** estaban sanas y en sólo un 10 % se constataron pudriciones. **N. obliqua** y **N. dombeyi** presentaron porcentajes menores de nudos sanos, pero siempre sobre el 50%.

En el caso de **N. dombeyi** se esperaba un porcentaje mas alto de nudos con pudrición avanzada y estructura destruida, ya que algunos de los árboles pertenecen a la primera generación del bosque y en parte tenían ramas en cicatrización con pudrición.

Significado de las Características Distintivas de Calidad

La cantidad de nudos, su estado sanitario y la arqueadura fueron los criterios más relevantes en la clasificación. En **N. dombeyi**, el daño por insectos y hongos, evaluados en tipo, forma y distribución, se mostraron también sensibles a la clasificación. El Cuadro N° 14 muestra un resumen de las características y defectos de la madera de mayor relevancia. Considerando que la deformacion se induce por estrés de crecimiento y secado, bajo condicionantes ambientales, y a que se cree que un mejoramiento en la técnica evitara éste problema se evaluó en forma diferenciada.

Si no se consideran las deformaciones, la presencia de nudos se transforma en el criterio más relevante en la clasificación. Esto significa que el 81% de las piezas de madera se asignan a una determinada calidad según la importancia

relativa de los nudos. Insectos y pudriciones son un factor importante, pero, contrario a lo que se piensa, su magnitud es diferente y ocupa un lugar secundario.

Cuadro N°14

INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DISTINTIVAS DE CALIDAD (según norma DIN-68369 con y sin deformaciones)

Criterios de clasificación	Evaluación de características cualitativas y defectos de piezas aserradas en (%)	
	Norma **DIN-68369** para madera aserrada (Buchen-Blockwaren) para **Fagus sylvatica**	
	Sin deformación	**Con deformación**
- Nudos	81	33
- Deformación	**	40
- Nudos y deformación	**	8
- Insectos	16	9
- Insectos y deformación	**	7
- Pudriciones	3	3
- Otras	**	**

Estructura de Calidades de las Piezas de Madera Aserrada

El resultado de la clasificación (Cuadro N° 15) entrega para las piezas de **N. alpina** un pequeño porcentaje en la clase I, cerca de 1/3 de las piezas fueron clasificadas en la clase II y la mayor cantidad de volumen en la clase III. En el caso de **N. obliqua** y **N. dombeyi** se clasifica el mayor porcentaje del volumen en la clase III, constatandose diferencias entre la asignación de clases entre las especies para la clase II.

La misma clasificación, pero sin consideración del las deformaciones, entrega para las especies investigadas un aumento del volumen clasificado en las clases I y II. Esta tendencia también se observa en el caso de los lampazos, pero en una proporción menor.

INFOR

Cuadro N°15

RESUMEN DE LA ASIGNACION DE CLASES DE CALIDAD
(con y sin consideración de deformaciones)

Característica (variante)	CLASES DE CALIDAD SEGÚN DIN-68369 (Fagus sylvatica) (en %)								
	ESPECIES								
	N. alpina			N. obliqua			N. dombeyi		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Con deformación									
- Piezas	6	26	68	8	9	83	-	22	78
- Lampazos	36	54	10	31	46	23	19	53	28
Sin deformación									
- Piezas	18	58	24	16	18	66	4	40	56
- Lampazos	38	55	7	35	46	19	19	56	25

DISCUSIÓN

Resumen de Resultados Significativos

El rendimiento de la transformación mecánica de las trozas en piezas aserradas fue en promedio 50%.

Los criterios relevantes para la clasificación corresponden a nudos y deformaciones. En el caso de que no se consideren las deformaciones, se observa que los nudos constituyen un criterio relevante de selección en un 80% de los casos.

La estructura de calidades obtenida a través de la clasificación DIN-68369, correspondiente a la especie **Fagus sylvatica**, considerando deformaciones, entrega en general menos de 8% en la clase I, menos de 30% en las clase II y cerca de 60% en la clase III. Se observaron diferencias entre **N. alpina** y **N. obliqua - N. dombeyi**. Sí no se consideran las deformaciones se produce un aumento proporcional en las calidades I y II.

Análisis sobre Método y Resultado de Rendimiento

El rendimiento en volumen total posible de transformar en madera en troza alcanzó a 60%. Este valor relacionado a la posibilidad de utilizar esa madera en piezas aserrables, no parece posible de aumentar. Con las actuales técnicas de aserrío resulta sin interés, desde el punto de vista comercial, el utilizar trozas con un diámetro inferior a 20 cm. Como consecuencia, no deben aserrarse trozas de la copa debido a la ramosidad de éstos.

El rendimiento de trozas en madera aserrada se encuentra alrededor de 50%, en verde. Este valor podría elevarse, si los cortes se realizaran de acuerdo a un esquema de aserrado optimizado. Esto, como se explicó, no fue posible debido a la implementación técnica deficiente del aserradero y a la baja calificación técnica de los operarios.

Se observa también, que el aumento del diámetro de trozas produce un aumento proporcional del rendimiento. Se verificó que sobre 45 cm de diámetro se obtienen rendimientos cercanos a 60%. Si se considera que un rodal a cosechar debería alcanzar un diámetro objetivo de producción cercano a 60 cm, es de esperar que el rendimiento se incremente en forma proporcional.

Características Indicadoras de Calidad

La características más relevantes fueron pudriciones, daños por insecto y deformaciones.

- Pudriciones: Las pudriciones juegan un papel importante en la piezas aserradas de **N. dombeyi**; aproximadamente 60% de las piezas presentan algún grado de pudrición.

- Daños por insecto: Cerca de 50% de las piezas aserradas de **N. obliqua** y **N. dombeyi** presentaron algún tipo de daño por insectos. En muchos casos, éstos daños dieron origen a pudriciones por hongos. La observación es valida para **N. dombeyi** y en forma limitada para **N. obliqua**. En **N. dombeyi** se observó que el daño por hongos, posterior, puede tener su origen en el exceso de humedad de la madera.

INFOR

- Deformaciones: Esta característica es un criterio importante en la clasificación. La limitante de esta apreciación es que las deformaciones siempre se producen y se debe considerar, en muchos casos, como una prolongación de la calidad de la troza. Un porcentaje alto de las deformaciones se produce debido al esfuerzo de secado producto de una contracción desigual en la pieza de madera y además, debido a la presencia de grano inclinado en algunas especies (Dinwoodie, 1966; Jacobs, 1945). Archer (1986), agrega que el problema de las deformaciones, es difícil de visualizar e individualizar, ya que éstas se encuentra fuertemente influidas por las tensiones de crecimiento. Además, algunas de éstas deformaciones se originan debido a la presencia de nudos y a los cambios de curvatura en el fuste (Wilson y Archer, 1977).

Estructura de Clases de Calidad

Debido a las dificultades para reconocer el origen de las deformaciones resulta complejo separar en forma eficiente sí éstas provienen de la troza o se generan inmediatamente después del aserrío. Como una forma de disgregar el efecto se realizaron dos evaluaciones con y sin presencia de deformaciones.

La clasificación considerando la deformación produce una disminución en el volumen a clasificar en calidades superiores. Sin embargo, se cree que un encastillamiento o secado oportuno de la madera conduce a resultados favorables, desde el punto de vista del aprovechamiento.

Los lampazos, zona de crecimiento del manto del árbol, que en su totalidad corresponde a madera de albura, mostraron una mejor calidad en relación al producto final. La mejor clasificación se debe principalmente a la ausencia de nudos y homogeneidad del crecimiento. Este resultado, si bien no tiene aplicación directa, es un indicador de la calidad de madera que será posible obtener en el futuro, especialmente, sí éstos bosques se transforman en comerciales, de alta productividad, a través de intervenciones silvícolas dirigidas a la producción de madera de calidad.

Comparación con Otras Investigaciones

Bonnemann (1975) investigó en detalle la especie **N. dombeyi**, considerando las características técnicas, posibilidades de uso de la madera, problemas de elaboración y defectos. Este autor jerarquiza los defectos en: (a) partiduras, (b) pudriciones, (c) ramas y nudos, (d) galerías de insecto y (d) manchas en la madera. No obstante, se desconoce la fecha en la cual se realizó la investigación que dío origen a ese ordenamiento, es claro que existe coincidencia en lo que se refiere a nudos, pudriciones, daño por insectos y hongos. Además, agrega que el daño en **N. dombeyi** producido por (**Cheloderus childreni** GRAY) es relevante para la especie. El primer daño aparece en el sector de la albura de árboles jóvenes, seguido del ataque por insectos. Después se produce una aceleración del daño que produce destrucción de la madera y da origen al ataque secundario de hongos. Como consecuencia se reduce la calidad de la madera de un rodal hasta alcanzar la calidad industrial. Esta situación parece no restringirse a determinadas áreas investigadas sino más bien resulta ser un problema generalizado.

En relación al valor de los nudos en los criterios de calidad existe concordancia con otros autores (Schulz, 1958, 1959, 1961, 1964; Knigg y Schulz, 1966). Löffler (1968), referido a investigaciones en Europa y relacionadas a madera aserrada, indica que el valor de la presencia de nudos constituye en términos reales el 50-80% de la desclasificación de la madera.

Otras investigaciones relacionadas a las especies **N. alpina** y **N. obliqua** que aclaren el problema de la calidad de trozas, así como su incidencia en la madera aserrada y sus formas de clasificación, no se han realizado. Investigaciones de ésta naturaleza serán sólo posibles cuando exista el conocimiento de los tratamientos silvícolas en Renovales y Bosque adulto. Además, se deberá tender a identificar en que medida se produce un mejoramiento de la calidad y homogenización del producto como resultado de la intervensión silvícola, en sentido estricto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las ramas son el factor cualitativo de mayor relevancia como criterio en la clasificación de la madera. Dentro de éstas se debe considerar aquellas que se

INFOR

encuentren en proceso inicial de pudrición. Una visualización exterior de los árboles investigados indicó que ramas secas sobre 6 m presentan, en general, algún grado de pudrición, que abarca la albura y el duramen.

- El proceso de transformación mecánica de la madera debe ser realizado en aserraderos que cuenten con la implementación y la técnica que permitan aumentar el rendimiento. La preparación técnica de los operarios es un hecho de importancia, que no puede ser postergado, si se pretende utilizar un recurso costoso con un exito relativo de la gestión.

- Para la producción de madera en bloque es recomendable el uso de sierras alternativas, después de la máquina principal. Esto podría tener ventajas desde el punto de vista del rendimiento y el mejoramiento de la calidad de corte. Sí se analiza desde la perspectiva del producto, especialmente de la estética, es conveniente realizar un aserrado individual y dando preferencia al corte floreado, ya que en este se obtiene mayor rendimiento, veteado notorio, presencia de nudos circulares en ambas caras, menor propensión al colapso de secado y menor contracción en su espesor (Torres, 1971; Brown y Bethel, 1975; Valenzuela, 1994).

- En comparación al resto de especies analizadas se considera de alto valor la calidad que presenta la especie **N. alpina.**

- La norma DIN- 68371 y DIN-68369 son posibles de aplicar sin problemas en las especies investigadas. Los resultados permiten inferir sobre la calidad y las posibilidades para acceder a la comercialización de éstas maderas en mercados internacionales.

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

- Se debe investigar en que medida se reduce la cantidad de deformaciones en las piezas aserradas si se realiza secado natural o artificial de acuerdo a normas técnicas estándares.

- Comprobar si el uso de mejores instalaciones y adecuada técnica de aserrío permiten elevar los rendimientos.

- Los daños por insecto en **N. dombeyi** deben ser investigados, ya que revisten gran importancia para el aprovechamiento de la especie. Se observa que

INFOR

faltan antecedentes sobre la magnitud y distribución geográfica que éstos alcanzan. Además, los factores que condicionan y promueven la presencia de insectos y hongos en la mayoría de los casos no es evidente. En general, se observa presencia de pudrición sin que haya habido intervención de insectos. Resulta extraño que el daño es generalizado en árboles jóvenes y que, en árboles adultos que provienen de generaciones anteriores, este daño es de menor magnitud.

- Se deben realizar nuevas investigaciones, aumentando el tamaño de la muestra, para reunir antecedentes que permitan caracterizar zonas geográficas más amplias.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Profesor Dr. Jürgen Huss, Director del Instituto de Silvicultura de la Universidad de Freiburg, por su labor en la dirección de esta investigación. Igualmente al Dr. Luis Valenzuela, profesor de la Universidad de Concepción, por sus comentarios y correcciones del manuscrito

Este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero del "Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD)" y de Forestal Mininco S.A., que puso a disposición los bosques de Renovales de la Hacienda Jauja.

REFERENCIAS

Avilés, B., 1993. Untersuchungen zur waldbaulichen Behandlung und Bewirtschaftung von Renovalesbeständen in Mittelchile. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg. 174 pp.

Archer, R., 1986. Growth Stresses and Strains in Trees. Springer Series in Wood Science. Editor: T. E. Timell. Springer -Verlag/Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris y Tokio. 240 pp + 115 figuras.

INFOR

Bonnemann, A., 1975. Die Holzart Coigue (Nothofagus dombeyi)(Mirb. Oerst) Dissertation. Universität Göttingen. 178 pp.

Brown, N. y Bethel, J., 1975. La Industria Maderera. Ed. Limusa. Mexico. 397pp.

Cabaña, C., 1993. Exportación de Muebles de Madera Nativa. Chile Forestal, 210:38-39.

Cuevas, E., 1957. Pudrición en Maderas Causada por el Hongo **Poria vaporaria** y su Posibilidad de Control. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. 65 pp.

Dessauer, V.G., 1972. Desarrollo Cronológico de las Proporciones de Albura y Duramen en Raulí (**Nothofagus alpina**) (Poepp et Endl.) Oerst. Tesis UACh 60 pp.

Del Pozo, C. y P. Parra., 1984. Durabilidad Natural, Análisis de Algunos Factores Establecidos en la Norma Americana (ASTM) y en la Norma Británica (BS). Tesis. Universidad de Chile. 52 pp.

Dinwoodie, J., 1966. Growth Stresses in Timber. A Review of Literature. Forestry 39:162-170.

Donoso, C., 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. FO:DP:CHI/76/003. Santiago de Chile. Documento de Trabajo N° 38. 78 pp.

Henle, H.J., 1991. Sortenstruktur, Ausbeutewerte und Holzfehler dreier Nothofagusarten aus Mittelchilenischen Sekundärwäldern. Unveröffentliche Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg. 69 pp.

INFOR, 1993. Estadísticas Forestales 1992. Boletín Estadístico n°30. Santiago de Chile. 101 pp.

Instituto Nacional de Normalización, 1986. Madera- Especies Latifoliadas y Alerce-Clasificación Visual por Despiece o Aprovechamiento. Timber- Hardwood Timber and Alerce- Visually Grading Rules. NCh1969. Of.86. 22 pp.

Jacobs, M., 1945. The Growth Stresses of Woody Stems. Commonwealth Forestry Buro Australian Bulletin 28., 64 pp.

Löffler, H.D., 1968. Einflüsse auf den Wert des Rohholzes. Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Band 9. 115 pp.

Lohmann, U., 1987. Holz Handbuch. Leinfelden-Echterdingen:DRW-Verlag. 320 pp.

INFOR

Knigge, W. y Schulz, H., 1966. Grundriss der Forstbenutzung. Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte. Verlag Paul Parey, Hamburg y Berlin. 583 pp.

Pérez, V., 1978. Manual de Construcciones en Madera. Manual n° 10. Fasciculos n° 2 y 6. INFOR. Santiago de Chile.

Schulz, H., 1958. Merkmale überwachsender Holzfehler in der Baumrinde. Holz-Zentralblatt (71):919-920

Schulz, H., 1959. Güteklassen des Stammholzes und ihre Angrenzung gegeneinander. Holz-Zentralblatt 85:753-757.

Schulz, H., 1961. Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume. Forstarchiv (32):89-99

Schulz, H., 1964. Über die Zusammenhänge zwischen Baumgestalt und Güte des Schnittholzes bei der Buche. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. Band 29. 95 pp.

Smith, W., 1970. Tree Pathology: A Short Introduction. Academic Press, New York and London. Cap. 16: Fungi that Cause Decay and Discoloration. 309 pp.

Torres, H., 1971. Maderas. Ed. Corporación Chilena de la Madera. 270 pp.

Valenzuela, L., 1994. Comunicación Personal. Universidad de Concepción

Wilson, B. y Archer, R., 1977. Reaction Wood: Induction and Mechanical Action. Ann. Rev. Plant Physiologie 28:23-43.

Wadsworth, R.K., 1976. Aspectos Ecológicos y Crecimiento del Rauli y sus Asociados en Bosques de Segundo Crecimiento en las Provincias de Bio-Bio, Malleco y Cautin, Chile. Boletín Técnico n°37. Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Chile. Santiago de Chile. 47 pp.

INFOR

CONSUMO DE POTENCIA EN UNIDADES DE FLUIDIZACION DE ASERRIN

Rogelio Moreno M.(*)
Rolando Ríos R. (**)
Heriberto Soto C. (***)
Floriano Núñez P. (****)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en evaluar la potencia eléctrica consumida por el sistema de impulsión de aire en unidades de fluidización de aserrín.

Los resultados han sido obtenidos a través de experiencias de laboratorio relacionadas con la suspensión de partículas de aserrín, diseño de distribuidores de aire y diseño y construcción de un soplador centrífugo de aire con velocidad variable.

Los resultados permiten además, determinar las características de diseño del sistema de impulsión de aire y los costos operacionales por consumo de potencia eléctrica de una unidad de fluidización de aserrín, ya sea para la combustión, el secado o la gasificación de este desecho forestal.

Palabras claves: *Aserrín, Consumo de potencia, Energía, Fluidización.*

(*) M. Sc., Ingeniero Civil Mecánico
(**) M. Sc., Ingeniero de Ejecución Mecánico
(***) M. Sc., Ingeniero de Ejecución Electrónico, Instituto de Electricidad y Electrónica Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.
(****) Alumno memorista Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos

INFOR

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the electrical power consumed by air drive systems in sawdust fluidization units.

The results have been obtained through laboratory work concerning the suspension of sawdust particles, design of air distributors, as well as design and construction of a centrifugal air blower of variable speed.

Furthermore, the results allow to determine not only the design characteristics of the air drive system, but also the operational costs coming from the consumption of electrical power in a sawdust fluidization unit, whether it is for combustion, drying or gasification of this forest waste.

Keywords: *Sawdust, Power consumption, Energy, Fluidization.*

INFOR

INTRODUCCION

La creciente actividad del sector forestal en la zona sur de Chile ha generado una gran acumulación de desechos forestales derivados de la explotación y elaboración de la madera. A mediados de la década anterior, la generación anual de estos residuos industriales era de 3 millones de toneladas (Wagemann, 1984). Según cifras más recientes (Méndez et al., 1994) y basadas en informes técnicos del Instituto Forestal, el 83 % de los 7 millones de toneladas de madera explotadas, corresponde a pino insigne. Uno de los desechos más visibles es el aserrín, el cual despierta preocupación debido a los altos volúmenes acumulados y a las superficies de suelos que se han ido cubriendo y contaminando a velocidades cada vez mayores.

A pesar de la gran cantidad de calderas que hay actualmente en el país para el quemado de desechos forestales, el volumen acumulado de ellos sigue creciendo. Es importante, por tanto, seguir estudiando alternativas atractivas para darles un uso racional. El empleo de métodos de combustión en parrilla junto a la gran humedad del combustible, ha conducido, tradicionalmente, al diseño de calderas de gran tamaño.

En la actualidad, el empleo de la fluidización, como tecnología apta para el quemado de sólidos en suspensión, es una realidad a nivel mundial, debido a sus ventajas técnicas, relacionadas con las altas tasas de transferencia de calor y de combustión y a la posibilidad de controlar las emisiones de partículas contaminantes al ambiente en el mismo reactor. Es notable el desarrollo científico y tecnológico que dicha tecnología ha tenido a partir de los años 70 (Fennelly, 1984). Particularmente en los Estados Unidos, este desarrollo ha sido posible gracias a fuertes apoyos financieros gubernamentales para la realización de investigaciones y estudios en equipos de laboratorio, plantas piloto y plantas industriales.

Hoy en día, las capacidades de las calderas de carbón en lecho fluidizado superan los 110 kg/s de producción de vapor, con alta captación de SO_2 (sobre el 90%) y baja formación de NO_x (inferior a 300 Vppm); las eficiencias térmicas, por otro lado, son del orden de 90 %. En los países nórdicos, también se ha conseguido desarrollar calderas de lecho fluidizado para la combustión de

INFOR

desechos forestales con humedades de 65 % y capacidades de hasta 72 kg/s. En Brasil y Cuba la tecnología es empleada para quemar bagazo de caña.

La experiencia en el país es reciente; sin embargo, a la fecha existe una planta piloto, diseñada y construida para el quemado de carbones nacionales de alto contenido de cenizas (Navarrete et al., 1992). Actualmente, el estudio se desarrolla para el quemado de desechos forestales. Resultados recientes sobre tasas de transferencia de calor (Navarrete et al., 1993; Navarrete et al., 1994, Moreno et al., 1994), revelan que efectivamente con carbones nacionales y con desechos forestales, es posible llegar a un diseño de calderas más compactas y económicamente más atractivo. También existen en el país resultados preliminares sobre gasificación de aserrín en lecho fluidizado (Méndez et al., 1994), los cuales han conducido a un poder calorífico del gas de 2,77 MJ/Nm^3.

Una de las desventajas que normalmente aparecen citadas en la literatura para las unidades de lecho fluidizado, es el consumo de energía del sistema impulsor de aire al reactor (Kunii y Levenspiel, 1969). Por tal motivo, previo a tomar una decisión sobre el diseño de una unidad de este tipo, se debe efectuar un estudio sobre el consumo de potencia eléctrica del equipo y los costos operacionales que se derivan de él.

OBJETIVO

Este trabajo tiene por objetivo dar a conocer los parámetros que intervienen en el cálculo de la potencia consumida por el sistema de impulsión de aire de una unidad de fluidización, aplicado al caso particular del aserrín. El trabajo se basa en resultados experimentales sobre velocidades de operación y pérdidas de presión en un lecho fluidizado de aserrín, experiencias sobre distribuidores de aire tipo multiorificios y resultados obtenidos en el diseño y construcción de un sistema de impulsión de aire para una columna de fluidización. El sistema de impulsión se compone de un soplador centrífugo y un motor dotado de un regulador de velocidad. Esto último, también ha permitido efectuar estudios de ahorro de energía.

INFOR

MATERIAL Y METODO

Equipo y Material

Se diseña y construye una unidad de fluidización de aserrín de geometría rectangular, de 0,5 x 0,1 m, según se muestra en la Figura N° 1. El distribuidor consiste de un plato multiorificios. El sistema de impulsión de aire consta de un soplador centrífugo, con un motor de arrastre de 5,59 kW, de velocidad variable. Las velocidades del aire se determinaron a partir de datos proporcionados por un medidor de flujo, ubicado en la tubería de alimentación de aire al reactor. Las pérdidas de carga se midieron con manómetros diferenciales de agua.

Los sólidos ensayados son partículas de aserrín de pino insigne, cuyo tamaño medio oscila entre 1,59 y 3,56 x 10^{-3} m, clasificados granulométricamente por medio de tamizado ASTM. La operación de un combustor o un gasificador fluidizado requiere de la introducción de sólidos inertes, tales como arena o ceniza para la mantención y estabilización de las temperaturas de operación. Por tal motivo, en dichas operaciones, los parámetros de diseño de estas unidades deben considerar que en el interior del reactor habrá una mezcla de sólidos combustibles e inertes. En esta investigación se trabajó con arena como sólido inerte, con un tamaño de partícula de 0,3 a 1,18 x 10^{-3} m.

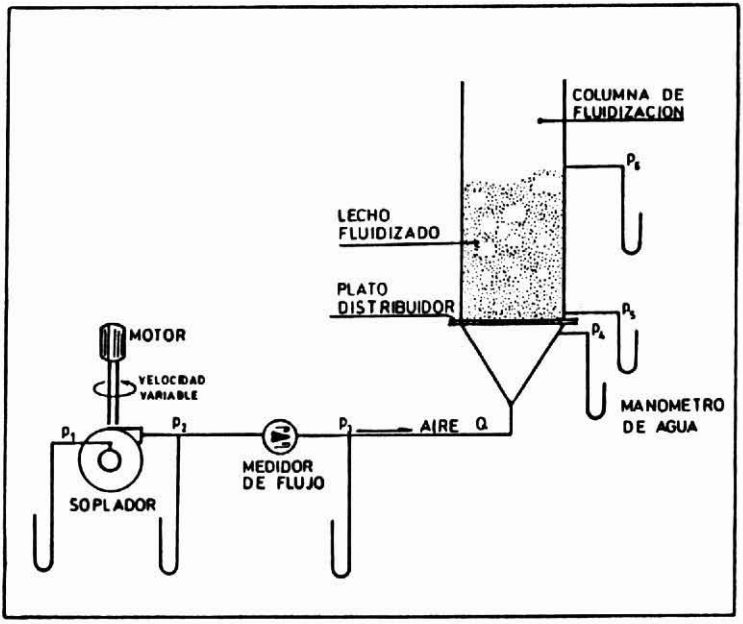


Figura N° 1. **DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL EQUIPO EXPERIMENTAL**

Metodología

La potencia absorbida por el equipo impulsor depende de la presión estática y del caudal requerido para la operación de la unidad. La presión estática, a su vez, depende de las pérdidas de carga que se producen en el lecho, en el distribuidor de aire y en las tuberías de alimentación de aire. Por otro lado, el caudal de impulsión depende de la velocidad de operación de la unidad de fluidización; ésta queda determinada entre la velocidad mínima de fluidización y la velocidad de arrastre de los sólidos. En la Figura N° 1, además de los componentes del equipo, se muestran los parámetros involucrados en el cálculo de la potencia hidráulica del equipo impulsor, a través de la ecuación (1), la cual corresponde a la potencia teórica para una operación adiabática reversible y considerando al aire como un gas perfecto (Kunii y Levenspiel, 1969)

$$N_h = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{p_2 Q_2}{3600} \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \quad (1)$$

donde $\gamma = C_p/C_v$.

La potencia al eje, absorbida por el equipo impulsor, será la potencia teórica afectada por el rendimiento mecánico de la máquina, el cual, según Kunii y Levenspiel, debería oscilar entre 55 y 75 %, para turbosopladores. Finalmente, la potencia consumida por el motor eléctrico será la potencia absorbida por el impulsor dividida por el rendimiento eléctrico del motor.

$$N_a = \frac{N_h}{\eta_m} x100 \quad (2)$$

$$N_e = \frac{N_a}{\eta_e} x100 \quad (3)$$

Para el cálculo de la potencia hidráulica, se deberá determinar previamente el valor de p_2, según:

$$p_2 = p_6 + \Delta p_{lecho} + \Delta p_{dist} + \Delta p_{tub} \quad (4)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro N° 1 se muestra el valor de la pérdida de carga unitaria del lecho de partículas de aserrín, para tres tamaños de partícula.

Cuadro N° 1

PERDIDA DE CARGA UNITARIA DEL LECHO DE PARTICULAS DE ASERRIN

d_p (m)	$\Delta p_{lecho}/H$ (Pa/m)
0,00159	1369
0,02180	1203
0,03560	1094

Los valores del Cuadro N° 1 fueron medidos directamente en el lecho de partículas de aserrín, cuyo contenido de humedad era de 23,5 % base seca. La determinación de la pérdida de carga del lecho se ha efectuado con una velocidad superficial del aire igual o superior a la velocidad mínima de fluidización, condición en la cual la mayor parte de los sólidos se encuentra en suspensión (Moreno et al., 1994). Debido a que la humedad de los sólidos influye directamente en el peso de ellos y en base a experiencias realizadas con otro tipo de desechos forestales (Moreno et al., 1993), que revelan que el aumento de la pérdida de carga del lecho con la humedad es de tipo lineal, los valores del Cuadro N° 1 se pueden corregir empleando la ecuación (5) (Davidson y Harrison, 1963). La densidad de los sólidos, en el caso particular del aserrín, se calcula en función de la gravedad específica de la especie maderera de la cual proviene y su humedad base seca, con la ecuación (6).

$$\Delta p_{lecho} = H(1-\varepsilon)(\rho_s - \rho_a)g \qquad (5)$$

$$\rho s = \frac{GS(100+HM)}{100} \qquad (6)$$

De esta manera, se puede determinar el parámetro Δp_{lecho}, para cualquier altura de lecho y humedad de aserrín, con la ayuda de la Figura N° 2.

La introducción de sólidos inertes en el lecho es una práctica necesaria y habitual en operaciones tales como la combustión y gasificación en lecho fluidizado. Por tal motivo, el consumo de potencia por concepto de fluidización de partículas se ve afectado en función de las variaciones de pérdida de carga que se experimenten con sólidos de diferente densidad o peso. Dado que uno de los sólidos inertes más empleados en los procesos mencionados es la arena, se efectuaron ensayos de fluidización con este material y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2

PARAMETROS PARA LA FLUIDIZACION DE ARENA

ρ_s	= 2.645 kg/m^3
d_p	= 0,3 - 1,18 x 10^{-3} m
U_{mf}	= 0,09 - 0,72 m/s
$\Delta p_{lecho}/H$	= 15176 Pa/m

En relación al diseño de distribuidores de aire tipo multiorificios, éste se ha efectuado atendiendo el método propuesto por Richardson (1961); se han construido distribuidores con diferentes características, llegándose a la conclusión que aquél que presenta una fracción de área libre de 5 %, proporciona las mejores condiciones para la fluidización (Moreno et al., 1994). La Figura N° 3 muestra la variación de la pérdida de carga del distribuidor, en función de la velocidad del aire y para diferentes porcentajes de área libre.

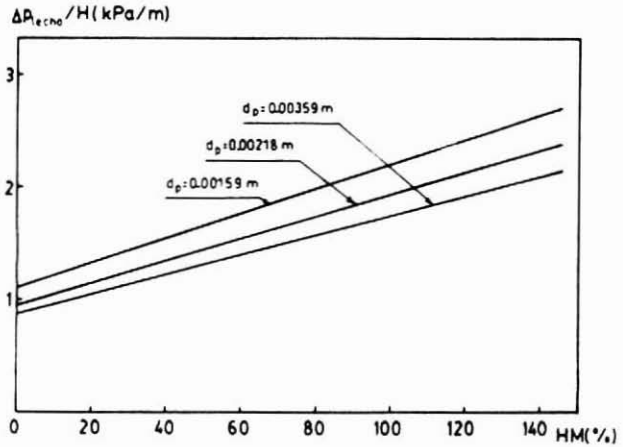


Figura N° 2. VARIACION DE LA PERDIDA DE CARGA DEL LECHO DE ASERRIN EN FUNCION DE LA HUMEDAD DE LOS SOLIDOS.

Respecto de las pérdidas de carga en las cañerías de impulsión de aire, éstas se pueden determinar a través de métodos clásicos encontrados en textos de mecánica de fluidos. Sin embargo, la colocación de algún elemento especial en las cañerías, puede dar origen a pérdidas adicionales. Así por ejemplo, el instrumento de medición de flujo de aire empleado en esta investigación, posee pérdidas como las señaladas en la Figura N° 4, para diferentes diámetros.

De este modo, con los resultados anteriores, es posible evaluar con muy buena aproximación el consumo de potencia del impulsor de aire. Para tales efectos, se requiere fijar el caudal de aire, el cual dependerá de la velocidad de operación de la unidad de fluidización. Esta velocidad debe estar entre la velocidad mínima de fluidización y la de arrastre de los sólidos. De acuerdo a resultados previos, con 2,0 m/s se pueden fluidizar partículas secas de hasta 4 x 10^{-3} m. Sin embargo, en algunas operaciones se trabaja con partículas húmedas y de tamaño variable. Por tal motivo, el consumo de energía será variable según la condición de operación.

INFOR

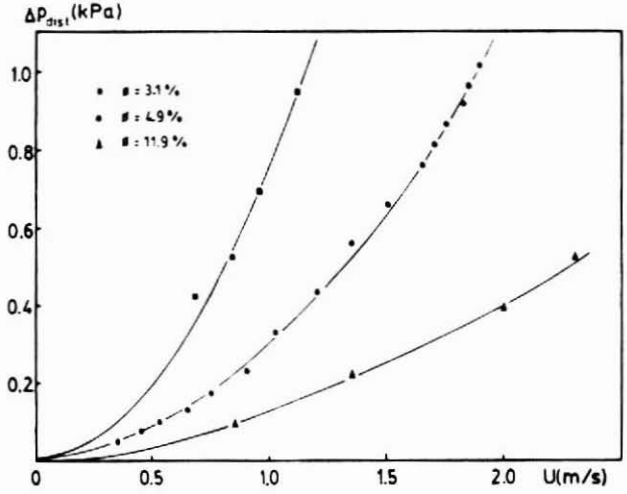


Figura N° 3. **PERDIDA DE CARGA DEL DISTRIBUIDOR EN FUNCION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DEL AIRE.**

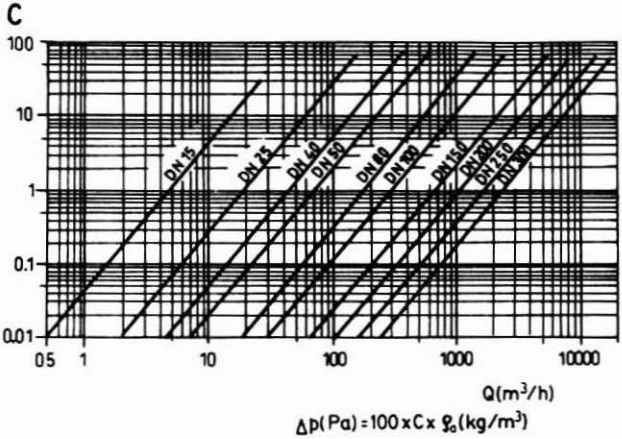


Figura N° 4. **PERDIDA DE CARGA EN MEDIDOR DE FLUJO EN FUNCION DEL CAUDAL DE AIRE.**

En las Figuras N° 5 y 6 se muestran los consumos de potencia correspondientes a la suspensión de partículas de aserrín, con una humedad 23,5 %, y al distribuidor, respectivamente, en función de la velocidad de operación.

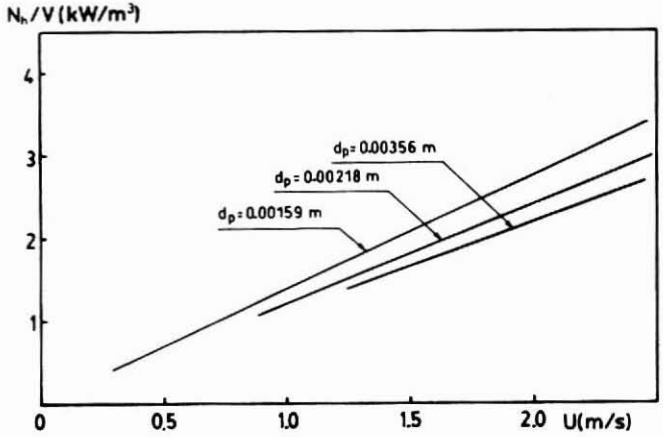


Figura N° 5. **POTENCIA HIDRAULICA PARA LA FLUIDIZACION DE ASERRIN SECO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LECHO EN FUNCION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DEL AIRE.**

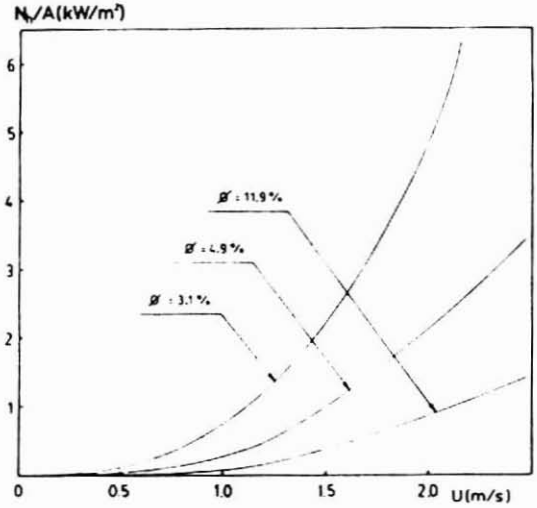


Figura N° 6. **POTENCIA HIDRAULICA CONSUMIDA EN EL DISTRIBUIDOR EN FUNCION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DEL AIRE.**

INFOR

En base a las velocidades de operación y pérdidas de carga del lecho de partículas de arena, mostradas en el Cuadro N° 2, el consumo de potencia correspondiente a la suspensión de ellas, se obtiene empleando las ecuaciones (1) y (4), al igual que en el caso del aserrín.

Finalmente, además de los consumos de potencia, los resultados obtenidos, particularmente los relativos a velocidades y pérdidas de presión, permiten determinar el tipo de máquina de impulsión a emplear. De acuerdo a la relación caudal-presión obtenida en este estudio, la cual se verá reflejada más adelante en la Figura N° 7, el equipo más apto es un soplador centrífugo. A este respecto, la investigación contempló el diseño y construcción de un soplador de aire con un motor dotado de un regulador de velocidad.

El ensayo del equipo dio como resultado un rendimiento de 50 %, para el conjunto motor-soplador, por lo que el rendimiento mecánico del soplador es cercano al 60 %, para un caudal de operación de 1630 m^3/h y una presión estática de 4570 Pa. En las Figuras N° 7 y 8, se muestran las curvas de presión estática del soplador y de consumo de potencia eléctrica del motor, respectivamente, en función del caudal de aire. Los ensayos se efectuaron para una velocidad nominal de 3000 rpm y a velocidad variable. En este último caso, se empleó un variador de velocidad que actúa sobre el motor a través de la frecuencia de la energía eléctrica que lo alimenta. La relación obtenida, entre velocidad de giro versus frecuencia, es del tipo lineal, con una velocidad máxima de 3000 rpm para una frecuencia de 50.

De estos resultados, se ha podido concluir lo importante que resulta operar el sistema impulsor con un regulador de velocidad, cuando los requerimientos de caudal son inferiores a los de diseño. Los ahorros de energía son significativos frente a la alternativa de emplear un amortiguador de caudal en la descarga del soplador y el sistema motor-soplador trabajando a velocidad nominal, tal como lo muestra la Figura N° 8.

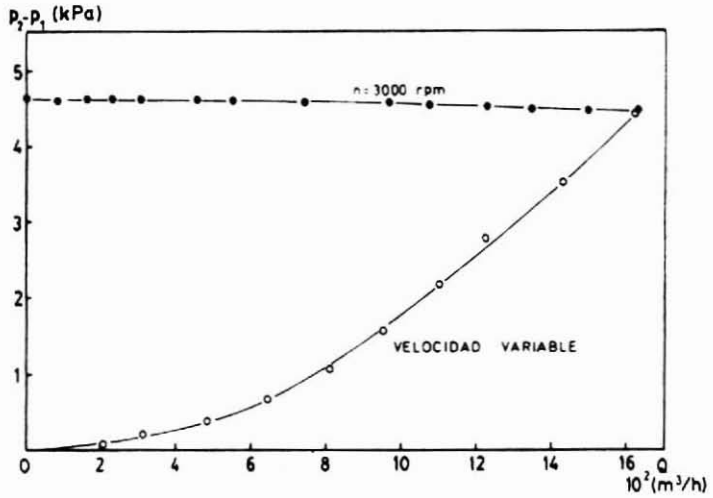


Figura N° 7. **PRESION ESTATICA DEL SOPLADOR EN FUNCION DEL CAUDAL DE AIRE.**

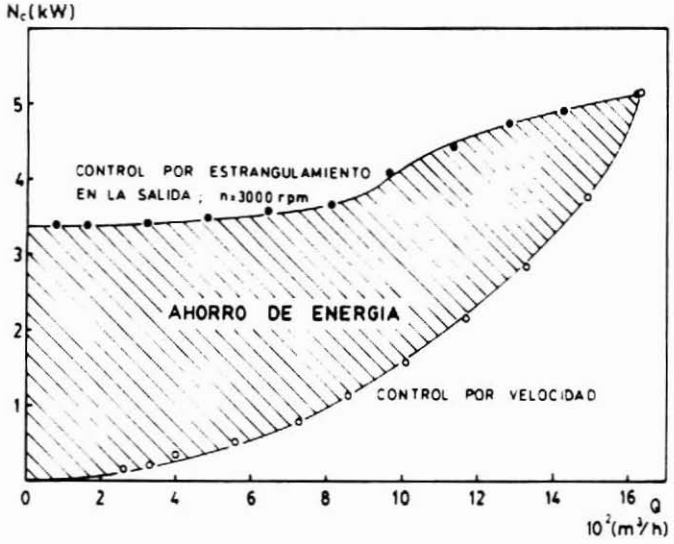


Figura N° 8. **CONSUMO DE POTENCIA ELECTRICA DEL MOTOR EN FUNCION DEL CAUDAL DE AIRE.**

INFOR

CONCLUSIONES

En base a experiencias de laboratorio, se proporcionan los parámetros que permiten determinar las características del sistema de impulsión de aire para una unidad de fluidización de aserrín.

De acuerdo a los valores obtenidos para la presión estática versus caudal de aire, se concluye que el tipo de máquina a emplear debe ser un soplador centrífugo. Estos resultados han sido obtenidos empleando distribuidores de aire tipo multiorificios.

El estudio ha permitido proporcionar conclusiones respecto de los consumos de potencia eléctrica del sistema. Los costos operacionales involucrados en la operación del proceso, se obtienen multiplicando el valor de los kW-h consumidos en un período determinado por el costo unitario de la energía eléctrica.

También, se ha podido concluir que es altamente recomendable dotar al motor del soplador de un regulador de velocidad, con el fin de ahorrar energía en caso de utilizar el sistema de impulsión a carga parcial.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo es parte del proyecto FONDECYT 1930357. Los autores agradecen a CONICYT el apoyo financiero otorgado.

REFERENCIAS

Davidson, J. F. y D. Harrison., 1963. Fluidised Particles, Cambridge University Press, London, 13.

Fennelly, P. F., 1984. Fluidized Bed Combustion, American Scientist, 72: 254-261.

Kunii, D. y O. Levenspiel., 1969. Fluidization Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York, 100-103.

Méndez, C., X. García y A. Gordon., 1994. Gasificación de Aserrín en Lecho Fluidizado. Estudio Preliminar, Anales Encuentro Latinoamericano de Ingeniería Química, Antofagasta, 238-243.

Moreno, R., M. Paredes, D. Baeza y A. Améstica., 1993. Comportamiento Hidrodinámico de la Fluidización de Desechos Forestales, Ciencia e investigación Forestal, 7(1): 23-36.

Moreno, R., R. Ríos, H. Soto y M. Paredes., 1994. Relación Mecanística entre Hidrodinámica y Transferencia de Calor en un Lecho Fluidizado de Aserrín, Información Tecnológica, sometido.

Navarrete, P., U. Zúñiga, F. Valenzuela, L. Faúndez, A. Martinich, A. Jalaf y G. Lira., 1992. Prototipo Modificado de Laboratorio para la Combustión en Lecho Fluidizado, Anales V Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Punta Arenas, 2:501-505.

Navarrete, P., A. Köhler, L. Faúndez y U. Zúñiga., 1993. Determinación Experimental de Coeficientes de Transferencia de Calor a Tubos Inmersos en Lecho Fluidizado con Combustión de Carbón, Anales XI Jornadas de Transferencia de Calor y Materia, Temuco, 15-20.

Navarrete, P., M. Díaz, U. Zúñiga y L. Faúndez., 1994. Determinación Empírica del Coeficiente Global de Transferencia de Calor para Aire en Tubos con Promotores de Turbulencia en Combustión Fluidizada de Desechos Forestales, Anales XII Jornadas de Transferencia de Calor y Materia, Santiago, 125-131.

Richardson, D. R., 1961. How to Design Fluid-Flow Distributors, Chemical Engineering, 68: 83-86.

Wagemann, G., 1984. Problemas en la Utilización de Desechos de Madera en Chile, Anales Segunda Semana de la Energía, Temuco, 1: 59-69.

INFOR

NOMENCLATURA

A	Sección transversal de la columna de fluidización (m^2)
C	Constante adimensional
C_p	Calor específico del aire a presión constante (J/kg K)
C_v	Calor específico del aire a volumen constante (J/kg K)
d_p	Tamaño medio de partículas entre dos tamices (m)
GS	Gravedad específica de la especie de los sólidos (kg/m^3)
g	Aceleración de gravedad (m/s^2)
H	Altura del lecho de partículas sólidas (m)
HM	Humedad de los sólidos base seca (%)
N_a	Potencia absorbida por el soplador (W)
N_e	Potencia eléctrica consumida por el motor (W)
N_h	Potencia hidráulica o teórica (W)
n	Velocidad de giro del soplador (rpm)
p	Presión de aire (Pa)
Q	Caudal de aire (m^3/h)
U	Velocidad superficial del aire (m/s)
U_{mf}	Velocidad mínima de fluidización (m/s)
V	Volumen del lecho de partículas sólidas (m^3)
g	Exponente politrópico para un proceso isoentrópico
Dp	Caída de presión (Pa)

INFOR

e	Porosidad del lecho (m^3 vacío/m^3 lecho)
h_m	Rendimiento mecánico del soplador (%)
h_e	Rendimiento eléctrico del motor (%)
r_a	Densidad del aire (kg/m^3)
r_s	Densidad de los sólidos (kg/m^3)
f	Fracción de área libre del distribuidor (%)

INFOR

EFECTOS AMBIENTALES DEL REEMPLAZO DE BOSQUE NATIVO POR PLANTACIONES (ESTUDIO EN CUATRO MICROCUENCAS EN LA PROVINCIA DE VALDIVIA)

Luis Otero D.(*)
Alvaro Contreras J. (**)
Luis Barrales M. (***)

RESUMEN

*En cuatro cuencas vecinas ubicadas en el Valle Central de la Provincia de Valdivia, se estudió el efecto de la sustitución de bosque Nativo por plantaciones de **Pinus radiata** sobre la calidad y producción de agua. Para ello se recogió información cuantitativa de precipitación, descarga y producción de sedimentos durante 17 meses. La selección de estas cuencas se realizó en base al método de las cuencas pares, con condiciones de similitud en cuanto a tamaño, geomorfología y clima.*

El rendimiento hídrico promedio de las cuencas cubiertas por vegetación nativa fue hasta un 28% superior que el rendimiento de las cuencas con pino, para las estaciones del año con bajas precipitaciones. Las cuencas con bosque nativo entregaron caudales inferiores que las cuencas con pino en los períodos de máxima precipitación, 274 L/s/Km^2 y 359 L/s/Km^2, respectivamente.

La concentración de sedimentos en suspensión entregó niveles superiores en las cuencas cubiertas por pino, alcanzando a 7,5 mg/L en el análisis de turbidez y 76,13 mg/L en sedimentos totales. Las cuencas cubiertas por vegetación nativa alcanzaron niveles máximos de 6,0 y 41,41 mg/L en turbidez y sedimentación, respectivamente.

Se concluye que existe una tendencia de regulación de los caudales en las cuencas cubiertas con bosque nativo en comparación con las cubiertas por plantaciones de pino, entregando caudales superiores en las estaciones del año con déficit de lluvia y menores en los períodos de intensas precipitaciones. Este efecto regulador también se ve reflejado en la concentración de sedimentos en suspensión.

(*) Ingeniero Forestal Mg. Instituto Forestal Sede Valdivia.
(**) Ingeniero Forestal. Instituto Forestal Sede Valdivia.
(***) Técnico Forestal. Instituto Forestal Sede Valdivia.

INFOR

ABSTRACT

In four basins nearby, placed in the Central Valley of the province of Valdivia, it was studied the effect of the substitution of the native forest for plantations of radiata pine about the quality and production of water. For this, was obtained a quantitative compilation of information about rainfall, discharge and production of sediments during 17 months. The selection of these basins, with similar conditions in size, geomorphology and climate.

The average hydric yield of the basins covered by native vegetation was up to 28% higher than the yield of the basins with radiata pine, in low rainfall seasons. The basins with native forest gave inferior flows than the basins with radiata pine in the high rainfall season, 274 L/s/Km^2 and 359 L/s/Km^2, respectively.

The concentration of the sediments in suspension gave higher levels in the basins covered by pine, reaching up to 7,5 mg/L in the analysis of mud and 76,13 mg/L in total sediments. The basins covered by native vegetation reached maximum level of 6,0 y 41,41 mg/L in mud and sedimentation respectively.

It is concluded that there is a tendency to control the flows in the basins covered with native forests in comparison with the ones covered with plantations of pine, thus giving flows higher in the seasons with deficit of rain, and lower in period of intensive rainfall. This regulating effect is also reflected in the concentration of sediments in suspension.

INFOR

INTRODUCCION

La vegetación posee una gran influencia sobre los montos de precipitación que llegan al suelo, su distribución y sobre el agua que alcanza a los cauces, por lo que cualquier transformación de magnitud que se realice en la vegetación se manifestará en los montos de agua que producen las cuencas y en su calidad (Lassen et al 1965; Lopez y Blanco 1976; Lopez y Pérez 1981; Huber et al 1985; Huber 1992).

En cuencas destinadas a uso forestal maderero muchas veces se debe compatibilizar el aprovechamiento de este recurso con la obtención de otros bienes, como recreación y producción de agua, por lo cual se debe considerar que las alteraciones que se produzcan en el suelo o vegetación presente en las cuencas tendrá repercusiones en sus recursos hídricos.

Los efectos producidos por el manejo de la vegetación en los recursos hídricos de la Región han sido tema de estudio (Iroume 1990; Rodríguez 1991; Iroume et al 1992), como también la tasa de consumo hídrico de algunas cubiertas forestales (Huber et al 1985; Huber 1992). Sin embargo, no existen estudios de los efectos producidos por el reemplazo de bosque nativo por plantaciones de pino, sobre la cantidad y calidad del agua que llega a sus cauces.

El objetivo de este estudio es determinar el efecto de la sustitución de bosque nativo por plantaciones de pino en el rendimiento y calidad del agua que producen las cuencas.

INFOR

METODOLOGIA

Area de Estudio.

El área de estudio corresponde a cuatro cuencas forestales vecinas, dos de ellas cubiertas con vegetación nativa y las otras dos por plantaciones de pino. Las cuencas se encuentran ubicadas 5 kilómetros al sur de la ciudad de Los Lagos en la Provincia de Valdivia, 39° 55' LS y 72°47' LW (Figuras N°s 1 y 2).

La altitud media de las cuencas es de 150 msnm, y sus pendientes medias oscilan entre los 31% y 36%, con orientación general noroeste y suroeste.

El sustrato geológico corresponde a la formación Piedra Laja, propia de la Cordillera de la Costa y de la parte central de la Provincia de Valdivia, compuesta de rocas donde predominan los esquistos micáceos. Sobre este material base se ha depositado una capa continua de ceniza volcánica de espesor variable.

Los suelos de este sector se consideran Trumaos jóvenes y, aparentemente, de dos series de suelos, Malihue y Correltue, ambas de gran parecido por sus características físicas y químicas.

Según INIA (1989), el sector de Lipingue se ubica en la zona agroclimática denominada Purranque, esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 10,9 °C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 21,4 °C y una mínima media del mes más frió (junio) de 3,0 °C. La precipitación alcanza una media anual de 1542 mm y el mes más lluvioso corresponde a mayo, con 276 mm. No se presenta estación seca.

La superficie de las cuencas Pino 1 y Pino 2 es de 0,99 y 0,75 km^2 y la Nativo 1 y Nativo 2 es de 0,54 y 1,32 km^2 respectivamente.

Las cuencas con pino están cubiertas mayoritariamente por plantaciones de 8 a 16 años de edad, con pequeños sectores alrededor de las quebradas con vegetación nativa. Las cuencas con bosque nativo poseen renovales de roble, laurel y bosques adultos remanentes de olivillo y ulmo mezclados con matorral (Otero et al, 1993).

INFOR

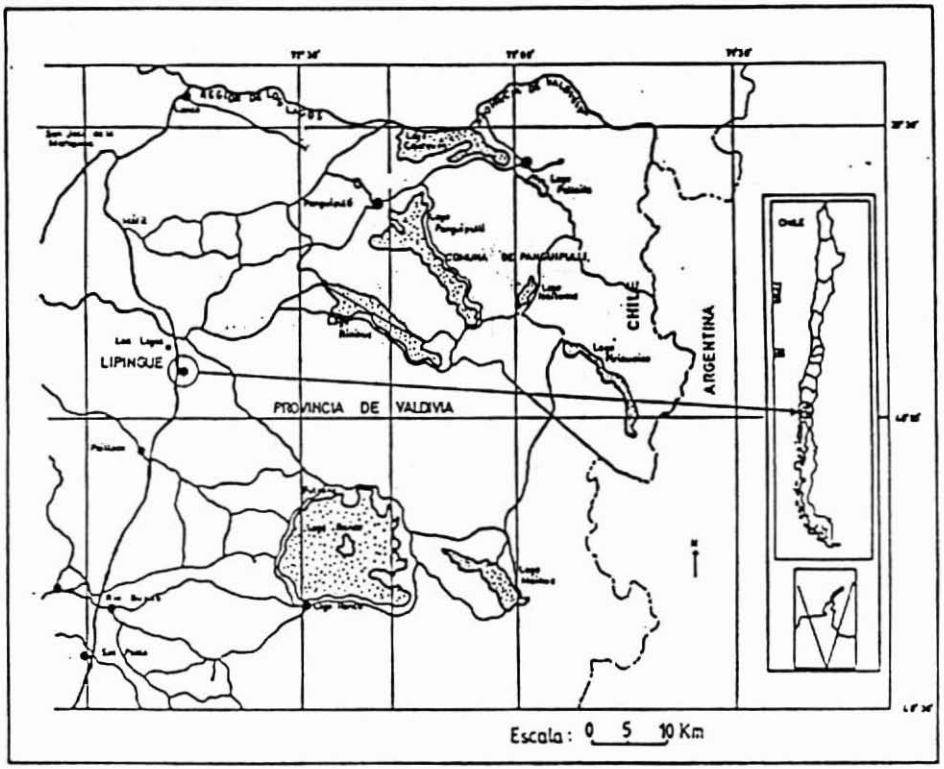


Figura Nº 1. **UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

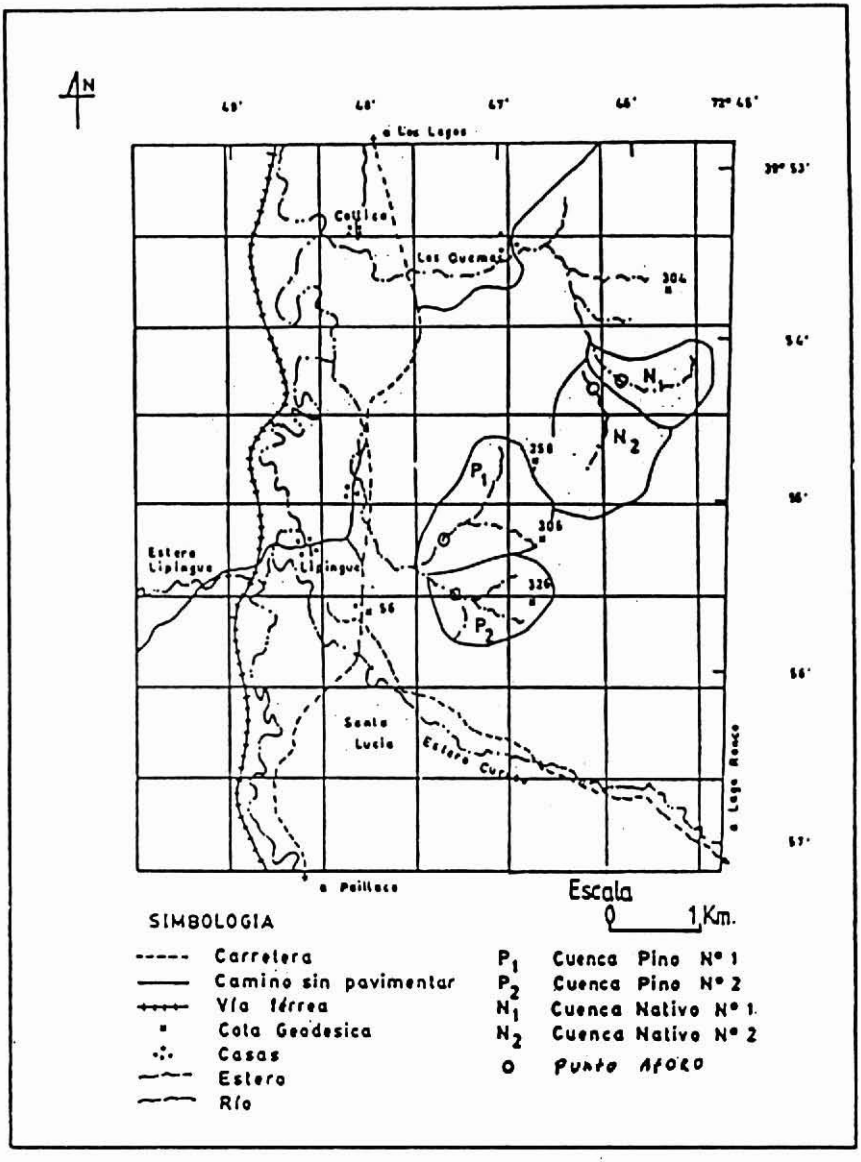


Figura Nº 2. UBICACION CUENCAS DE LIPINGUE

Cuenca Nativo 2 : 34 análisis de turbidez en (mg/L) 13 de seston en (mg/L)

Variables y Análisis de Laboratorio.

Nivel de los Cauces y Caudal.

La determinación de caudales se realizó mediante el método de "Aforo con Flotador" propuesto en diferentes estudios (Contreras, en prensa; Ciancaglini, 1987; FAO, 1976). Bajo este método el caudal está dado por la siguiente expresión:

$Q = V * A$

Q = Caudal (m^3/h)

V = Velocidad media de escurrimiento (m/s)

A = Sección o área de escurrimiento (m^2)

$V = V.S * 0,85$

V. S = Velocidad media superficial

El área o sección de escurrimiento se obtuvo en cada aforo, para lo cual se midió la altura de la corriente de agua en diferentes puntos en su sección transversal.

La velocidad media superficial se obtuvo midiendo una distancia en la corriente en sentido longitudinal (3 - 6 m) en el punto de aforo, en este transecto se lanzo un flotador y se tomo el tiempo que transcurrió en recorrer la distancia. Se realizó esta operación 5 veces y se obtuvo una media. La velocidad media superficial se multiplicó por 0,85 (Coeficiente de rugosidad de la sección de escurrimiento), con lo cual se obtuvo la velocidad media de escurrimiento.

Para facilitar las mediciones y disminuir el error, se regularizaron las secciones de escurrimiento para cada vertiente en la sección de aforo,

INFOR

Toma de Datos.

Este estudio se desarrolló en el período comprendido entre el 8 de enero de 1993 y 31 de mayo de 1994.

Durante el período de medición se registraron precipitaciones diarias utilizando un pluviómetro instalado a campo abierto, a 200 m del área de estudio, en un predio particular colindante a las cuencas.

En las secciones de aforo se llevó un registro periódico de niveles cada dos o tres semanas, el número de registros para las diferentes cuencas es el siguiente.

Cuenca Pino 1 : 36 registros

Cuenca Pino 2 : 36 registros

Cuenca Nativo 1 : 37 registros

Cuenca Nativo 2 : 37 registros

En las secciones de aforo se tomaron muestras de agua de un litro, para determinar turbidez y sedimentos totales (seston total). Variables comúnmente medidas para determinar calidad del agua en estudios de manejo de cuencas (Mac Donald, 1991). Las muestras se obtuvieron del centro del cauce a una profundidad intermedia, en dos puntos, de tal forma de evitar la posible sedimentación de los bordes y del fondo del cauce.

Los análisis de turbidez efectuados corresponden casi en su totalidad al número de registros de niveles y el de sedimentación a los eventos de importancia en el período estudiado.

Cuenca Pino 1 : 34 análisis de turbidez en (mg/L) 15 de seston en (mg/L)

Cuenca Pino 2 : 35 análisis de turbidez en (mg/L) 14 de seston en (mg/L)

Cuenca Nativo 1 : 35 análisis de turbidez en (mg/L) 14 de seston en (mg/L)

mediante la instalación de una estructura de madera y cemento de aproximadamente 2 m de largo y entre 40 a 70 cm de altura de acuerdo a la profundidad del lecho de cada cuenca, de tal forma que resistiera las crecidas sin socavar las orillas. También se instaló una vara graduada al centro del cauce con el objeto de medir niveles, en forma rápida.

Turbidez y Sedimentación.

La determinación de turbidez se realizó a través de un espectrógrafo, y los resultados se entregaron en milígramos por litro. Para la obtención de valores de sedimentos totales se hicieron estudios de sedimentación con la técnica de seston (Mac Donald, 1991). El análisis de las muestras se realizó en el Instituto de Zoología de la Universidad Austral.

Análisis Estadístico.

Con el objeto de validar estadísticamente las diferencias entre las cuencas se realizaron análisis de varianza para las variables caudal, turbidez y seston.

Para las variables turbidez y seston no se consideraron todos los valores, especialmente los que representan niveles más bajos de caudal y los valores o puntos fuera de rango de los datos. Ello se realizó con el objeto de normalizar la distribución de los datos y debido a que al hacer el análisis de turbidez el mínimo valor que se puede obtener es 2,5 mg/L, por esta razón un alto número de análisis entregaron esta cantidad, la cual se registró principalmente para los niveles más bajos de caudal.

En cuanto a la variable caudal estos datos se estratificaron en dos grupos, menores de 60 L/s/Km^2 y superiores a este nivel. Se utilizó esta metodología debido a que la gran diferencia entre caudales de invierno y verano no permite determinar grupos comparables para un análisis a través de las medias.

Para estudiar en mejor forma la distribución de los datos de los caudales se realizó un análisis de frecuencia para los caudales promedio de las cuencas de pino y nativo.

RESULTADOS

Análisis de la Precipitación.

La precipitación para el año 1993 fue de 2705 mm y para el período de enero a mayo de 1994 fue de 584 mm, sumando en total 3289 mm. La precipitación caída de enero a mayo de 1994 fue inferior en un 50% a la registrada en el año 1993 a igual fecha (Figura Nº3).

La distribución de la precipitación diaria se presenta en la Figura Nº4, donde se aprecian los eventos de importancia y los días sin precipitación a lo largo del período de estudio.

Para el año 1993 las precipitaciones se mantuvieron bajas en los meses de enero a febrero, produciéndose un aumento paulatino en la segunda semana del mes de marzo, llegando a los días 16 y 17 con un evento de importancia de 93 y 31 mm, respectivamente.

Entre los meses de abril a julio se produjeron las máximas precipitaciones mensuales con un total de 1800 mm, que representan el 66,54% de la precipitación del año 1993. El mes de abril presentó entre los días 11 al 12 un evento de importancia con 77 y 94 mm, respectivamente.

Mayo no presentó precipitaciones diarias de alta intensidad, pero llovió el 80% de los días del mes, con un total de 469 mm, por lo cual este mes fue uno de los más lluviosos dentro del período de estudio.

El mes de junio fue el de mayor precipitación del año 1993 con 524 mm (Figura Nº3), concentrándose 367 mm entre los días 19 al 30 de este mes y encontrándose el día 14 como el de máxima precipitación anual con 140 mm.

Julio fue también un mes de alta precipitación, cayeron 157 mm entre los días 1 al 9, presentando dos eventos de importancia; del 16 al 18 con 205 mm y el día 25 con 70 mm.

A partir de agosto comienza el decrecimiento de las precipitaciones, propio de la primavera, presentándose solo un evento de importancia en los días 30 de noviembre y 01 de diciembre, con 78 y 29 mm, respectivamente, disminuyendo en el transcurso del mes de diciembre.

INFOR

Enero a marzo de 1994 fue un período bastante seco, con bajas precipitaciones. En abril y mayo se produjeron dos eventos de importancia, uno se registro el día 29 de abril con 64 mm y el otro ocurrió el día 23 de mayo con 64 mm.

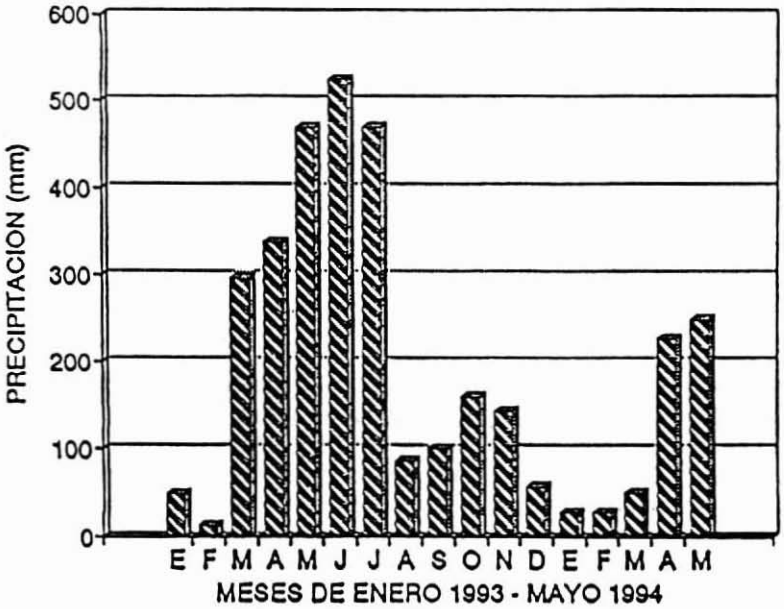


Figura Nº 3. **DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MENSUAL**

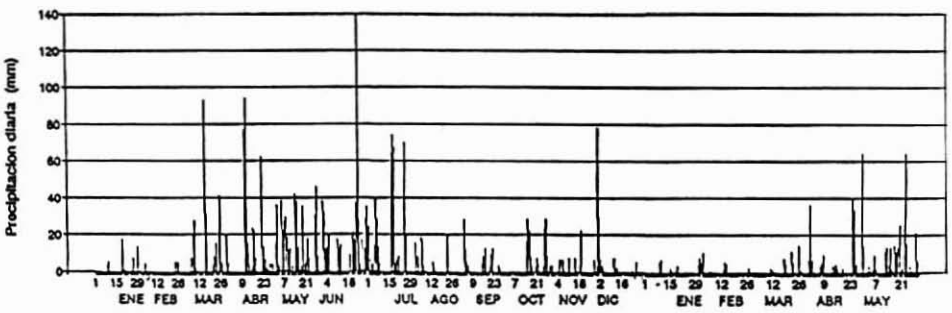


Figura Nº 4. **DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION DIARIA**

Rendimiento Hídrico.

Caudales por Cuenca.

La estimación de caudales específicos en litros por segundo por kilómetro cuadrado de las cuencas (L/s/km^2) se presentan en el Cuadro Nº 1.

En la Figura Nº 5, se aprecia la distribución de los caudales específicos para las cuatro cuencas, durante el período de estudio.

- Verano.

El comportamiento de los caudales en las cuencas pino y nativo muestra un decrecimiento desde el inicio del período de estudio hasta el día 53 (2 de marzo), llegando a niveles mínimos de 27,26 y 17,68 L/s/km^2, en las cuencas de pino, y de 17,34 y 25,46 L/s/km^2, en las cubiertas por bosque nativo. Estos valores son semejantes a los encontrados en cuencas cercanas a Valdivia (Contreras, en prensa) que entregaron niveles mínimos de 17,51 L/s/km^2, en una cuenca cubierta principalmente por plantaciones de pino, y entre 12,5 y 22,11 L/s/km^2 para cuencas cubiertas principalmente por bosque nativo. Otro estudio realizado en la zona registró un valor mínimo de caudal de 13,36 L/s/km^2 el día 6 de marzo 1990 (Rodríguez, 1991). La disminución de los niveles en esta época del año se debe a las bajas precipitaciones, que sólo coparían algunas fuentes de déficit (intercepción, recarga de humedad del suelo), y no tendrían la capacidad de generar escorrentías superficiales de importancia.

- Otoño.

El primer aumento brusco en los caudales en las cuatro cuencas monitoreadas fue el día 68 (17 de marzo), desde niveles de 30 L/s/km^2 hasta 154 y 220 L/s/km^2 en las Pino 2 y Pino 1, respectivamente y entre 118 y 151

INFOR

L/s/km^2 en las cuencas Nativo 2 y Nativo 1, respectivamente. Este aumento se generó debido a las altas precipitaciones del primer evento de importancia del año que entregó un total de 124 mm en 48 horas.

- Invierno.

Un segundo evento de importancia se presentó el día 132 (20 de mayo) con caudales específicos de 183 y 359 L/s/km^2 para las cuencas de Pino 2 y Pino 1, respectivamente, y entre 205 y 274 L/s/km^2 para las cuencas Nativo 1 y Nativo 2, respectivamente. Estos elevados valores de caudal se deben a que previo al evento hubo tres semanas con precipitaciones en casi la totalidad de los días, lo cual ha debido copar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, generando escorrentías de importancia, siendo las más elevadas dentro del período de estudio.

Un tercer evento, aunque no con caudales específicos de gran magnitud, ocurrío el día 228 (23 de agosto) de 19 mm, después de dos semanas con escasas precipitaciones.

- Primavera.

El cuarto evento de importancia medido en los caudales específicos ocurrió el día 327 (01 de diciembre), en el cual los caudales alcanzaron niveles de 178 y 270 L/s/km^2 en las cuencas Pino 2 y Pino 1, respectivamente, y entre 165 y 302 L/s/km^2 en las cuencas Nativo 1 y Nativo 2, respectivamente. Este brusco aumento se debió a las intensas precipitaciones caídas en los días 30 de noviembre y 01 de diciembre, que en total alcanzaron a los 107 mm.

Del análisis de la Figura Nº 5 se desprende que los máximos caudales registrados se produjeron en la cuenca de Pino 1 la que alcanzó el mayor caudal específico el día 132 (20 de mayo) con 359 L/s/km^2. En las cuencas de Nativo el mayor caudal registrado ocurrió el día 327 (01 de Diciembre) en el cual la cuenca de Nativo 1 alcanzo un caudal de 302 L/s/km^2.

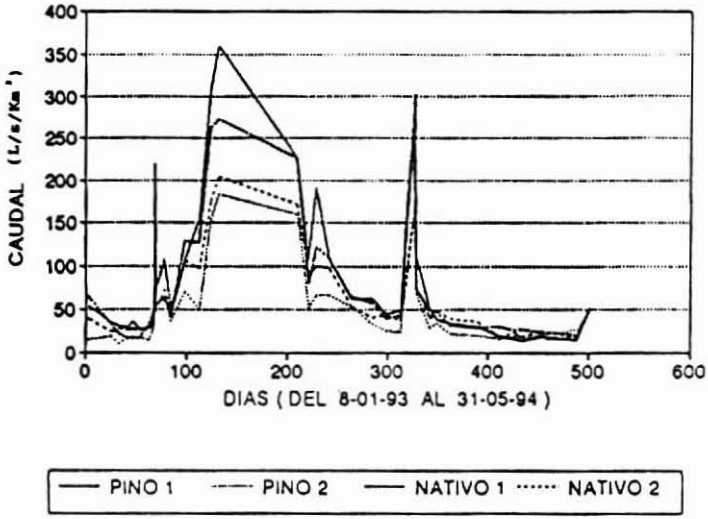


Figura Nº 5. **DISTRIBUCION DE LOS CAUDALES ESPECIFICOS**

INFOR

Cuadro Nº 1

CAUDALES ESPECIFICOS EN LAS DIFERENTES CUENCAS (L/s/km^2)

Día/Mes	Nº Días	Pino 1	Pino 2	Nativo 1	Nativo 2	Pino Promedio	Nativo Promedio
08-01	1			62,58	40.18		51.38
11-01	3	54,03	15,40	64,87	40,18	34,72	52,53
02-02	25	35,09	19,18	33,28	24,01	27,14	28,65
10-02	33	31,50	10,09	22,52	29,05	20,80	25,79
18-02	41	29,82	17,68	17,34	25,46	23,75	21,40
23-02	46	36,24	19,18	17,34	27,24	27,71	22,29
02-03	53	27,26	17,68	17,34	25,46	22,47	21,40
12-03	63	30,98	15,02	34,76	28,99	23,00	31,88
16-03	67	42,07	30,19	51,23	31,96	36,13	41,60
17-03	68	220,67	154,16	151,78	118,09	187,42	134,94
18-03	69	54,75	53,31	72,06	46,37	54,03	59,22
26-03	77	65,04	61,66	107,05	75,03	63,35	91,04
02-04	84	42,52	35,12	49,08	42,52	38,82	45,80
15-04	97	105,88	70,75	128,54	106,65	88,32	117,60
30-04	112	153,52	49,58	126,86	96,01	101,55	111,44
12-05	124	307,33	153,25	263,70	174,67	230,29	219,19
20-05	132	359,85	183,18	274,02	205,26	271,52	239,64
06-08	210	226,73	158,75	225,89	171,56	192,74	198,73
17-08	221	107,59	52,11	81,54	88,22	79,85	84,88
24-08	228	191,56	67,03	121,35	101,20	129,30	111,28
07-09	242	109,87	67,03	108,10	98,54	88,45	103,32
29-09	264	61,67	53,38	64,99	53,89	57,53	59,44
19-10	284	63,70	33,15	58,21	40,72	48,43	49,47
03-11	299	44,59	25,14	40,07	43,43	34,87	41,75
17-11	313	48,79	24,29	43,24	36,80	36,54	40,02
01-12	327	270,92	178,73	302,40	165,23	224,83	233,82
02-12	328	114,25	67,91	73,69	79,80	91,08	76,75
16-12	342	51,81	28,32	50,20	39,66	40,07	44,93
22-12	348	37,79	34,11	47,82	49,22	35,95	48,52
05-01	362	34,24	22,12	32,29	39,81	28,18	36,05
02-02	390	30,89	20,22	29,40	36,59	25,56	33,00
24-02	412	18,91	16,77	30,41	19,24	17,84	24,83
11-03	427	16,74	18,99	26,46	22,84	17,87	24,65
17-03	433	14,41	19,55	27,84	18,72	16,98	23,28
04-04	451	18,07	20,31	23,94	24,75	19,19	24,35
12-05	489	15,14	27,48	20,77	18,20	21,31	19,49
31-05	501	53,36	47,94	49,63	51,96	50,65	50,80

Caudales Promedio,

En la Figura Nº 6 se muestran los caudales promedios de las cuencas Pino y Nativo,

Durante la época de menor precipitación los caudales promedios de las cuencas Nativo son superiores a las Pino, hasta el día en que se produce el primer evento de importancia en las precipitaciones, donde los caudales máximos ocurren en las cuencas Pino, Una vez que disminuyen las precipitaciones los caudales de Nativo se hacen superiores hasta que se produce otro evento de importancia en las lluvias, donde las cuencas cubiertas por pino vuelven a entregar el máximo caudal,

Este comportamiento podría deberse a que los bosques con vegetación nativa poseen la facultad de regular en mejor forma los niveles de escorrentía cuando las precipitaciones son de alta intensidad, ya sea por una mayor capacidad de interceptar las precipitaciones o bien por su mejor capacidad de infiltración y almacenamiento (Huber, 1992), Este aumento de las reservas de agua en el suelo en los bosques nativos y las mayores tasas de evapotranspiración de los bosques de pino (Alvarez, 1986; Huber, 1992; Francke, 1993) se ve reflejado en un mayor rendimiento hídrico en las cuencas Nativo en las estaciones del año con bajas precipitaciones, alcanzando niveles hasta un 28% superiores que las cuencas Pino,

INFOR

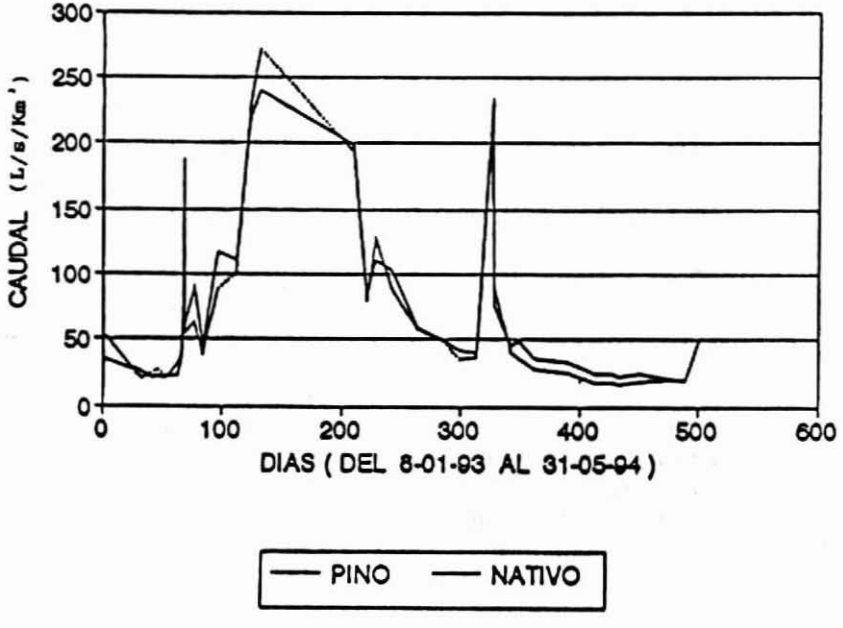


Figura Nº 6. **DISTRIBUCION DE CAUDALES PROMEDIO**

A pesar de las tendencias, el análisis de varianza de todos los antecedentes de caudal (Cuadro Nº 2) no mostró diferencias significativas para los tratamientos Pino y Nativo con un nivel de significación de un 95% y 85%, debido a que sus medias son muy similares y porque existen valores fuera de rango dentro de los dos grupos, Con los datos agrupados en mayores de 60 L/s/km^2 tampoco existieron diferencias a un nivel de 95% y 85% de significación,ya que las medias son homogéneas, Para los caudales agrupados en menores de 60 L/s/km^2 existieron diferencias significativas al nivel de confianza de 85%, presentando heterogeneidad de medias, lo que ratifica las diferencias en el sentido de un mayor rendimiento hídrico en el Nativo para las estaciones más secas del año,

Cuadro Nº 2

RESULTADO ANDEVA CAUDALES

ESTADIGRAFOS						
Variables	Cuencas	Nº Obervaciones	Promedio	F. Calc.	F. Tab	Nivel Significativo
Caudal	Pino Prom.	30	78,4			
	Nativo Prom.	30	81,4	0,029	4	95 % NS
Caudal < 60	Pino	18	33,5			
	Nativo	18	39,9	2,459	2,35	85 % S
Caudal > 60	Pino	12	145,7			
	Nativo	12	143,5	0,006	4,28	95 % NS

Del análisis de frecuencia de los caudales se desprende que la mayor cantidad de registros con caudales bajos se presenta en las cuencas Pino, encontrándose en estas el 41,37% de los registros con caudales bajo los 40 L/s/km^2, a diferencia de las cuencas Nativo que presentó el 23,33% de los registro bajo este nivel (Figura Nº 7),

INFOR

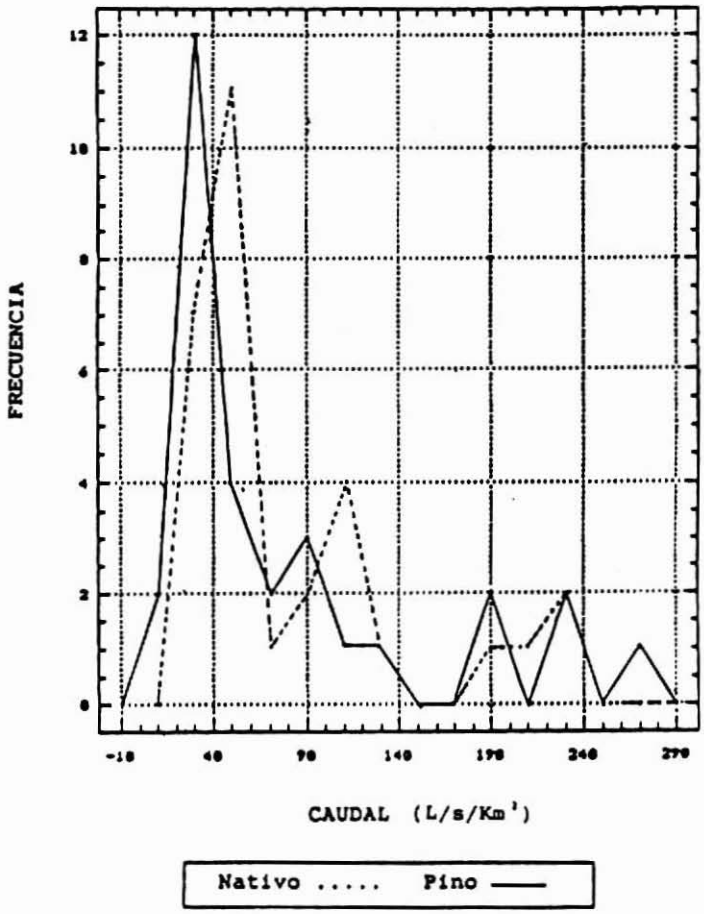


Figura Nº 7. **ANALISIS DE FRECUENCIA CAUDALES**

Calidad de Aguas,

La turbidez y seston (mg/L) versus caudales al momento del muestreo para las cuencas Pino y Nativo se presentan el las Figuras Nºs 8 y 9,

Para la turbidez la concentración de sedimentos en suspensión varió para las cuencas Pino entre 2,5 y 7,5 mg/L y para Nativo entre 2,5 y 6,0 mg/L, En los análisis de sedimentos los niveles encontrados variaron entre 1,19 y 41,41 mg/L, para las cuencas Pino y entre 1,11 y 30,45 mg/L, para las cuencas Nativo, Valores superiores se registraron en una cuenca cercana a Valdivia, que desde 0,01 a 76,13 mg/L (Rodríguez, 1991),

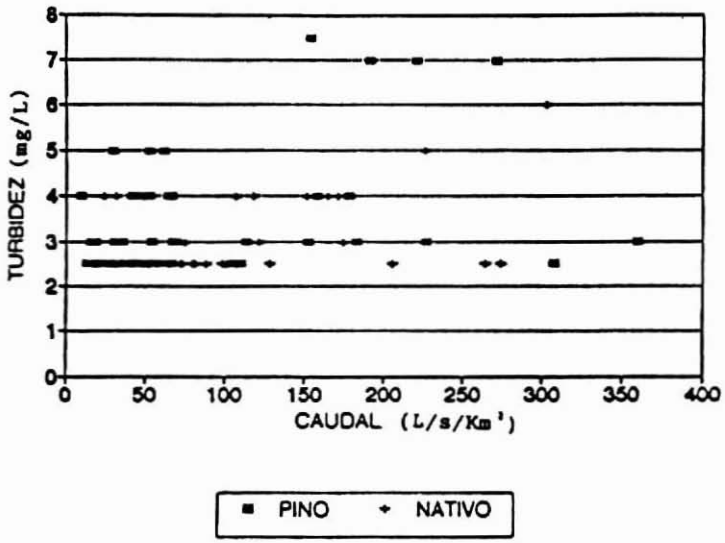


Figura Nº 8. **TURBIDEZ CUENCAS PINO Y NATIVO**

INFOR

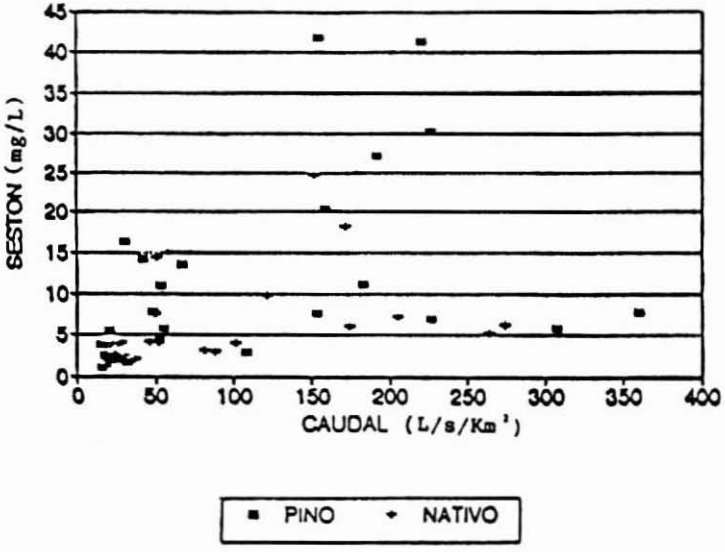


Figura Nº 9. SESTON CUENCAS PINO Y NATIVO

En ninguna de las cuencas se aprecia una relación clara entre caudal y turbidez o caudal y sedimentos, lo cual se debería a que las máximas cargas de sedimentos se producen bajo diferentes condiciones climaticas y saturación del suelo, por ejemplo lo ocurrido con las primeras lluvias de alta intensidad después de un período con escasas precipitaciones, Sin embargo con las lluvias intensas de invierno el efecto de arrastre puede ser comparativamente menor a pesar que los caudales son superiores, Sin embargo, se ve que las cuencas de pino generan niveles más altos tanto en turbidez como en seston,

El análisis de varianza de los antecedentes de turbidez y seston presentan diferencias significativas entre las cuencas Pino 2 y Nativo 2 y para la totalidad de los registros de Pino y Nativo (Cuadro Nº 3),

Cuadro Nº 3

RESULTADO ANDEVA TURBIDEZ Y SESTON

		ESTADIGRAFOS				
Variables	Cuencas	Nº Obs.	Promedio	F. Calc.	F. Tab.	Nivel Significativo
Turbidez	Pino 1	35	3,13			
	Nativo 1	35	2,86	1,063	3,98	95 % NS
	Pino 2	26	2,71			
	Nativo 2	26	3,15	6,064	4,03	95 % S
	Pino	53	3,24			
	Nativo	55	2,82	5,426	3,92	95 % S
Seston	Pino 1	11	8,29			
	Nativo 1	8	5,41	1,145	4,41	95 % NS
	Pino 2	10	9,23			
	Nativo 2	9	4,31	5,559	4,41	95 % S
	Pino	21	8,74			
	Nativo	17	4,83	5,549	4,07	95 % S

CONCLUSIONES

Los caudales en las cuencas cubiertas con bosques de pino no presentan diferencias significativas con los de bosque nativo para caudales instantáneos superiores a 60 L/s/km^2, sin embargo las cuencas de pino presentan los registros de caudal instantáneo de mayor magnitud, lo que revela una tendencia a generar escorrentías de alta intensidad,

Por otra parte, las cuencas presentan diferencias significativas en el rendimiento hídrico en las estaciones del año con bajas precipitaciones (caudales inferiores a 60 L/s/km^2), Las cuencas cubiertas por bosque nativo alcanzan niveles superiores en cantidad de hasta un 28% en la época de verano,

Las tasas de concentración de sedimentos en el agua de las cuencas cubiertas con plantaciones de pino son superiores a las con cubierta de bosque nativo, presentando diferencias significativas ambas cubiertas, La concentración de sedimentos en las cuencas Pino alcanza niveles de 41,4 mg/L y en las Nativos llega a 30,4 mg/L, En los análisis de turbidez las diferencias

INFOR

también son significativas presentando las cuencas Pino valores máximos de 7,5 mg/L y las Nativo de 6,0 mg/L,

Con los datos obtenidos no se encontró una clara relación entre caudal con turbidez o seston,

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarez, F, 1986, Técnicas y Trabajos Usados en el Manejo de Cuencas para Efectos de Producción de Agua Potable, Chile Forestal, Documento técnico (17),

Ciancaglini, N, 1987, Procedimientos de Disponibilidad de Agua, Manual de Desarrollo y Manejo de Cuencas Alto Andinas, Vol 4, Italia,

Contreras, A, En Prensa, Diagnóstico y Proposición de Pautas para el Manejo de las Microcuencas que Abastecen de Agua al Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile, Tesis, Valdivia,

FAO, 1976, Some Simple Hydrological Techniques for Reconnaissance Work in Watershed Management, Forest Resources Division, FAO, Rome, 45-52,

Francke, S, 1993, Efectos de las Plantaciones Forestales en el Suelo, Chile Forestal, Documento Técnico (70),

Huber, A; Oyarzun, C; Ellies, A, 1985, Balance Hídrico en Tres Plantaciones de **Pinus Radiata** y una Pradera, Bosque Nº6(2),

Huber, A, 1992, Redistribución de las Precipitaciones y Balance Hídrico de un Rodal de **Pinus radiata** y un Bosque Nativo en el Sur de Chile, en Actas de II Simposio Pinus Radiata: Investigación en Chile. Valdivia Chile, 6p,

INIA, 1989, Mapa Agroclimático de Chile, INIA, Area Agroecología, Programa Ecología y Producción. Proyecto Agrometeorología, 221 pg,

Iroume, A, 1990, Assessment of Runoff and Suspended Sediment Yield in a Partially Forested Catchment in Southern Chile, Wat, Resour. Res,. 26:2637-2642

Iroume, A; Gayoso, J; Huber, A, 1992, Evaluación del Impacto del Plan de Manejo Forestal sobre la Cantidad y Calidad de las Aguas de las Cuencas del Estero Llancahue, ESSAL - UACH, Informe convenio Nº 195, 32p,

Lassen, L; Lull, H; Frank, B, 1965, Algunas Relaciones entre

Planta, Suelo y Agua en el Manejo de Cuencas, México, Agencia para el Desarrollo Internacional, 68p,

Lopez, F y Blanco, M, 1976, Hidrología Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, España, 60p,

Lopez, F y Pérez, A, 1981, Papel de la Vegetación en Ciclo Hidrológico, Actas de la IV Conferencia Nacional sobre Hidrología General y Aplicada, Zaragosa, España, 127-142p,

Mac Donald Lee H, 1991, Monitoring - Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Stream in the Pacific Northwest and Alaska, United States Enviromental Protection Agency, Washintong 166p,

Otero L, Donoso H, Barrales L, 1993, Análisis de los Efectos Ambientales del Reemplazo de Bosque Nativo por Plantaciones, Instituto Forestal, Informe Interno, Unidad de Medio Ambiente,

Rodríguez, D, 1991, Escorrentía y Producción de Sedimentos en Suspensión en una Cuenca de la Décima Región, Tesis Universidad Austral de Chile, Valdivia 38p,

INFOR

ANALISIS ESPACIAL EN RENOVALES DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb)(Oerst) Y RAULI (*Nothofagus alpina* (Poepp y Endl)

Marjorie Martin S. (*)

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo analizar la distribución espacial de renovales de Roble-Raulí, de la zona precordillerana de Malleco, utilizando como herramienta básica el proceso de puntos marcados. El análisis de la distribución espacial es el paso previo en la identificación de un patrón de distribución que sirva de modelo para la simulación de poblaciones artificiales, que permitan el estudio de procesos que dependen de la distancia entre árboles, como es el de la competencia. La conveniencia de este método de análisis espacial, por sobre otros, radica en que, además de entregar un descripción matemática y gráfica de lo que sucede en rangos de distancia, incorpora una variable "marca" que no sólo está ligada a cada individuo, sino que además puede estar relacionada con la distancia entre un par de árboles.

ABSTRACT

*The objetive of this study is to analyse the spatial distribution of **Nothofagus obliqua** and **Nothofagus alpina** in the pre-Andes Mountains of Malleco, using a basic tool the process of marked points. The analysis of the spatial distribution is the previous step in the identification of a standard pattern of distribution wich might be used as a model for the simulation of the artificial population, which might permit the study of the process that depend from the distance among the trees, as it is of the competition. The advantage of this method of spatial analysis from others, is besides giving a mathematical description and graphics of what is going on in ranks of distance, it incorporates a variable "mark", which is not linked to each individual, but it can also be related with the distance between a pair of trees.*

(*). Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, División Ordenación Forestal e Inventarios

INFOR

INTRODUCCION

El análisis espacial es una herramienta eficaz en el estudio de la distribución que presentan los árboles en terreno. Esta distribución está determinada por distintos factores dentro de los cuales se distinguen: la forma de propagación de la semilla, el estado evolutivo de los árboles, la topografía y, en general, los reguladores de la densidad, como la competencia, la presencia de plagas, incendios o catástrofes y la mortalidad en general, factores que, individualmente o en conjunto, determinarán que un grupo de árboles en una región determinada se distribuyan aleatoriamente o en forma agregada, o uniforme, o como una combinación de éstas.

Existen distintos métodos para llevar a cabo este análisis, los cuales difieren en la información básica que requieren y en consecuencia en la profundidad del análisis resultante.

Los métodos que precisan la mínima información básica son los basados en muestreos de parcelas de forma cuadrada, donde sólo se necesita el número de individuos presente en cada parcela. Otros métodos se basan en muestras de distancias medidas desde puntos aleatorios a los árboles más cercanos. Estos métodos no requieren conocer el total de la población.

Luego están los métodos basados en distancias desde árboles escogidos en forma arbitraria a sus vecinos más cercanos, que requerirían para una muestreo realmente aleatorio, la enumeración de los individuos presentes en una determinada área.

Estos métodos resultan de fácil y rápida aplicación para el investigador, por lo que representan un bajo costo, pero los resultados obtenidos determinan un tipo de distribución para la generalidad de la población, en base a la distancia media o al número medio de individuos por cuadrado.

El método empleado en este estudio corresponde al que se conoce como proceso de puntos marcados, en el cual, a diferencia de los métodos anteriores, se requiere no sólo la completa enumeración de los individuos dentro de un área determinada, sino que además se requiere conocer la posición exacta de

los individuos en coordenadas cartesianas, de modo que el área constituye el plano cartesiano donde los árboles se representan como puntos.

Este método entrega resultados más precisos acerca de la distancia de interacción entre los individuos, ya que analiza todos los rangos de distancia que se forman entre todos los árboles.

Para efectos del análisis, las parcelas empleadas se han dividido según especies intolerantes, roble y raulí, identificándolas como población 1; y especies tolerantes, avellano, lingue y tepa, representadas por la población 2. También se estudia el efecto en conjunto, tolerantes e intolerantes.

La aplicación del análisis espacial permite buscar mejores estimadores de la densidad (Mackisack y Wood, 1990). Además se han desarrollado aplicaciones para la interpretación de disturbios históricos de los rodales, como la ocurrencia de plagas (Duncan et al, 1991), y como método de análisis para la reproducción clonal de algunas especies de fácil retoñación (Berg et al, 1994).

METODOLOGIA

Información Básica

Los datos provienen de las parcelas permanentes del Proyecto Modelo de Simulación para Renovales de Roble-Raulí, instaladas el año 1991. Éstas se ubican en la ribera norte del río Renaico (Límite sur de la VIII Región). Son dos parcelas de una hectárea de superficie y de forma cuadrada.

En estas parcelas se definió la posición, en coordenadas cartesianas, de cada árbol de DAP mayor a 10 cm. Además del DAP, se tomaron muestras de edad de 48 árboles en cada parcela e información de altura.

Método

El proceso de puntos marcados se sustenta en dos supuestos básicos respecto de los datos: estacionalidad e isotropía. Estos supuestos implican que las probabilidades establecidas acerca del proceso, en cualquier región del plano, se mantienen invariantes bajo una traslación arbitraria del plano y bajo su rotación, es decir, no hay efectos direccionales. La estacionalidad implica que se cuenta con replicaciones de conjuntos de datos dentro de una subregión del plano en estudio. La isotropía implica que el vector de diferencias entre eventos puede ser reemplazado por distancias escalares para dar una nuevo elemento en la replicación incorporada (Diggle,1983).

En general estos supuestos son a menudo razonables como una primera aproximación sobre un rango geográfico restringido.

El proceso de puntos marcados es descrito por Penttinen (1992) y se define como un modelo matemático de un sistema aleatorio de puntos marcados que conforman el par (x , m(x)). El primer elemento de este par se refiere a la posición en el plano cartesiano de un evento, y m(x) es una variable asociada al evento (marca). Para efectos de este estudio, la parcela de terreno representa al plano cartesiano, cada "x" es la coordenada de cada árbol en ese plano y cada "m(x)" representa el DAP de dicho árbol.

En este caso se ocupa el DAP, aunque puede utilizarse cualquier variable asociada a cada individuo, como altura, diámetro de copa, edad, etc.

Las características fundamentales son la densidad "λ", cuyo estimador es el número de árboles por unidad de área, y la marca promedio, "μ", en este caso el DAP medio de la parcela.

Las funciones utilizadas en el modelo son:

- Función par de Correlación : Función que relaciona la distancia entre un par de árboles. Indica, cuanto más (o menos) frecuente es una distancia entre pares, comparada con lo que ocurriría en un proceso aleatorio de puntos. Toma valores entre cero e infinito.

  Valores de esta función superiores a 1 indican que la distancia es más frecuente que en una población aleatoria. Al contrario, valores menos que 1 indican que esa distancia es menos frecuente que en una población

INFOR

aleatoria. Valores aproximadamente iguales a 1 indican que esas distancias son prácticamente aleatorias. La siguiente expresión describe la función par de correlación :

$$\hat{g}(r) = \sum_{i \neq j} w(\|x_i - x_j\| - r / \hat{\lambda}^2 \quad 2\pi r s(r), r > 0$$

Siendo :

w	:	Estimador de Kernel, que permite funciones de densidad suavizadas
s(r)	:	Factor de corrección de bordes
r	:	Clase de distancia
$\|\|x_i - x_j\|\|$	:	Distancia desde el árbol i al árbol j
λ	:	Estimador de la densidad
π	:	Constante Pi

- Función Acumulativa de segundo orden, Función K de Ripley: Esta función tiene una explicación más bien intuitiva, donde la función ponderada por la densidad [K(r)λ], indica el número de puntos existentes dentro de una distancia determinada y desde un punto escogido aleatoriamente. En el caso de un proceso aleatorio, K(r) es igual a πr^2 , siendo r un rango de distancia determinado. Su expresión es:

$$\hat{K}(r) = \sum_{0<\|x_i - x_j\| \leq r} \frac{1}{\hat{\lambda}^2 \, s(\|x_i - x_j\|)}$$

En forma práctica esta función es reemplazada por la expresión linealizada, para la cual existen intervalos de confianza, que permiten determinar si una población es aleatoria a un nivel de confianza del 95% .Esta función se calcula como:

$$\hat{L}(r) = \sqrt{\hat{K}(r) / \pi}, r > 0$$

- Función de Correlación de las Marcas : Función que relaciona los diámetros de una par de árboles situados a una determinada distancia. Los valores menores a 1 sugieren una correlación negativa o mutua inhibición. Los valores mayores a 1 indican correlación positiva o mutua atracción. En el caso en que la variable no esté espacialmente correlacionada el valor de esta función será aproximadamente igual a uno. La siguiente expresión describe esta función:

$$\hat{k}_{mm}(r) = \sum_{i \neq j} w(\|x_i - x_j\| - r) m_i m_j / (\hat{\lambda}^2 \hat{\mu}^2 2\pi r s(r) \hat{g}(r)), r > 0$$

Donde:

$m_i m_j$: Marca del árbol i por marca del árbol j
μ : Media estimada de las marcas

- Función Acumulativa de las Marcas : Esta función es la equivalente a la función K de Ripley y al igual que en ese caso, en la práctica, se utiliza la expresión linealizada.

$$\hat{K}_{mm}(r) = \sum_{0 < \|x_i - x_j\| \leq r} \frac{m_i m_j}{\hat{\lambda}^2 s(\|x_i - x_j\|)}$$

INFOR

Estimación y Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en las figuras siguientes, donde se presentan las parcelas 1 y 2 con la posición de todos los individuos de DAP>10 cm.

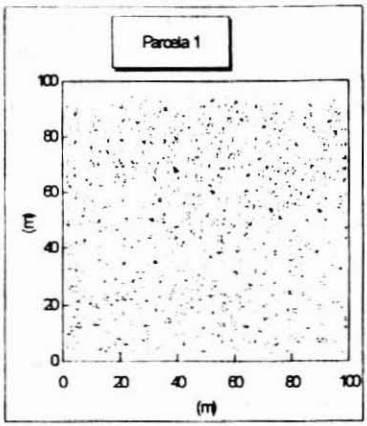


Figura Nº 1. **DISTRIBUCION ESPACIAL PARCELA 1**

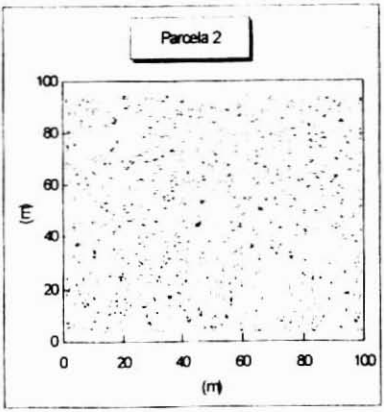


Figura Nº 2. **DISTRIBUCION ESPACIAL PARCELA 2**

A simple vista resulta difícil reconocer algún tipo de patrón en la distribución de los árboles. De acuerdo a los antecedentes, estos renovales de Roble - Raulí se han regenerado hace ya alrededor de 40 años, producto de incendios ocurridos en la zona (Grosse, 1993). Según la conocida capacidad de retoñación que tiene, sobre todo la especie raulí (Vita, 1978) y conforme a lo observado en terreno, donde la mayoría de los individuos son producto de regeneración vegetativa, no es difícil suponer una distribución más bien agregada que aleatoria de los individuos. Sin embargo, esto excluiría la posibilidad que, producto de la competencia o de alguna otra causa de mortalidad, la distribución de los árboles haya sido alterada, manifestando cierta tendencia hacia otro tipo de distribución espacial.

Los Cuadros N^{os}. 1 y 2 describen los correspondientes parámetros medios de cada parcela.

Cuadro N° 1

PARAMETROS MEDIOS DE LA PARCELA 1

Parcela 1 Especie	N° árboles/ha		Area Basal (m^2/ha)		DAP Medio (cm)
Raulí	762	(48,69 %)	26,83	(62,25 %)	19,0
Roble	146	(9,33 %)	8,48	(19,68 %)	28,0
Tepa	90	(5,75 %)	1,44	(3,34 %)	13,4
Lingue	325	(20,77 %)	3,88	(9,00 %)	12,6
Avellano	242	(15,46 %)	2,47	(2,47 %)	10,9
Total	1.565		43,10		

INFOR

Cuadro Nº 2

PARAMETROS MEDIOS DE LA PARCELA 2

Parcela 1 Especie	Nº árboles/ha		Area Basal (m^2/ha)		DAP Medio (cm)
Raulí	1.039	(59,92 %)	25,71	(67,76 %)	16,6
Roble	117	(6,75 %)	5,66	(14,92 %)	24,5
Tepa	5	(0,29 %)	0,05	(0,13 %)	10,7
Lingue	387	(22,32 %)	4,70	(12,39 %)	12,7
Avellano	186	(10,73 %)	1,82	(4,80 %)	10,8
Total	1.734		37,94		

De acuerdo a las muestras obtenidas, la edad promedio para la parcela 1 es de 45 años y para la parcela 2 de 41 años.

Como fue mencionado anteriormente, para propósitos del estudio se establecen para cada parcela la población Nº 1, correspondiente a las especies roble y raulí, y la población Nº 2, que corresponde a las especies tolerantes : avellano, lingue y tepa.

Función Par de Correlación

La población Nº 1 comprendida por roble y raulí alcanza valores de la función g(r) cercanos a 4 para distancias cortas (0,5 m), lo que indica una fuerte agregación, comportamiento que se aprecia en ambas parcelas. Los valores de la función disminuyen rápidamente hasta valores inferiores a 1 alrededor de los 2,5 m. De acuerdo a la definición de la función par de correlación, los valores menores a 1 determinan la distribución uniforme. En este caso, la parcela Nº 1 alcanza valores de g(r) de 0,76, en tanto que en la parcela Nº 2 llega a 0,88. Por otra parte, alrededor de los 5,5 m las curvas correspondientes a cada parcela vuelven a tomar valores muy cercanos a 1, hasta más allá de 15 metros.

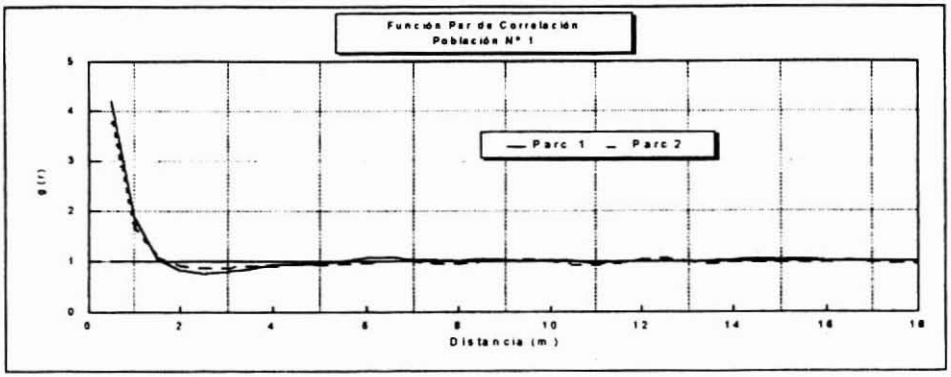


Figura N° 3 a. **FUNCION g(r) PARA ESPECIES INTOLERANTES**

Este comportamiento indica que, a distancias cortas, existe una fuerte agrupación, debida probablemente a la forma de regeneración de estos bosques, ya que en un mismo tocón se encuentra más de un árbol, lo que provocaría que a cortas distancias los individuos tenderían a ser más frecuentes que a distancias más grandes.

Alrededor de los 2,5 m la frecuencia de individuos es menor que lo que sería en una población aleatoriamente distribuida, reflejando lo que se conoce como un efecto de inhibición provocado posiblemente por la competencia entre individuos.

Más allá de los 5,5 m, según lo observado en la Figura N° 3a, la frecuencia de estas distancias es más bien aleatoria, definiendo una distancia de interacción, ya sea por efectos del micrositio o de la competencia hasta los 5,5 m.

Las curvas de g(r) para la población N° 2 (Figura N° b), de ambas parcelas, también muestran valores de altos, que indican agregación. Sin embargo, en este caso se aproximan a 6, al evaluar la función para la distancia de 0,5 m, siendo más altos que en la población anterior. Como en la población N° 1, también las curvas bajan al aproximarse a los 2,5 m, aunque a diferencia de ella, sólo la parcela N° 2 alcanza valores inferiores a la unidad, 0,82 a los 3 m, y la parcela N°1, en cambio, se desarrolla cercana a uno, pero con valores ligeramente mayores (1,22 a los 9 m).

Según los graficos de estas figuras, la población compuesta de lingue, avellano y tepa de la parcela Nº 1, presenta una distribución fuertemente agregada a distancias cortas, para luego mantenerse con valores cercanos a la unidad, aunque siempre superiores. En tanto que la parcela Nº 2, también presenta un valor fuerte de agregación a distancias cortas, pero tal como en la población Nº 1, hasta alrededor de los 6 m, los valores de g(r) son algo inferiores a la unidad (0,87), para luego de esta distancia pasar a una distribución prácticamente aleatoria.

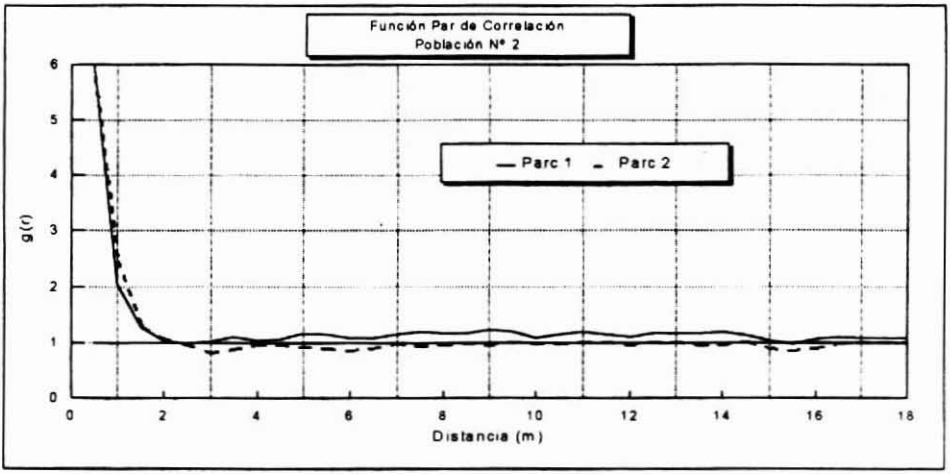


Figura Nº 3 b **FUNCION g(r) PARA ESPECIES TOLERANTES**

La explicación de los altos valores de g(r) alcanzados a 0,5 m, se halla en que la gran mayoría de estas especies ha regenerado por vía vegetativa, pero a diferencia de raulí, por cada tocón se encuentra un elevado número de árboles, lo que hace que aumente la frecuencia de las distancias menores de 1 metro.

El comportamiento de las especies tolerantes e intolerantes en ambas parcelas es similar, con una fuerte agregación a distancias cortas (0 a 2 m), luego con valores de la función inferiores a 1, indicando inhibición (2,5 a 3,5 m), para ser prácticamente aleatorios más allá de los 4 metros.

Función Lineal de K

La función L(r) de la población 1, parcela 1 (Figura Nº 4a), indica que sobre los 4 m, la distribución de distancias es aleatoria, por tanto, las relaciones entre especies intolerantes tendrían un límite de interacción de 4 metros, donde se manifiesta una tendencia a la agregación, aspecto ya destacado en la función par de correlación. En la parcela 2 también aparece este límite de 4 m de interacción.

Sin embargo, la curva no evidencia efecto alguno de la competencia al 95% de confianza (representado por las rectas), que si es manifiesto en la función par de correlación. La razón de este fenómeno se encuentra en que la función K de Ripley es una función acumulativa, por tanto, la función lineal también lo es, pero no así la función par de correlación, que representa la distribución de frecuencia de las distancias entre árboles.

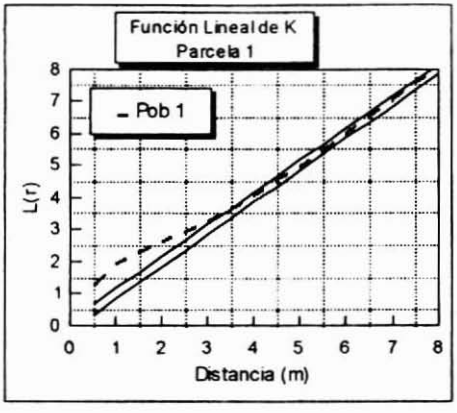


Figura Nº 4 a. **FUNCION L(r) INTOLERANTES**

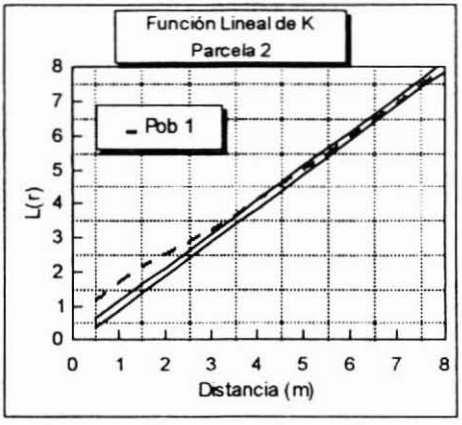


Figura Nº 4 b. **FUNCION L(r) INTOLERANTES**

La población 2 de la parcela 1 se puede considerar completamente agregada, ya que la curva se mantiene fuera del rango que determina una distribución aleatoria, con un 95% de confianza. En cambio en la parcela 2 alrededor de los 6 metros la distribución de distancias se comporta como una distribución aleatoria. Bajo esta distancia, los árboles se encuentra distribuidos en forma agregada al mismo nivel de confianza.

En general, ambas parcelas no se diferencian demasiado, salvo la población compuesta por lingue, tepa y avellano en la parcela 1, donde la agregación se produce en todo el rango de distancias muestreado.

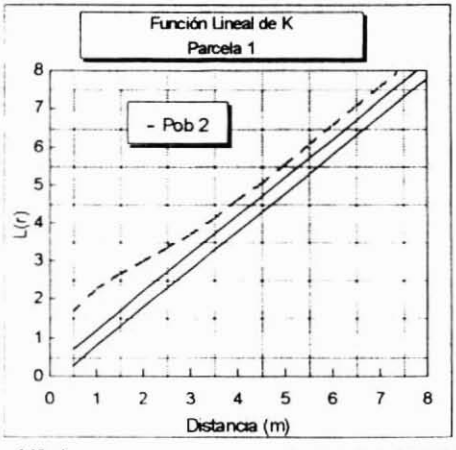


Figura Nº 4 c. **FUNCION L(r) TOLERANTES, PARCELA 1**

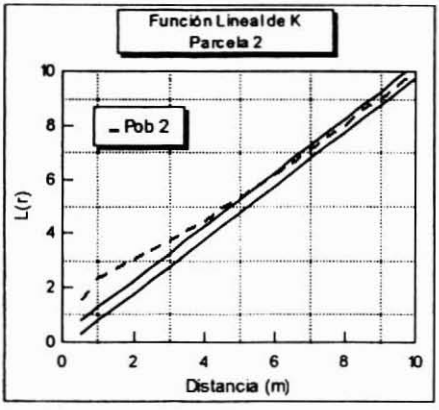


Figura Nº 4 d. **FUNCION L(r) TOLERANTES, PARCELA 2**

Función de Correlación de las Marcas

La función de correlación de las marcas, como la función par de correlación, se analiza comparando el valor de la función con la unidad. Si este valor es igual a la unidad, la distribución espacial de las marcas es aleatoria. En este estudio se usa como "marca" el DAP de los árboles y se entiende que, si el valor de esta función es 1, los diámetros estarán aleatoriamente distribuidos sobre las posiciones, es decir, la distancia a la que se encuentran ubicados un par de árboles no tiene influencia en los diámetros que éstos presenten. Valores pequeños de la función sugieren correlación negativa, o mutua inhibición a esas distancias, y valores positivos de correlación, atracción mutua a tales distancias.

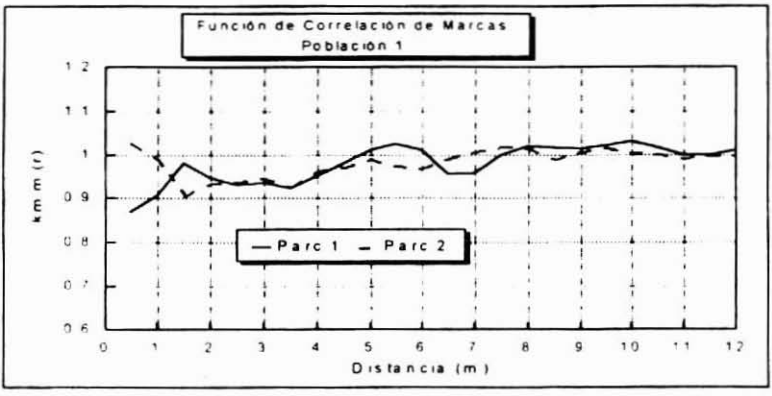


Figura Nº 5 a. **FUNCION kmm(r) INTOLERANTES**

La función kmm(r) para la población Nº1 (Figura Nº 5a) se mantiene bajo la unidad hasta cerca de los 4 m. Más allá de esa distancia se producen fluctuaciones que se consideran aleatorias. Ambas parcelas sólo se diferencian en los pares de distancia menores a 1,5 m, donde la parcela 1 presenta correlaciones negativas en sus diámetros (inhibición mutua) y la parcela 2 correlaciones positivas (mutua atracción). Esto indica que en la parcela 1 a cortas distancias es preponderante el efecto de la competencia y en la parcela 2 el del micrositio.

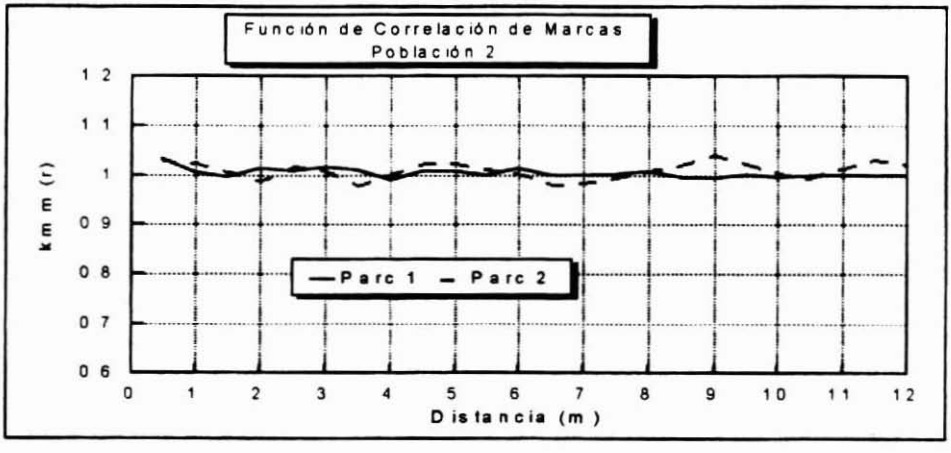


Figura Nº 5 b. **FUNCION kmm(r) TOLERANTES**

La población Nº 2 (Figura Nº 5b) tiene un comportamiento similar en ambas parcelas, con valores un poco superiores a 1 hasta 1,0 m de distancia entre árboles (1,03 en ambos casos), y con valores que fluctúan alrededor de 1 más allá de esa distancia. Indicando que a distancias menores a 1 m los árboles tienden a una mutua atracción, es decir a cortas distancias los avellanos, lingues y tepas tienen diámetros similares, y a más de 1 metro los diámetros de los árboles son independientes de las distancias a la que se encuentran los pares de árboles. Esto indica que el efecto micrositio es más preponderante en el caso de las especies tolerantes.

En general, en la parcela Nº 2 el efecto del micrositio es más evidente sobre los diámetros a distancias cortas, menores a 1 m. A estas mismas distancias en la parcela Nº 1 es más preponderante el efecto de la competencia. Esto puede indicar una diferencia en el estado de desarrollo de ambas parcelas, debido a que el efecto preponderante, a edades tempranas, es el del micrositio. Este hecho es más notorio en plantaciones, donde las plantas pequeñas que tienen recursos similares tienden a crecimientos similares. El efecto de la competencia aparece una vez que el recurso se ha vuelto escaso, lo que sucede a una mayor edad.

Sin embargo, ambas parcelas tienen un comportamiento similar sobre 1 m, siendo preponderante el efecto de la competencia, salvo para las especies tolerantes que se mantiene aleatorias más allá de 1 m de distancia.

La distancia de los 5,0 a 5,5 metros en la parcela 1 coincide en la función de las marcas como distancia de interacción, más allá de la cual los diámetros se distribuyen en forma aleatoria, es decir, independiente de las distancias.

Función Lineal de las Marcas

El comportamiento de la población 1, para esta función, es similar para ambas parcelas. Es decir, la curva se desarrolla hasta alrededor de los 3 m fuera de la región de confianza para una distribución aleatoria y por sobre ella. Esta función indica que a distancias que no superen los 3 m, los valores de los diámetros del par de árboles no son aleatorios, lo que implica que el diámetro de un árbol es afectado por otro árbol si este último se encuentra a no más de 3 m de distancia del primero. Sobre los 3 metros los diámetros no son afectados por la distancia entre ellos.

Debido a que la curva durante los primeros 3 metros se desarrolla fuera del rango de una distribución aleatoria, se rechaza la hipótesis de independencia de los diámetros respecto a las distancias. Indicando, además, una fuerte tendencia a la agregación a escalas cortas.

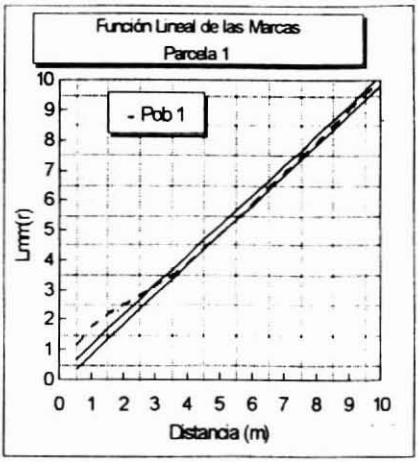


Figura Nº 6 a. **FUNCION Lmm(r) INTOLERANTES, PARCELA 1**

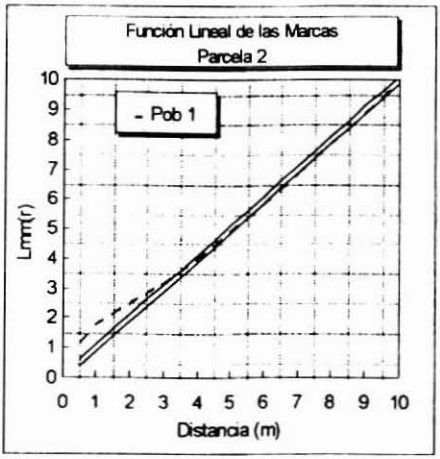


Figura Nº 6 b. **FUNCION Lmm(r) INTOLERANTES, PARCELA 2**

Al igual que para la función lineal de K, debido al carácter acumulativo de esta función los valores pueden encubrir tendencias que se manifiestan en la función kmm(r). Lo que al parecer sucede en este caso. Donde, de acuerdo, a la función L la población Nº 1 resulta agregada a cortas distancias para ambas parcelas, ocultando el efecto de la competencia que presentaba la función de correlación de las marcas.

En el caso de la población Nº 2 y de la parcela 1, el desarrollo de la curva es por sobre la región de aceptación de la hipótesis de independencia, en todo el rango de distancias, lo que indica que esta población es altamente agregada, los diámetros tienden a una atracción mutua. Esto ocurre también en la parcela 2, pero sólo hasta los 6 metros, distancia después de la cual la curva cae dentro de la región de aceptación de la hipótesis nula.

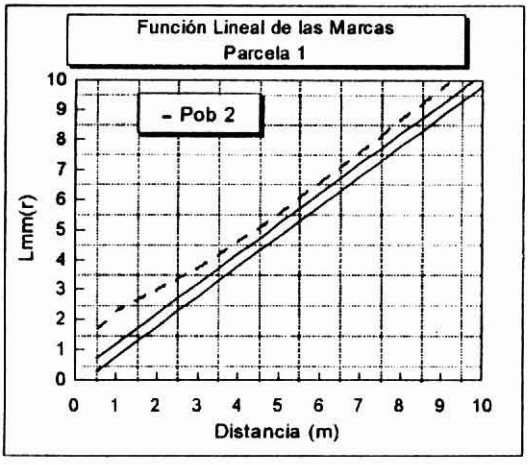


Figura Nº 6 c. **FUNCION Lmm(r) TOLERANTES, PARCELA 1**

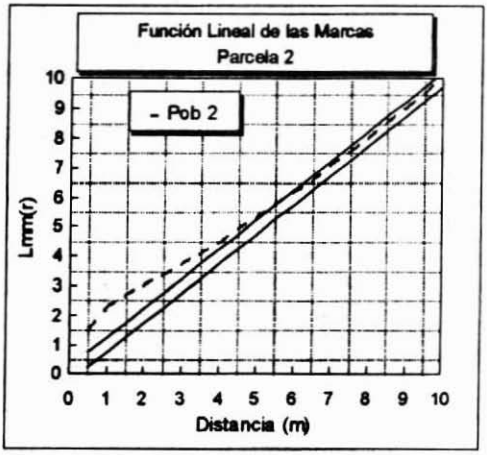


Figura Nº 6 d. **FUNCION Lmm(r) TOLERANTES, PARCELA 2**

Interacción entre Especies Tolerantes e Intolerantes

A través del uso de la función par de correlación y al disponer de las posiciones de todos los individuos en una determinada área, es posible calcular la interacción que pudiera existir entre especies o grupos de especies existentes en la misma área. Las Figuras Nºs 7a y 7b muestran los gráficos de la evaluación de dicha función para el análisis de la interacción entre las especies tolerantes: avellano, lingue y tepa, y las intolerantes : roble y raulí.

En este análisis se formaron pares con todas las especies de cada parcela, donde cada par estaba formado por una especie intolerante y una tolerante.

La función par de correlación (g(r)) para la parcela 1 indica que distancias entre pares menores a 3 m son menos frecuentes que en una población aleatoriamente distribuida, lo que significa una tendencia a la inhibición.

INFOR

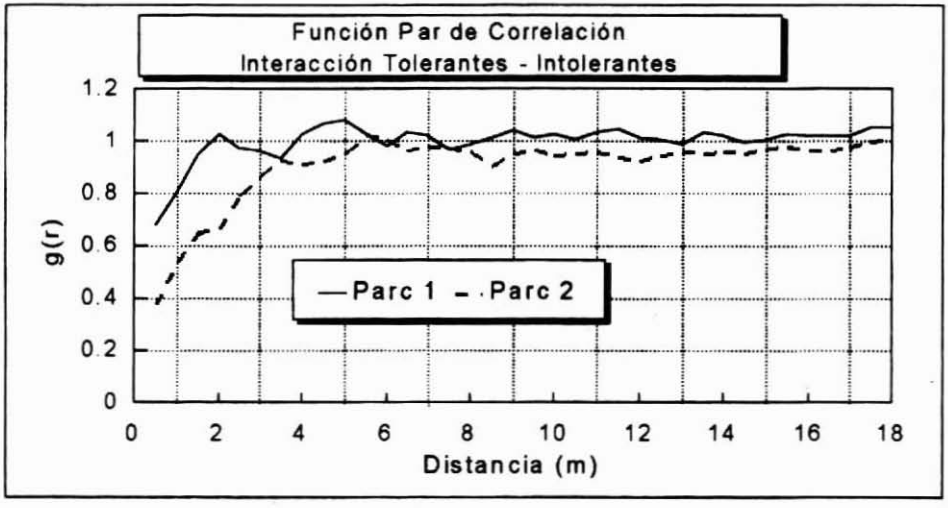


Figura Nº 7 a. **INTERACCION TOLERANTES - INTOLERANTES**

Más allá de esta distancia la función fluctúa alrededor de 1, por lo que se asume aleatoriedad. Para la misma función, la parcela 2 presenta valores más bajos que la parcela 1, y con una distancia máxima de interacción de 5 m. Sobre esta distancia los valores de la función se mantienen cercanos a uno, aunque inferiores. En general el comportamiento de ambas parcelas es similar.

La función de correlación de marcas, en el caso de la parcela 1 presenta valores ligeramente inferiores a 1 hasta 2 m de distancia entre pares, indicando también una interacción con tendencia a la inhibición. Sobre los 2 m las fluctuaciones se asumen aleatorias. La parcela 2 en cambio, sólo fluctúa alrededor de la unidad indicando independencia de los diámetros respecto a las posiciones.

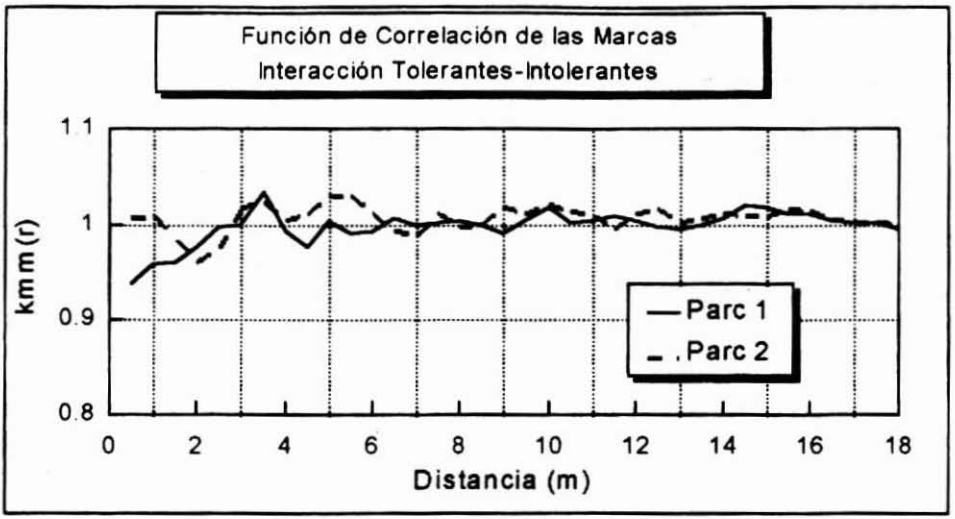


Figura N° 7 b. **INTERACCION TOLERANTES - INTOLERANTES (MARCAS)**

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con respecto a la posición, independiente de las marcas, indican que las especies tolerantes, por una parte, y las intolerantes por otra, tienen un comportamiento similar en ambas parcelas, en términos de distribución espacial.

Las especies intolerantes, presentan una distribución agregada hasta distancias cercanas a los 2 metros. Justo en los 2 metros y hasta los 3, se manifiesta una tendencia a la inhibición, y sobre los 4 metros la distribución espacial es al azar.

Las especies tolerantes manifiestan una distribución agregada de todos los pares de árboles que se encuentran a distancias menores o iguales a 2 metros. Los pares de árboles a distancias mayores tienen un comportamiento aleatorio. Salvo en la parcela 1, donde se mantiene el carácter de agregado.

En términos de la interacción entre intolerantes y tolerantes, el comportamiento es distinto. Aquellos pares separados por distancias menores de 5 metros manifiestan una tendencia a la inhibición y no a la agregación, como manifestaron los análisis anteriores. Sobre esa distancia el comportamiento se asume aleatorio.

Que en la interacción se produzca inhibición (uniformidad), significa que tales distancias son menos frecuentes de los que serían de estar la población distribuida al azar. Esto también puede explicarse por la forma de regeneración de estos bosques. La retoñación origina grupos de individuos de la misma especie muy cercanos, por lo que individuos de otras especies deben físicamente estar más distantes, lo que resulta en una distribución de distancias cortas más frecuentes para individuos de la misma especie que para los pares formados con una y otra especie.

El análisis correspondiente a las marcas indica también un comportamiento similar para ambas parcelas.

En el caso de las especies intolerantes hasta distancias menores a 4 metros se presenta mutua inhibición, salvo en la parcela 2 donde a distancias menores a 1 m los diámetros reflejan mutua atracción. Estos fenómenos se reconocen como el efecto del micrositio (García, 1992), que para condiciones del medio similares los diámetros también tienden a ser similares (mutua atracción), y los efectos de la competencia, donde árboles relativamente cercanos están en disputa por los mismo recursos (mutua inhibición), y los diámetros tienden a ser disímiles.

Los diámetros de las especies tolerantes tienden a ser aleatorios respecto de la posición, con valores ligeramente superiores a uno, que podría indicar mutua atracción. Esto se refleja más claramente en la función lineal de las marcas, donde la mutua atracción en la parcela 1 se presenta a lo largo de todas las distancias.

En la interacción, los diámetros de la parcela 2 aparecen independientes de las distancias, no así en la parcela 1, donde los pares de árboles distanciados a menos de 2 metros presentan valores de la función menores a 1, indicando inhibición mutua.

Los cambios en el tipo de distribución espacial que aparecen como resultado en ambas poblaciones, no podrían haberse detectado de no usar métodos de análisis que estudiaran la información a lo largo de todas las distancias.

INFOR

A través de los resultados se aprecia que la distribución espacial está fuertemente influenciada por la forma de regeneración de estos bosques y que las intervenciones que han tenido lugar no han alterado esta distribución.

Debido también a que el factor preponderante es el método de propagación y es el mismo para ambas poblaciones, ellas presentan un comportamiento similar en término de distribución espacial. Producto de lo anterior y considerando que en general los renovales de Roble - Raulí se han regenerado de igual modo, se espera que en general estos renovales tengan un comportamiento similar, dependiendo de las intervenciones a las que hayan sido sometidos, o del estado evolutivo en que se encuentren.

Debido a lo anteriormente expuesto se puede concluir que:

- Las especies tolerantes e intolerantes compiten en rangos de distancias de hasta 5 m.
- Los diámetros de los individuos intolerantes son afectados por la competencia en los primeros 4 m.
- Los diámetros de las especies tolerantes no evidencian efecto de la distancia entre individuos.
- El mantener distancias de interacción de 5 m entre individuos de roble y raulí, permitiría minimizar el efecto de la competencia, y a su vez acercarse más al crecimiento potencial.

REFERENCIAS

Bahamóndez, C., 1992. Modelo Simulación para Renovales de Roble - Raulí. Informe Final. Estudio Preliminar. Instituto Forestal. Div. Ordenación Forestal e Inventarios.

Berg, E.E.; Hamrick, J.L., 1994. Spatial and Genetic Structure of Two Sandhills Oaks: **Quercus laevis** and **Quercus margaretta (Fagaceae)**. American Journal of Botany. Vol 81. Nº 1, pp: 7 - 14.

Diggle, J.P., 1983. Statistical Analysis of Spatial Point Patterns. Mathematics in Biology. Sibson & Cohen (Eds). London.

INFOR

Duncan, R.P.; Stewart, G.H., 1991. The Temporal and Spatial Analysis of Tree Age Distributions. Can. J. For. Res. Vol. 21: 1703 - 1710.

García, O., 1992. What is a Diameter Distribution?. In Minowa, M. and Tsuyuki, S. (Eds), Proceedings of the Symposium on Integrated Forest Management Information Systems - An International Symposium - October 13-18, 1991, Tsukuba, Japan. pag 11-29. Japan Society of Forest Planning Press.

Grosse, H., 1993. Transformación de Bosques Nativos Degradados en Chile. Ciencia e Investigación Forestal (7) 1: 135 - 159.

Mackisack, M.S.; Wood, G.B., 1990. Simulating the Forest and the Point Sampling Process as an Aid in Designing Forest Inventories. Forest Ecology and Management. Vol 38, pp: 79 - 103.

Penttinen, A.; Stoyan, D.; Henttonen, H., 1992. Marked Point Processes in Forest Statistics. Forest Science. Vol 38. Nº4, pp: 806 - 824.

Vita, A., 1978. Los Tratamientos Silviculturales. Texto Nº1. Universidad de Chile

INFOR

CONVERSION DE DENSIDADES DE LA MADERA

Aldo Cisternas P. (*)

RESUMEN

El peso de la madera por unidad de volumen, es decir la densidad de ésta, es afectado por el contenido de humedad y este varía entre más de 100% en madera recién cortada y o% al estado anhidro. Esta situación conduce a que existan diversas formas de determinar la densidad de este material según el objeto de esta determinación. Para los efectos de un flete, por ejemplo, interesaría el peso por unidad de volumen al contenido de humedad del momento. En el caso de la madera en servicio, en tanto, será de importancia el peso por unidad de volumen a la humedad de equilibrio con el ambiente.

En el presente trabajo se derivan relaciones entre diferentes formas de expresar la densidad de la madera, se las comprueba experimentalmente y se las compara con los resultados obtenidos aplicando la norma NCH 176/2 Of86 y con los que entrega la relación basada en la densidad del agua higroscópica.

ABSTRACT

The weight of wood per unit of volume, that is, its density, is affected by de content of humidity, and this varies in more than 100% in wood just and 0% in ovendry state. This situation implies that there are two different ways to assess the density of this material according to the objective of this determination. In the case of a freight, it is important to determinate the weight per unit of volume of the amount of humidity in the moment. In the case of the wood in service it is important to determinate the weight per unit of volume at the equilibrium moisture content.

In the present study there are convincing relations between different forms to express the density of the wood with the ones compared experimentally, and they are compared with the results obtained applying the norm NCH 176/2 Of86, and with the ones which give the relation based on the density of the hygroscopy water

---

(*) Ingeniero Forestal. Departamento Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad de Chile. Casilla 9206 Santiago, Chile.

INFOR

INTRODUCCION

La densidad básica, una de las propiedades físicas más importantes de la madera, expresa la cantidad de sustancia leñosa seca presente en un volumen dado de madera, cuando esta se encuentra a un contenido de humedad igual o mayor al punto de saturación de las fibras (psf). Prácticamente todas las propiedades mecánicas están relacionadas con esta variable, por lo que es utilizada como predictora de la resistencia del material. Otras definiciones de densidad, asociadas con diferentes contenidos de humedad son utilizadas en situaciones particulares. Resulta por lo tanto de utilidad poder convertir un valor de densidad obtenido bajo una definición en otro equivalente bajo otra definición.

Las conversiones entre densidades se hacen actualmente a base de un desarrollo teórico-práctico realizado principalmente en Estados Unidos, basadas en el cambio de densidad que experimenta el agua higroscópica de la madera cuando esta se seca y en las relaciones entregadas por la norma chilena NCh 176/2, que se fundamentan en el concepto de hinchamiento, pero utilizan coeficientes de contracción volumétricos, lo que es contradictorio.

OBJETIVOS

El propósito de este trabajo es derivar relaciones útiles entre diferentes expresiones de la densidad de la madera, basadas en el concepto de contracción volumétrica; comprobar experimentalmente las relaciones encontradas y comparar los resultados con los obtenidos aplicando la norma NCh 176/2 Of86 y con los que entrega la relación basada en la densidad del agua higroscópica.

INFOR

METODOLOGIA

Definiciones de Densidad

Las definiciones para la densidad usadas normalmente se expresan en Kg/m^3 y son las siguientes:

Densidad Básica (Db): Es la definición más usada y representa el peso seco de la sustancia madera encerrado en un volumen invariante, como es el volumen existente cuando las paredes celulares están saturadas de agua. Para la mayoría de las especies las paredes se encuentran saturadas cuando el contenido de humedad (CH) está en torno al 30%. El utilizar un volumen invariante permite hacer comparaciones de propiedades mecánicas sobre la base de una definición común de densidad.

Db = Peso Seco / Volumen Verde

Densidad Nominal (Do,x): Es la densidad medida en una condición distinta a la de condición verde. No es posible medir la densidad básica directamente sobre madera secada a un CH menor al punto de saturación de las fibras (psf), debido a que no se puede medir el volumen verde. La densidad nominal siempre debe estar asociada al CH al cual se obtuvo.

Do,x = Peso Seco / Volumen a CH = x %

Densidad de Ensayo (Dx,x): Es la densidad de la madera al momento del ensayo o uso. Esta es la densidad que deben usar los ingenieros, arquitectos, constructores etc., en la estimación de las cargas para diseño, y debe tener asignado un CH.

Dx,x = Peso a CH = x % / Volumen a CH = x %

Densidad Anhidra (Do,o): Relaciona peso y volumen sin humedad. Esta densidad también se utiliza para determinar efectos sobre propiedades mecánicas, ya que el peso seco también es invariante. Se utiliza principalmente en investigación.

Do,o = Peso Anhidro / Volumen Anhidro

INFOR

Densidad Verde (Dy,y): Es la densidad de la madera cuando por ejemplo, ha sido recién volteado un árbol. No puede ser predecida a partir de otras densidades debido a que en el peso está incluido un componente variable de agua libre.

Dy,y = Peso verde a CH = y % / Volumen verde a CH = y %

Densidad Seca al Aire (Dz,z): Es la densidad a un contenido de humedad en equilibrio con una atmósfera estándar de 20 ° C y una humedad relativa de 65%. Esta atmósfera da un contenido de humedad de equilibrio para la madera de 12%. Debido a esta razón también se conoce a esta densidad como densidad al 12% de CH..

Dz,z = Peso a CH = 12 % / Volumen a CH = 12 %

Derivación de las Conversiones de Densidad

La conversión de las distintas expresiones de densidad está basada en la variación volumétrica que experimenta la madera cuando se seca bajo el psf. El valor de la contracción volumétrica total permite calcular el volumen de madera a cualquier CH, siendo esto la base de la metodología propuesta.

La madera recién cortada tiene un CH aproximado de 100 a 120%. Si un trozo de madera recién cortado pierde humedad, respecto de su volumen no pasa nada al comienzo, ni en las etapas posteriores hasta alcanzar el CH en el cual las paredes celulares están aún saturadas de agua (aprox. 30%, según la especie). A partir de este CH, si la madera continúa perdiendo humedad, se va a manifestar una disminución de sus dimensiones, fenómeno que se conoce como contracción. Este fenómeno dura hasta llegar a la condición anhidra, condición en la que se alcanza la mayor contracción respecto del volumen verde.

Para determinar la contracción volumétrica se utiliza la conocida relación:

$$CTV = 100 * \frac{(V.v - V.o)}{V.v}$$

CTV = Contracción total volumétrica (%)
V.v = Volumen verde (cm^3, m^3)
V.o = Volumen anhidro (cm^3, m^3)

INFOR

El desarrollo de la contracción volumétrica es aproximadamente lineal desde el psf hasta la condición anhidra. Esto se puede representar en la Figura Nº 1.

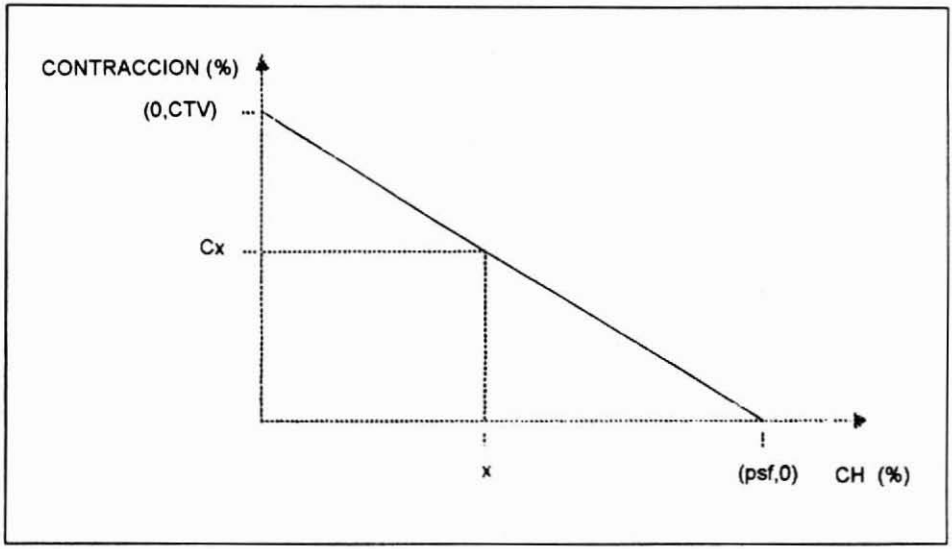


Figura Nº 1. **DESARROLLO DE LA CONTRACCION VOLUMETRICA**

Para obtener la contracción a un CH = x, se hace uso de la razón de triángulos, la que se expresa como:

$$CTV / psf = Cx / (psf - x)$$

Haciendo CTV/psf = k y despejando Cx se tiene:

$$Cx = k*(psf - x)$$

Donde:

Cx = Contracción hasta un CH = x %. (%)
psf = Contenido de humedad al punto de saturación de las fibras (30% aprox.). (%)
x = Contenido de humedad. (%)

k = Coeficiente de contracción volumétrica. Expresa la contracción lineal para una variación unitaria del contenido de humedad (pendiente de la recta).

Se puede también expresar Cx bajo la definición clásica, esto es:

$$Cx = 100 * \frac{(V.v - V.x)}{V.v}$$

En la cual, si se reemplaza Cx por la relación encontrada anteriormente, se tiene:

$$k*(psf - x) = 100*(V.v - V.x) / V.v$$

En esta se despeja V.x y se tiene:

$$V.x = V.v * [1 - k * (psf - x)/100]$$

Donde:
V.x = Volumen a CH = x (m3, cm3)
V.v = Volumen verde CH = psf o mayor (m3, cm3)
k = Coeficiente de contracción volumétrica.
x = Contenido de humedad actual (%)
psf = CH = psf (%)

Esta última relación permite obtener el volumen a cualquier CH bajo el psf, lo que posibilita relacionar las expresiones de densidad entre si, a partir de un valor de densidad cualquiera.

- Obtener Do,x a partir de Dx,x

$$Dx,x = Px / Vx \qquad y \qquad Do,x = Po / Vx$$

El contenido de humedad de la madera se expresa como:

$$x = 100 * \frac{(Px - Po)}{Po}$$

Por lo tanto $Px = Po * (1 + x/100)$. De esta manera:

$Dx,x = Po * (1 + x/100) / Vx$
$Dx,x = Do,x * (1 + x/100)$
$Do,x = Dx,x / (1 + x/100)$

- Obtener Db a partir de Dx,x

$Db = Po / Vv$ y $Do,x = Po / Vx$, pero

$Vx = Vv * [1 - k * (psf - x)/100]$, por lo tanto

$Do,x = Po / \{ Vv * [1 - k * (psf - x)/100] \}$

$Do,x = Db / [1 - k * (psf - x)/100]$

$Dx,x / (1 + x/100) = Db / [1 - k * (psf - x)/100]$

$Db = Dx,x * [1 - k * (psf - x)/100] / (1 + x/100)$

- Obtener Do,o a partir de Dx,x

$Do,o = Po / Vo$ y $Do,x = Po / Vx$

$Vo = Vx * [1 - k * (x - 0)/100]$

$Do,o = Po / [Vx * (1 - k * x / 100)]$

$Do,o = Do,x / (1 - k * x / 100)$

$Do,o = Dx,x / [(1 - k * x / 100) * (1 + x/100)]$

- Obtener Do,o a partir de Db

$Do,o = Po / Vo$ y $Db = Po / Vv$

$Vo = Vv * [1 - k * (psf - 0)/100]$

$$Do,o = Po / [Vv * (1 - k * psf / 100)]$$

$$Do,o = Db / (1 - k * psf / 100)$$

Todas estas fórmulas se pueden usar para relacionar densidades. Sin embargo, si se analiza la recta de contracción volumétrica se puede obtener una sola relación que sirva para cualquier transformación de densidad en todo el rango higroscópico, incluyendo los extremos (0 y psf).

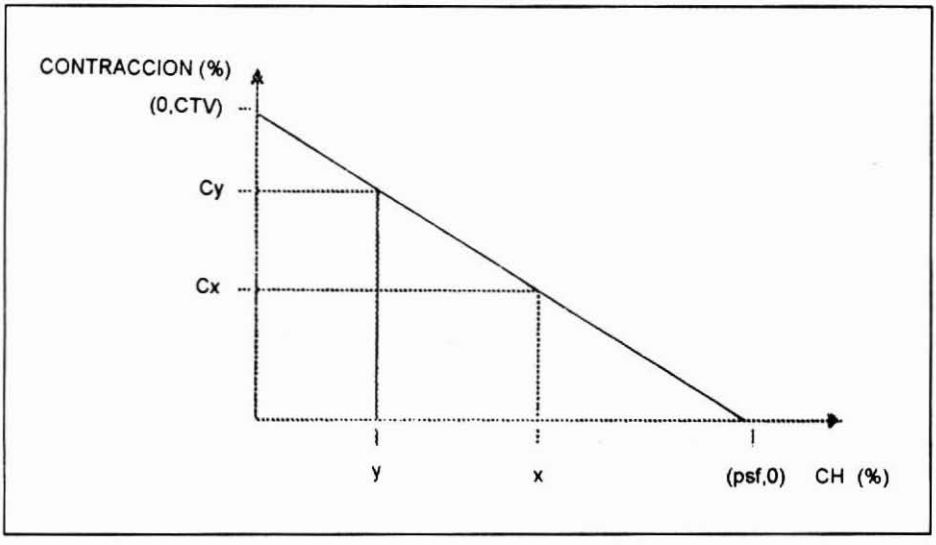


Figura Nº 2. CONVERSION DE DENSIDADES PARA CUALQUIER CH

Si se consideran dos CH x e y (x≥y) y se sigue el mismo razonamiento antes delineado, se tiene:

$$Do,x = Po / Vx \quad y \quad Do,y = Po / Vy$$

$$Vy = Vx * [1 - k * (x/100 - y/100)]$$

$$Do,y = Po / \{ Vx * [1 - k * (x/100 - y/100)] \}$$

$$Do,y = \frac{Do,x}{\left[1 - k * \left(x/100 - y/100\right)\right]}$$

En esta última relacion los puntos extremos están considerados, es decir se puede calcular Do,o a partir de Db ya que esta última corresponde a Do,psf, la cual es invariante a partir de este CH.

Diseño Experimental

Para determinar el comportamiento de esta última relación entre densidades, junto con las entregadas por la NCh 176/2 Of86 y las basadas en la densidad del agua higroscópica, se contó con una muestra de 300 piezas de madera de pino (**Pinus radiata**) de 2 x 8" y 4 metros de largo.

De cada pieza se extrajeron cuatro probetas de 1 x 1" y 41 cm de largo (probeta de flexión estática, método secundario-ASTM), a las cuales se les determinó su densidad (verde y seco). En las dos probetas en verde se determinó la Db real, y a aquellas en estado seco se les determinó la densidad al CH de ensayo Dx,x.

Las 600 probetas destinadas a determinar la Db real fueron sumergidas en agua durante 2 meses. Las otras 600 probetas fueron acondicionadas a una t° de 20 °C y una HR de 60%, lo que corresponde a un CH de equilibrio para la madera de un 12% + - 1%.

El volumen de las 1200 probetas se determinó usando pie de metro de 0,02 mm de precisión, con tres mediciones para cada sentido transversal (tangencial y radial) y una para el longitudinal.

Las probetas acondicionadas fueron pesadas con balanza de 0,01 g de precisión y las probetas saturadas se colocaron en estufa para determinar peso seco.

INFOR

RESULTADOS

Para la muestra considerada se encontró que la Db estimada en base a la contracción volumétrica fue exactamente igual a la Db real encontrada. La Db estimada en base a la norma chilena NCh 176/2 Of86, resultó un 0.98 % superior a la Db real, y la Db estimada en base a la densidad del agua higroscópica, un 1.7% superior a la Db real. Estas diferencias en términos prácticos son nulas.

Esta concordancia entre los valores reales y estimados indica que es posible utilizar transformaciones de densidad para distintas situaciones, siempre que la contracción de la especie esté bien estudiada. Si esto no se cumple se recurre al desarrollo basado en la densidad del agua higroscópica.

Cuadro Nº 1

DENSIDAD BASICA REAL Y ESTIMADA PARA PINO RADIATA(N=593)

DENSIDAD BASICA	PROMEDIO (Kg/m^3)	CV (%)
Db real	**409**	**11**
Db estimada en base a contracción volumétrica	409	11
Db estimada en base a la densidad del agua higroscópica	416	10
Db estimada en base a la norma chilena NCh 176/2 Of86	413	11

-CH. promedio de las probetas acondicionadas	=	12.8 %
-Coeficiente de variación para CH. de las probetas acondicionadas	=	7.7 %
-psf Pino radiata (NCh 176/2.Of86)	=	28.0 %
-k Pino radiata (NCh 176/2.Of86)	=	0.49
-Densidad promedio a CH = 12.8%	=	499 Kg/m^3

La relación entre la Db y la contracción volumétrica podría incluirse en las fórmulas, lo que les daría mayor exactitud para muestras pequeñas. Como la contracción volumétrica aumenta con el aumento de la densidad de la madera, esta relación, al ser incluida en forma de modelo lineal simple **CTV = a + b*Db**, podría representar mejor el comportamiento de algunas muestras cuya densidad esté muy alejada del promedio.

INFOR

El comportamiento de las relaciones determinadas no se pudo probar sobre madera aserrada en escuadría real, pero los datos bibliográficos (Collins, M.J.,1983) indican un comportamiento similar al de probetas pequeñas.

CONCLUSIONES

La estimación de densidades usando fórmulas de transformación se muestra satisfactioria, por lo menos para la estimación de la densidad básica en pino radiata usando otra densidad dada en el rango higroscópico.

La estimación de la densidad básica resulta exacta utilizando las fórmulas de transformación basadas en la contracción dadas en este trabajo. La utilización de las fórmulas de la norma chilena Nch 176/2, las cuales están basadas en el hinchamiento, pero utilizando el coeficiente de contracción volumétrica (lo que es contradictorio), da estimaciones adecuadas y en la práctica no hay diferencias. Lo mismo es válido para la fórmula desarrollada en base a la densidad del agua higroscópica.

Es recomendable el estudio de la relación entre la densidad básica y la contracción. Esto sería útil para permitir estimaciones en muestras muy pequeñas y cuyos valores de densidad estén muy alejados del promedio para la especie.

BIBLIOGRAFIA

Collins, M.J., 1983. Density Conversions for Radiata Pine. Fri Bulletin N° 49. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. Private Bag. Rotorua. New Zealand.

Instituto Forestal, 1990.. Calculo de Construcciones en Madera. Manual N° 13 Vol. 1.

Instituto Nacional de Normalizacion, 1984. NCh 176/1. Of 84. Madera - Parte 1: Determinacion de la Humedad.

INFOR

Instituto Nacional de Normalizacion, 1988. NCh 176/2 Of 86 Mod. 88 Madera - Parte 2: Determinacion de la Densidad.

Instituto Nacional de Normalizacion, 1984. NCh 176/3 Of 84. Madera - Parte 3: Determinacion de la Contraccion Radial y Tangencial.

INFOR

ANEXO

RELACIONES DE CONVERSION SEGUN NCh 176/2. Of86

Se basa en las siguientes fórmulas:

1. $Dy,y = Do,o * (100 + y) / (100 + k*y)$ $\quad y \leq psf$

2. $Du,u = Db * (100 + u) / 100$ $\quad u \geq psf$

Para encontrar Db en función de Dy,y:

1°: Obtener Do,o de la fórmula 1.

2°: Obtener Dpsf,psf usando Do,o en la fórmula 1.

3°: Despejar Db en la fórmula 2.

RELACIONES DE CONVERSION SEGUN LA DENSIDAD DEL AGUA HIGROSCOPICA

Se basa en las siguientes fórmulas:

1. $RO.H_2O.hig = 1.296,8 - 11,1*CH + 0,168*CH^2$

$RO.H_2O.hig$ = Densidad del agua higroscópica a ch=CH (Kg/m^3)

CH = Contenido de humedad (%)

INFOR

2. $$Do,y = \frac{Do,x}{\left\{1 - Do,x * \left[x / (100 * RO.x) - y / (100 * RO.y)\right]\right\}}$$

$y \leq x \leq psf$

La densidad básica es Do,x cuando x = psf. Por lo tanto:

$$Db = \frac{100 * Dy,y}{(100+y) * \left[1 + \frac{Dy,y}{(100+y)} * (psf / RO.psf - y / RO.y)\right]}$$

RELACION DE CONVERSION SEGUN CONTRACCION

Se basa en la fórmula derivada en el texto principal de este trabajo:

$$Do,y = \frac{Do,x}{\left[1 - k * (x / 100 - y / 100)\right]} \qquad y \geq x \geq psf$$

Como Db = Do,x con x=psf:

$$Db = \frac{Dy,y}{(100+y)} * \left[100 - k * (psf - y)\right]$$

y = ch de ensayo (%) ≤ psf

u = ch de ensayo (%) ≥ psf

psf = 28%

INFOR

k = 0,49 (Coeficiente de contracción volumétrica-pino radiata)

Dy,y = Densidad de ensayo (Kg/m^3)

Db = Densidad básica (Kg/m^3)

RO.psf = Densidad del agua ligada al psf (Kg/m^3)

RO.x = Densidad del agua ligada a ch=x(%) (Kg/m^3)

RO.y = Densidad del agua ligada a ch=y(%) (Kg/m^3)

EL OLIVO *(Olea europea L.)* UNA ESPECIE DE INTERES PARA ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS. **Revisión Bibliográfica.** Sandra Perret Durán. Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal. y Nelson Moncada Barbe. Ingeniero Forestal (E).

RESUMEN

En base a una revisión bibliográfica se presenta una monografía del olivo ***(Olea europea L.)*** *en la cual describe la especie y se resumen los principales aspectos de silvicultura, manejo y rendimientos.*

ABSTRACT

Based on a bibliographic revision it is presented a monograph of the olive tree ***(Olea europea L.)****, in wich the especies is described and summed up the main aspects of silviculture, management and yield.*

INFOR

INTRODUCCION

Durante el transcurso del año 1993, en la zona de las Comunidades Agrícolas del Choapa IV región, se comenzó con la instalación de un ensayo de Sistemas Integrados de Producción, donde la especie arbórea elegida fue el olivo y las componentes restantes eran pastos forrajeros y cultivos de secano.

La plantación del olivo se estableció empleando material vegetativo proveniente de zuecas obtenidas de una plantación de más de 50 años en el sector del valle de Huasco, III Región.

Con el fin de reunir mayores antecedente sobre el comportamiento y los requerimientos de este cultivo se realizo una revisión bibliográfica sobre esta especie, que puede ser una buena alternativa de uso múltiple para estas zonas deprimidas.

ANTECEDENTES GENERALES

Descripción de la Especie

El olivo (**Olea europea L.**) pertenece a la familia de las Oleáceas. A pesar de encontrarse en estado silvestre en los países más cálidos de la cuenca mediterránea, se piensa que pueda proceder del Cáucaso. Se introdujo a Sud América durante el siglo XVI (Perú y Chile). Se distinguen en esta especie dos subespecies: **Olea europea ssp. oleaster** y **Olea europea ssp. sativa** (Pansiot y Rebour, 1961).

La primera subespecie comprende todos los olivos silvestres llamados acebuches, que proceden de semillas y poseen caracteres muy variados, siendo algunos de gran envergadura y otros de poca altura, siendo estos últimos ocupados como portainjerto por ser la reducida altura una característica

INFOR

deseable en el olivo cultivado. A la segunda subespecie pertenecen todas las variedades de olivos cultivados, que se han originado producto de las selecciones que han efectuado los agricultores durante siglos. La denominación de cada variedad se da por la cantidad y calidad de aceite que poseen sus frutos para aceitunas de mesa y el vigor de sus ejemplares en los distintos ambientes y distintos países.

Esta especie se distingue de los demás árboles frutales por su longevidad pluricelular, ya que incluso si desaparece el tronco los brotes espontáneamente reconstituyen el árbol.

El olivo puede llegar a alcanzar entre 15 y 20 m de altura en forma libre, lo que es dificulta la recolección de los frutos. El follaje está constituido por hojas perennes, coriáceas, opuestas, de color claro en la cara superior y color gris en la inferior, esto debido a la presencia de pelos estelares que le dan la tomentosidad característica. El tronco es muy retorcido, debido a que ciertas partes se desarrollan más que otras formando relieves longitudinales llamadas "cordones", y la corteza es de color gris, lisa y se fractura al envejecer. La madera es de color amarillo marronáceo, muy dura y se la usa para muebles finos. El sistema radicular nace de nudosidades formadas en la base del tronco, en la parte enterrada de éste, las que siguen creciendo formando la "peana". Las flores son primaverales pequeñas y blancas, agrupadas en racimo. El fruto es una drupa carnosa y aceitosa.

En Chile los cultivos de olivos cubren una superficie de aproximadamente 3000 ha, de las cuales 900 ha se encuentran en la I Región, 1140 en la III Región, 420 ha en la IV Región y el resto, es decir 560 ha, se distribuyen entre las Regiones V a VIII. Las producciones anuales registradas fluctúan entre 6000 a 12000 toneladas (Sotomayor C., 1993).

Requerimientos Ambientales.

Los cultivos de olivos se ubican en zonas de clima templado, cálido y subtropical, entre los 30° y 45° de latitud. En zonas tropicales no fructifica debido a que necesita de un período de receso vegetativo con temperaturas bajas en invierno.

Las temperaturas en las que se establecen los olivos fluctúan entre los 15 y 20°C, llegando a soportar extremas de hasta -7°C y 40°C. La resistencia a las

INFOR

heladas depende de la duración y e intensidad de estas, de la acción del viento, de la humedad atmosférica, de la exposición, de la composición y movimiento de la sabia, del estado sanitario, de la humedad del suelo, de la radiación y de la variedad, entre otros factores. Respecto de la resistencia a temperaturas elevadas, el olivo tiene una buena tolerancia si cuenta con una buena provisión de agua, como sucede en casos en norteamérica, donde prospera bien.

Los olivos cultivados en zonas semiáridas están sujetos a una condición climática caracterizada por irregularidad en las precipitaciones, pero en el verano deben contar con reservas suficientes de agua en el suelo para subsistir hasta las primeras lluvias de otoño. Si se dan estas condiciones es posible contar con estos cultivos en zonas de menos de 200 mm de precipitación anual. Las asociaciones naturales del olivo se encuentran en zonas con pluviometría entre 400 y 600 mm.

La alta humedad atmosférica es perjudicial para el olivo, situación que se ve en plantaciones cercanas al mar que son atacadas por fumagina.

En la cuenca mediterránea el cultivo del olivo deja de ser interesante por sobre los 800 msnm, pero pueden elevarse hasta los 1.000 msnm en zonas semiáridas.

La especie es muy intolerante y por ello se adapta mejor en las exposiciones más soleadas.

Requerimientos de Suelos.

El olivo es poco exigente en suelos cuando cuenta con una cantidad de agua suficiente, pero no excesiva. Para que suceda lo anterior en zona áridas y semiáridas el suelo debe ser muy permeable en profundidad y su capacidad hídrica debe ser muy baja para que así el agua infiltre rápidamente hasta un nivel profundo y quede almacenada para el período estival. Las anteriores condiciones la cumplen los suelos ligeros y arenosos.

En climas más húmedos el suelo debe ser franco, más bien ligeros en las capas superficiales de modo que eliminen bien el exceso de agua.

El olivo se adapta bien en terrenos pobres, pero se deben rechazar los arcillosos pobres en nutrientes debido a que las raíces no se desarrollan

INFOR

suficientemente. El poder amortiguador de la arcilla quita a las raíces elementos fertilizantes y es muy difícil llegar a su nivel abonos fosfatados y potásicos que se fijan enérgicamente en la superficie.

PROPAGACION

El sistema de propagación del olivo puede ser sexual, a partir de semillas), o asexual por medio de yema-injerto. En el primer caso el producto es normalmente el patrón o portainjerto y en el segundo es el injerto que conformará la futura planta productiva en la nueva plantación.

Propagación por Semillas.

Para este tipo de propagación se deben considerar los siguientes pasos para obtener una buena semilla (ODEPA, 1982):

- Selección de planta madre productora de semilla, priorizando variedades con buena afinidad con el injerto que recibirá posteriormente.
- Marcación de plantas madres, de modo de evitar las mezclas al momento de la siembra. Estas deben ser de alta producción de semillas y de buen estado sanitario.
- Variedades utilizadas, para portainjerto en Perú son: Liguria, Comicabra, Manzanillo y Leccino
- La recolección se puede realizar en madurez fisiológica (sason), madurez y sobremadurez.
- Despulpado. Se extrae el "carozo", la pulpa o "carne", dejando libre la semilla.
- Lavado con agua caliente entre 60 a 70°C para eliminar residuos de pulpa y aceites.

- Secado al sol por cinco días y luego a media sombra por 30 días. Se deben remover las semillas cada cierto tiempo de modo de evitar el ataque de hongos.

- Conservación en un envase de tela para favorecer la aireación. Se debe identificar variedad, fecha, procedencia y colector.

- Selección en la que se eliminan semillas con daños mecánicos y forma o tamaño atípicos. También se pueden poner en agua y eliminar aquellas que flotan en un intervalo de un minuto.

- Tratamiento pregerminativo. La semilla se puede pretratar por diferentes medios:

  Escarificación: Partir el carozo en la parte apical de la semilla.

  Estratificación: Húmeda, a 6 - 7° C por 2 - 3 meses.

  Remojo: Agua caliente a 70 ° C por 30 minutos o H_2SO_4 al 5% por 30 minutos o HCl a baja concentración.

- Desinfección con fungicidas como pentacloro, nitrobencenos y otros, para evitar ataque de Fusarium.

- Almácigo en sustrato 50% de tierra, 40% arena lavada y 10% guano de corral cernido, o carbón molido para mejorar la textura. Este sustrato debe desinfectarse. Se siembra la semilla a dos centímetros de profundidad en posición horizontal en forma continua, en surcos cada 10 ó 15 cm. Se siembra al inicio del otoño (abril-mayo).

- Injertera, después de un año en almácigo las plantas se someten a un período de 30 a 40 días sin riego, luego de esto se transfieren al lugar destinado para los injertos en campo abierto, donde deben permanecer aproximadamente un año.

Propagación Vegetativa.

Se distinguen dos clases, una directa, que consiste en obtener una porción de madera de olivo, de la que se consigue la autoradicación, lográndose en

INFOR

este caso olivos de "pie franco"; y otra indirecta, la que se consigue injertando dichas yemas sobre plantitas obtenidas de semilla.

Propagación Vegetativa Directa

Dentro de este tipo de propagación se pueden distinguir las siguientes modalidades:

- Estaca:

  La longitud de los garrotes suele variar entre 40 y 60 cm de longitud y hasta 1 m, con diámetros de 4 a 6 cm. Se plantan directamente, tres o cuatro en el mismo hoyo, inclinando las cabezas hacia afuera, para obtener así un grupo de tres a cuatro árboles formando un sólo pie (Guerrero A., 1988).

  La técnica más moderna para utilizar este material vegetativo es enraizándolo en bolsas de polietileno negro, de modo de llevar las futuras plantas a plantación con la menor pérdida de raíces. El inconveniente es que se tiene que transportar un peso extra que es el de la tierra.

- Estacas Horizontales:

  El material requerido son estacas de 4 cm de diámetro, 25 a 30 cm de largo y entre 400 a 500 g de peso, pueden contar con varios brotes: No deben permanecer al aire después de cosechadas, colocándolas inmediatamente en una zanja o mejor estratificadas en arena, en el momento de enterrarla en vivero no debe quedar ninguna bolsa de aire alrededor de la estaca, para ello hay que regar con abundancia inmediatamente y apisonar bien la tierra.

- Estacas Verticales:

  El material consiste en estacas de 0,5 a 4 cm de diámetro, 25 a 30 cm de largo y con un peso de 150 a 500 g.

Respecto a los cuidados, éstos son idénticos a los de la estaca horizontal con la salvedad que en este caso la estaca se entierra en forma vertical.

- Estaquilla Herbácea:

Se colocan las estaquillas en invernadero con riego frecuente por medio de nebulizadores. El enraizamiento es rápido (10 a 15 semanas), pero este método requiere una técnica muy exigente, al alcance sólo de viveristas profesionales. La ventaja de este sistema es que se hace una multiplicación clonal más controlada y se evita así el injerto.

Los mejores resultados se han obtenido combinando el empleo de tratamientos hormonales y nebulizadores. El prendimiento es más seguro con material de más de un año de edad.

La técnica consiste primero en sumergir durante 4 a 5 segundos la base de la estaquilla en una solución alcohólica de ácido indolbutírico (2 a 5 mil ppm). El sustrato debe ser muy filtrante, como arena de río o vermiculita. Una vez ubicadas las estaquillas en el sustrato se deja el conjunto en invernadero. La fase más difícil es el transplante, previo al cual se deben suspender progresivamente las nebulizaciones.

- Ovulos o Zuecas

En el punto de unión de las raíces con el tronco, producto de la desaceleración de la sabia, se suelen formar unas protuberancias denominadas generalmente "zuecos" o" zuecas" y con menos frecuencia "óvulos".

Se seleccionan las mejores protuberancias, lisas, y se fragmentan en pedazos de 15 a 20 cm, con un peso de 0,5 a 5 Kg. cada una. Se puede obtener 2 a 5 "zuecas" de cada árbol, de manera de no dañar la vida adulta del ejemplar.

Este material vegetativo actúa como una gran estaca leñosa y se le debe evitar todo riesgo de desecado, desde que se obtiene de la planta madre hasta que se coloca en terreno, por ello se debe conservar en arena húmeda.

INFOR

Este método es recomendable en zonas áridas ya que una zueca grande es muy resistente a la sequía, además tiene un prendimiento relativamente seguro.

- Vástagos

Se puede estimular el enraizamiento en el mismo olivo, cubriendo la cepa con estrato de tierra o estrangulando el tallo con un descortezamiento anular, de este modo se extraen con un sistema radicular ya formado el que se completa en vivero.

No es muy recomendable esta técnica porque las jóvenes plantas son de lento crecimiento y de fructificación aún más lenta.

Propagación Vegetativa Indirecta

- Injerto sobre Plantas de Semilla

La finalidad es acelerar la producción, obtener uniformidad de cosecha, pureza varietal y sobre todo estandarizar la producción y productividad del olivar.

Antes de marcar una planta como fuente de yemas se debe confirmar que sea de una variedad altamente productiva y que se encuentre en buen estado sanitario.

Las variedades más aconsejadas para injertar son: Sevillana, Ascolana, Gordal Sevillana, Empletra y Liccino.

El material a seleccionar para yemas de injerto debe tener a lo menos siete a ocho meses. Se pueden ocupar yemas de mayor edad cuando están con buena exposición a la luz y al sol.

La yema extraída debe permanecer el menor tiempo posible sin ser injertada, para así evitar la deshidratación.

Para ejecutar un buen injerto se debe considerar en primer lugar que la yema sea viable, realizar la labor bajo condiciones ambientales favorables (humedad relativa 80% y temperatura de 24 a 26 °C) El patrón debe tener dos años,los cortes deben ser netos, debe haber

coincidencia de las cortezas y el amarre posterior conviene que sea rígido. A continuación es preciso asegurar un riego adecuado.

Los tipos de injerto que más se utilizan en olivo son:

De escudete
De corona
Inglés doble o doble lengüeta
De parche
De astilla

ESTABLECIMIENTO

Preparación del terreno

Dentro de esta etapa se deben considerar las siguientes faenas:

Desbroce

Cuando el terreno está ocupado por vegetales leñosos es preferible hacer la eliminación de estos de tal modo que ni las raíces remanentes vayan a perjudicar el establecimiento de los olivos.

En terrenos arenosos y zonas áridas el desbroce se debe realizar en forma parcial para evitar efectos nocivos por erosión eólica. Para este efecto se despejan fajas de algunos metros en donde se plantará la línea de árboles, posteriormente se despejará el resto del terreno.

INFOR

Nivelación y Defensa Contra Erosión

Esta operación se realiza cuando el objetivo es crear un huerto de olivos con sistema de riego. No hay reglas particulares referente al olivo, se opera con la maquinaria tradicional una vez definidas las cotas del terreno y establecido el plan de riego.

Cuando la pendiente supera el 3% se planta siguiendo las curvas a nivel. A partir de 5% de pendiente se hace necesario construir barreras de contención cada 8 a 15 m en las curvas de nivel y sobre 8% se refuerzan estas barreras por medio de bancales que pueden evacuar el agua de escorrentía por drenajes.

Fertilización

En lo que respecta a abonos fosfatados y potásicos, la fertilización persigue dos finalidades: Corregir los eventuales desequilibrios químicos del suelo y contribuir a una reserva para las raíces. Para cumplir con el primer objetivo la fertilización se debe basar en los resultados de un análisis químico del suelo. Para el segundo objeto se pueden incorporar fertilizantes en el momento del desfonde aprovechando de dejar estos nutrientes justo a la profundidad en donde se desarrollarán las raíces. Las dosis más comunes son de 2 a 3 t / ha de fosfatos naturales o de escorias de desfosforación (fosfatos industriales) y de 0,3 - 0,5 t / ha de cloruro de potasio, cuando se incorpora el abono a todo el terreno durante el desfonde.

Cuando se planta en hoyo se disminuye la dosis, la que llega a 2,5 a 3 Kg de superfosfato cálcico y de 0,5 a 0,8 Kg de sulfato potásico, por árbol.

Subsolado

En suelos ligeros y arenosos no se necesita esta técnica, pero es de importancia en suelos con presencia de arcilla y limo. La técnica de subsolado

INFOR

consiste en una remoción del suelo en profundidad de manera de favorecer las propiedades físicas y químicas del suelo, con ello el olivo se desarrolla más rápidamente y es mayor su crecimiento.

La tendencia actual es hacer hoyos no tan profundos como los que se practicaban antes (1 x 1 x 1 m), sino que más anchos y menos profundos, 0,5 - 0,6 m de profundidad y 1,5 a 2,0 m de ancho.

Epoca de Plantación

La plantación se realiza en los meses que corresponden al período de reposo vegetativo (Mayo a Agosto).

Cuanto menos abundante sea la pluviometría del lugar y más ligero sea el suelo, la plantación debe hacerse más temprano, esto le permite al olivo soportar en mejores condiciones la adversidad climática del verano.

Densidad de plantación.

La densidad juega un importante rol ya que incide sobre la nutrición en el suelo y el espacio de crecimiento. Cuanto más pobre o más delgado sea el suelo la distancia de plantación debe ser mayor.

Cuando la cantidad de agua es suficiente la densidad máxima recomendada es de 100 árboles por hectárea. Si las variedades son muy vigorosas o los suelos muy fértiles el distanciamiento debe aumentar pues se requiere un mayor espacio para el desarrollo, luego la densidad debe ser alrededor de 85 árboles por hectárea. En casos en que el recurso de agua es reducido (precipitación escasa y ningún riego), para dar a cada ejemplar un mayor volumen de suelo la densidad disminuye a 17 árboles / hectárea. A modo de ejemplo, en la región de Génova en Italia se encuentran olivares a una densidad de 400 árboles por hectárea, sin embargo en la región de Sfax en Túnez utilizan sólo 17 árboles por hectárea (Pansiot y Rebour, 1961).

INFOR

Bajo un aspecto económico muchos agricultores insisten en plantar inicialmente densidades más altas y llegan a veces a duplicar la densidad recomendada, ya que aluden a que más adelante se harán raleos eliminando los excedentes, todo esto con el fin de poder acelerar el desarrollo y fructificación del olivo. Sin embargo, elevan los costos de plantación, poda, fertilización y riego los que serán amortizados al eliminar los árboles intercalares.

Disposición de la Plantación.

El sistema de plantación en terrenos planos no tiene mayor influencia en el desarrollo del olivo, da lo mismo si se opta por una disposición en cuadrado, hexágono, al tresbolillo o rectángulo. Sin embargo, cuando las pendientes exceden al 3% se recomienda que la plantación siga las curvas de nivel lo que permite controlar el escurrimiento superficial, incrementando la disponibilidad de agua a las plantas.

Cultivos Intercalares.

Estos son recomendados para aprovechar el terreno desocupado durante los primeros años del olivo y así obtener ingresos de cultivos temporales (cereales, forrajes, hortalizas, plantas aromáticas, etc.), que permitan esperar hasta que el olivar empiece a rendir económicamente. No se debe olvidar que el olivo en los primeros años requiere de un espacio libre de 1,5 a 2,0 metros de radio alrededor del ejemplar.

El cultivo intercalar cesa después de 6 años en tierras regadas y después de doce a quince años en regiones áridas, en donde se debe cuidar la escasa cantidad de agua y por ello se recomiendan estos cultivos en interlínea de cada dos.

También se puede establecer una empastada permanente, sembrando en otoño una graminea y una leguminosa, y así lograr un buen balance nutricional para utilizar en engorda de animales. Dentro de las especies que se adaptan a este sistema están las ballicas perennes y festucas en mezclas con trébol

ladino, trébol subterráneo o trébol blanco. La más utilizada es ballica y trébol blanco manteniendo un nivel de corte no inferior a 7 a 10 cm. Esta empastada no puede ser usada como abono verde ya que puede alterar la relación carbono / nitrógeno lo que puede significar un déficit de nitrógeno para los árboles.

Otro cultivo intercalar recomendado es la vid como una de las especies que mejor se presta para este uso.

En zonas áridas se utiliza almendro como intercalar, pero su enraizamiento poderoso lo convierte rápidamente en un competidor del olivo.

MANEJO

Poda

Según la edad del ejemplar, la poda persigue los siguientes objetivos:

- Generar una arquitectura vigorosa, equilibrada, aireada, que facilite labores culturales y sanitarias, resistencia al viento e insolación. Es la llamada poda de formación.
- Generar, en árboles más viejos, ramas de vigor mediano, bien iluminadas, que fructifiquen fácilmente. Es la poda de fructificación.
- Generar en árboles más viejos ramas que sustituyan a ramas más agotadas. Es la poda de rejuvenecimiento o remozado de las ramas fructíferas.
- Generar, a medida que crece el árbol, ramas que rejuvenezcan moderadamente el olivo cuando éste alcanza su plena producción. Es la poda de renovación del árbol.

El principio fundamental en el que se sustenta la poda es que "Toda supresión refuerza el vigor de las partes vecinas".

Se distinguen dos métodos de podas: La poda de raleo, que respeta los brotes terminales de la rama podada, y la poda de acortamiento o

INFOR

aproximación, que rebaja la rama sobre las yemas o ramas laterales. Los métodos modernos de podas recurren mucho al raleo que transforma menos el metabolismo hormonal de la planta.

La mejor arquitectura que cumple con los objetivos de producción del olivo es un armazón, sólido. aireado y equilibrado. Sin embargo, el mejor consejo es no imponer una forma al olivo, sino más bien dejarle su silueta natural, mantenida baja.

Las ventajas que se distinguen en la forma baja son que el árbol está bien formado, el tronco es corto y las ramas bajas están cuidadosamente conservadas. Es importante que la corteza del tronco y ramas gruesas no queden expuestas al sol ya que es muy sensible a quemarse.

La poda empieza desde que termina la recolección y se prosigue hasta un poco antes de reanudarse la actividad vegetativa, interviniendose primero los árboles menos vigorosos. En las regiones áridas se poda lo más tarde posible con el fin de conocer la importancia de las lluvias de invierno.

Durante el verano conviene eliminar los chupones inútiles y los brotes del pie.

Riego

El olivo es una de las plantas que utiliza bien una pequeña cantidad de agua de riego si se le suministra en el momento oportuno.

Los olivos de aceitunas de mesa son bastante más exigentes en necesidad a agua, que los olivos para extracción de aceites. La disponibilidad mínima para los olivos de aceituna de mesa es de 2.000 m^3/ha/año de agua y un máximo de 4.000 m^3/ha/año.

Además se estima que el gasto de agua necesario durante el período de máxima necesidad (sequía máxima) en clima mediterráneo es de 15 m^3/ha/día.

Respecto a la fecha en que conviene regar, el examen del follaje de los árboles, por la mañana, constituye la prueba más sencilla y más práctica. Se buscan en el olivar aquellos árboles que suelen verse afectados antes que los otros y se les observa como "señales de alarma".

El olivo es medianamente resistente al riego con aguas salobres con 2 g de cloruro por litro.

Control Sanitario.

En términos generales, para lograr un buen control sanitario del huerto, se recomienda tener presente los siguientes aspectos:

- Elección de condiciones naturales favorables.
- Selección de los injertos, descartando como pie-madre aquellos parásitos y aspecto anormal.
- Inspección sanitaria de plantones antes de la plantación.
- Tender a las densidades bajas de plantación para aprovechar mejor la luz solar.
- Buen estado mediante fertilización oportuna.
- Poda adecuada que elimine ramas débiles y facilite la aireación e iluminación de las copas.
- Labores de arado frecuentes para eliminar plantas silvestres y hospedantes transitorios de parásitos.
- Riegos dosificados y oportunos.
- Vigilancia atenta de primeros focos de infección.
- Tratamientos preventivos sencillos, como encalado de troncos y aplicación de betún en heridas.

INFOR

CUADRO Nº1

CAUSA DE LOS DAÑOS EN OLIVO

SINTOMAS	CAUSA
DAÑOS SOBRE TRONCOS Y RAMAS	
Orificios de galerías de 1 mm de diámetro sobre cortezas y axilas de las ramas jóvenes, con presencia de aserrín	Phloeotribus
Orificios de galerías más grandes sobre el tronco y las ramas gruesas	Hylesinus
Protuberancias leñosas de forma irregular	Tuberculosis
Cochinillas negras abombadas	Cochinilla negra
Cochinillas sobre las ramas fructíferas	Pollinia pollini
Cochinillas blancuzcas sobre ramas pequeñas	Aspidiotus hederae
Capa de hollín negro	Fumagina
Podredumbre del corazón de la madera	Caries
Corteza endurecida o calcinada	Insolación
DAÑOS SOBRE HOJAS, BROTES E INFLORESCENCIAS	
Cochinillas sobre hojas grisáceas	Parlatoria oleae
Cochinillas sobre hojas blancuzcas	Aspidiotus hederae
Bordes de hojas mordidos en forma festoneada por un insecto nocturno (escarabajo picudo)	Otiorrhynchus
Hojas roídas por grandes gusanos diurnos	Ackerontia atropos
Hojas roídas por insectos de 2 ó 3 cm con élitros cubiertos con bandas rojas o negras	Zonaris oleae
Brotes jóvenes y hojas deformados	Arañuelo
Hojas que presentan líneas blancas sinuosas	Tiña
Hojas unidas por hilos sedosos	Tiña
Masas algodonosas adheridas a brotes, ramillas, inflorescencias	Algodón o tramilla
Hojas cubiertas de hollín negro pegajoso	Fumagina
Manchas redondeadas con zonas pardas y amarillas sobre las hojas	Repilo
DAÑOS SOBRE LOS FRUTOS	
Numerosos huesos en el suelo	Estorninos
Frutos caídos, moteados de pardo y arrugados. Caída. Larva en el interior	Mosca
Caída de frutos muy jóvenes o caída más tardía con excrementos en el hueso	Polilla
Aceitunas jóvenes deformadas	Arañuelo
Cochinillas grisáceas	Parlatoria oleae

FUENTE: Pansiot y Rebour, 1986

Recolección y Rendimientos

Existen variadas maneras de realizar la recolección de los frutos, dentro de estas se pueden mencionar:

- En zonas donde los olivos crecen libremente y las aceitunas no están al alcance del recolector, se espera a que caigan con esto se obtiene baja calidad de aceite y gran pérdida de aceitunas.

- El "vareo", que es considerado muy inconveniente, ya que daña las aceitunas, rompe ramas fructíferas y aumenta la susceptibilidad al ataque de tuberculosis. Solo se justifica en recolección en ramas inaccesibles.

- El "ordeño" a mano, dejando caer los frutos a una lona extendida en tierra.

- Recolección a mano con más precauciones, caso de las aceitunas de mesa, el obrero lleva un cesto con fondo de tela que vacía por la parte inferior a cajas con capacidad de 15 a 20 Kg y se llevan a fábrica de inmediato.

La época de recolección de frutos para la extracción de aceite se determina probando manualmente la madurez de estos; apretándolos entre los dedos debe salir líquido fácilmente. La cosecha se efectúa al principio de la estación cuando el fruto está de color negro. En la práctica se comienza a mitad de febrero.

En el caso de frutos para conservas, si estas son en verde las aceitunas se recogen en marzo - abril, si se trata de conservas en maduro se recogen en mayo, cuando han alcanzado su coloración final (hemisferio sur).

En lo referente a rendimientos, en la cuenca mediterránea un árbol produce de 10 a 20 Kg de aceitunas o de 1,3 a 2,6 Kg de aceite.

La primera fructificación es relativamente rápida. Las primeras cosechas, que cubren los gastos de cultivo, se producen a partir de los 6 años de edad en excelentes condiciones, sin embargo en zonas áridas ésta puede tardar 15 e incluso 20 años.

INFOR

REFERENCIAS

Pansiot, F.P. y Rebour, H., 1961. Mejoramiento del Cultivo del Olivo. Dirección de Fitotécnia y Protección Fitosanitaria, Roma, FAO, 251 páginas.

Guerrero G. Andrés, 1988. Nueva Olivicultura. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, España. 269 páginas.

Juscafresa, Bandilio, 1962. 500 Especies de Arboles y Arbustos. Reproducción y Multiplicación. Editorial AEDOS Barcelona España. 272 páginas.

Lanzara, P. y Pizzetti, M., 1980. Guía de Arboles. Ediciones GRIJALBA España.

ODEPA, 1982. Primera Jornada Olivícola Nacional. "Trabajos y Resúmenes Universidad de Tarapaca. Departamento de Agricultura, Ministerio de Agricultura I Región, Arica, 23 al 27 de Noviembre de 1981. 303 páginas.

CORFO, 1984. Terceras Jornadas Olivícolas Nacionales. Gerencia de Desarrollo. Rojas L. Gustavo. " Manejo del Suelo y Control de Maleza en Olivos.

Sotomayor, S.C., 1993. Todo lo que Usted Desea Saber sobre El Olivo. "Chile Agrícola" Enero, Febrero, Marzo 1993. pag 33-35.

INFOR

LA TECNOLOGIA DE GESTION Y LOS PROCESOS PARA INNOVAR

Federico Quilodrán Rodríguez. Ingeniero Comercial. Instituto Forestal. Huerfanos 554 Casilla 3085. Santiago, Chile.

RESUMEN

La planificación estratégica, para las empresas, incluye como recurso de gran importancia el uso de tecnologías blandas (organización, aptitud, mentalidad, administración de procesos de capacitación, financiamiento,etc.). Esto, cuando se proyecta implementar procesos de innovación tecnológica, necesarios para lograr un espacio en los mercados internacionales. En la actualidad el concepto de "know how" adquiere obligatoria relevancia para pretender incrementar "valores añadidos". Ello debe realizarse sin perder competitividad, debiendo en todo momento considerar estrictos criterios económicos en la selección de procesos tecnológicos.

ABSTRACT

The strategic plan for the companies, include as the most important resource the use of soft tecnologies (organization, aptitude, mentality, administration of process of training, finance, etc.). This when it is thought to implement process of technologial innovation, necessary to obtain a place in the international markets.

Nowadays, the concept of "know how" has a compulsory relevance with the idea to increase "added values". This must be done without losing the competition, applying strict economic criteria in the selection of the technological process.

INFOR

INTRODUCCION

Durante los años que precedieron al término de la segunda guerra mundial, los naciones en vías de desarrollo asistieron al más rápido proceso de reconstrucción de un país devastado por una guerra, conocido en los círculos políticos y económicos internacionales como el "milagro alemán".

Los recursos financieros de organismos internacionales orientados a dicho país permitieron el renacimiento, como ave fénix desde las cenizas, de la poderosa industria alemana destruida por los bombardeos. Cuando se consideró conveniente, quedaron en funcionamiento los mismos procesos tecnológicos utilizados durante la guerra o se decidió modernizarlos, mientras se accionaba en la reconstrucción y se aprovechaba la oportunidad de partir de cero en el levantamiento de estructuras y en la selección de procedimientos y métodos.

En algún momento de la posguerra, cuando algunos políticos de países caracterizados como pobres y en vías de desarrollo, tanto al comienzo de la segunda guerra mundial como bastantes años después del acuerdo de paz, expresaron su disconformidad por no recibir ayuda masiva para salir del subdesarrollo, se estrellaron contra un sentimiento concreto y pragmático: "Ninguna ayuda externa, cualquiera fuese su monto, representaba una condición necesaria o suficiente para apartar en el corto plazo a esos países del subdesarrollo". Surgió como síntesis del quehacer tecnológico el "Know how", " saber como", " tener el conocimiento de", "dominar la base y la forma de aplicar una técnica ".

Un pueblo preparado científicamente y con la experiencia de aplicación tecnológica, puede ver destruirse sus fábricas una y otra vez y siempre estar en condiciones de surgir nuevamente en el más corto plazo, porque sabe construirlas y como hacerlas funcionar. En el otro extremo, la población de un país que no crea tecnologías desperdiciará los distintos usos de maquinarias, herramientas, computadores, aparatos de radio, etc., por no entender plenamente los "manuales de funcionamiento", cuyo conocimiento e interpretación requieren obligadamente de un mínimo dominio de ciencias básicas y de conocimientos teórico prácticos en materia de tecnología de

INFOR

dichos artefactos. Si se destruye una fábrica con alto componente extranjero, siempre se estará dependiendo de ayuda para la reparación necesaria o para su renovación.

También, desde otro punto de vista, las comparaciones internacionales señalan una estrecha y directa relación entre el desarrollo científico y tecnológico alcanzado por un país y una estructura de exportaciones, donde predominan los productos industrializados.

Los rubros maquinarias, equipos de transporte y otras manufacturas representan elevados porcentajes en las exportaciones de países reconocidamente industrializados. En Japón, Alemania y Estados Unidos, en 1990, las exportaciones industriales alcanzaron 98 %; 90 % y 78 % del total exportado, respectivamente . En Chile la composición es diametralmente distinta, ya que los metales y otros productos primarios representan el 90 % del total de exportaciones.

Durante los últimos años se asiste a un debate permanente respecto del futuro de la industria nacional, sus relaciones con la necesidad de incorporar mayor valor agregado [1] y la interdependencia existente entre mayor valor agregado y el mercado internacional.

Simultáneamente con lo anterior, en todo el mundo aparecen tendencias a la disminución de las barreras arancelarias, principalmente aquellas de carácter proteccionista, y el capital transnacional crea nuevas situaciones de mercado y competitividad.

Dentro del marco señalado, resulta difícil lograr incorporación de mayor valor agregado, con grados de competitividad para los mercados externos, sin la modificación consecuente de los niveles tecnológicos. La dinámica de los mercados internacionales y la permanente revolución científico-tecnológica,

---

[1] El valor agregado o valor añadido corresponde a los pagos necesarios para producir un bien o servicio. Se obtiene sumando los pagos a los diferentes factores productivos. Por ejemplo, Salarios al factor Trabajo; Alquileres al factor Propiedad de Bienes Raíces, Renta al factor Tierra Agropecuaria, Intereses al Factor Capital Financiero y Utilidades al factor Capital Invertido.

Originalmente se consideraba importante la incorporación de mayor valor agregado a la producción de un país porque esto se identificaba con etapas adicionales de elaboración y transformación, entendiéndose que en consecuencia se habrían alcanzado mayores niveles de desarrollo industrial. Desde el punto de vista del comercio internacional significaba que a un mayor precio, resultado de mayor elaboración, la producción exportada generaba mayor ingreso de divisas.

obliga a no conformarse solamente con una modificación de los procesos productivos que altere circunstancialmente la participación del país en los mercados. Lo que es necesario y obligatorio es adentrarse en un proceso de innovación tecnológica que posea permanentemente dos objetivos. Primero, mantener como mínimo la competitividad en los mercados nacionales e internacionales y, segundo, buscar la beneficiosa superación de la competitividad alcanzada.

Antes de entrar en el campo de las innovaciones tecnológicas resulta pertinente considerar la siguiente relación: La selección adecuada de una tecnología dura (para la cual el costo es fácil de establecer) es función de la existencia de tecnologías blandas (organización, aptitud, mentalidad, administración de procesos de capacitación, financiamiento etc.)

Siempre será más importante generar ideas que disponer de recursos naturales, porque generalmente los hardwares son relativamente fáciles de obtener, mientras los softwares son producto obligado de la madurez científica y de la experiencia en aplicaciones tecnológicas.

Estas reflexiones resultan de alguna manera oportunas, frente a la impaciencia de quienes creen que la innovación tecnológica corresponde necesariamente a un tipo y a una marca de máquina, desconociendo la importancia de incorporar inteligencia a los procesos productivos de toda una cadena de valor [2].

LA TECNOLOGÍA

Tecnologia, Protagonista de la Competitividad

La competitividad global de una economía se mide por la posibilidad de internacionalizarse, ya sea por expansión a nuevos asentamientos de sus

---

2 Porter (1990) define cadena de valor como un sistema interdependiente o red de actividades conectadas mediante enlaces. Estos enlaces se producen cuando la forma de llevar a cabo una actividad afecta al costo o la eficacia de otras actividades.

INFOR

empresas, o por la posibilidad que tienen sus productos de encontrar mercados exteriores, sobre la base de relaciones calidad - precio mejores que las ofrecidas por otros países.

Si la empresa tiene que desarrollar habilidades para localizar nichos en el mercado internacional, la tecnología pasa a ocupar un protagonismo fundamental si se tiene en cuenta que el diseño para grandes clientes y la diferenciación del producto, además de los sistemas productivos, son claves para el éxito.

Tecnología y Criterio Económico

La alta tecnología integrada a la producción industrial de Japón o de Alemania no presentaría resultados positivos si el mercado mundial no otorgara, mediante aceptación de tal oferta, los beneficios esperados por los inversionistas de esos países.

El proceso competitivo no dependerá simplemente de una cuestión tecnológica. La innovación deberá estar plenamente respaldada por el éxito económico.

Una de las innovaciones más importantes en la industria del transporte desde la II Guerra Mundial es el contenedor. ¿Dónde está la innovación en el contenedor?. No es más que una caja grande. Es esencialmente la visión que alguien tuvo de reducir drásticamente los costos de transporte de productos grandes y voluminosos al ponerlos en una caja grande y, al llegar a los puntos de transferencia, ya no se necesitarían grandes cantidades de mano de obra para sacar las cosas individualmente. Todo estaría en una caja grande que se podría llevar, entera, en un camión hasta el muelle y de allí directamente a bordo del barco (Nathan Rosenberg, Universidad de Standford, cit. por Mongelos, 1991).

Si se considera el otro extremo, un producto que era tecnologicamente muy complejo: el Concorde. Es una pieza magnífica de ingeniería, puede cruzar el Océano Atlántico en tres horas. Desde el punto de vista tecnológico, es verdaderamente extraordinario, pero ha sido un fracaso financiero. Se calculó al principio que para cubrir únicamente sus gastos de desarrollo, tendrían que vender de 250 a 300 unidades y vendieron 16. El ejemplo muestra que el contenedor no es una pieza magnífica de tecnología y apenas nadie lo

consideraría tan siquiera una invención, pero desde el punto de vista económico ha sido un éxito espectacular.

Tecnología, Componente de la Planificación Estratégica.

Es válido considerar que la tecnología es uno de los recursos más vitales de la empresa, que está presente en todo el proceso: desde el diseño del producto hasta la satisfacción que ese producto tiene que otorgar en un mercado determinado.

Si la planificación estratégica tiene como objetivo introducir a una empresa, que viene operando en el mercado nacional, en la nueva área del mercado internacional, la tecnología necesariamente deberá estar presente para lograr la competitividad deseada.

La competitividad, entendida como la capacidad para conquistar, mantener y extender una participación lucrativa en mercados ampliados, solamente podrá ser alcanzada por la empresa cuando esta altere sus objetivos estratégicos. Ahora, el producto ne es función de los procesos productivos y de las cadenas de valor. La función es inversa, serán los procesos productivos y las cadenas de valor las que deberán estructurarse en función del producto que exige el mercado.

Plantear como premisa el concepto de producto y su encuadre en el mercado ha hecho cambiar las viejas ideas de carácter productivo que en algunas parcelas del sector industrial se tenían. Se ha cambiado el antiguo esquema de vender lo que se producía, por uno más moderno y más actual como es producir lo que se vende.

Es bajo este marco referencial donde surge claramente el concepto de proceso de innovación tecnológica, que muestra dos variables importantes. La primera, es pretender como objetivo la competitividad y, la segunda, es actuar operando sobre procesos encadenados, en cadenas de valor lo más amplias posible.

Privilegiar el papel de las innovaciones, como mecanismo adaptativo de cambio que permita generar ventajas competitivas dinámicas, es otorgar implícitamente prioridad a las tecnologías blandas. La empresa que llegue a poseer un adecuado conocimiento de gestión y desarrollo de productos, estará

INFOR

en mejores condiciones de enfrentar un mercado cambiante que aquella cuya preocupación estratégica esté orientada de preferencia a la innovación en maquinaria.

REFERENCIAS

Lindarte, E. y Jaffe, W., 1994. El Sistema de Innovaciones Agroindustriales: Conceptos para su Análisis y Aplicación. Documento presentado en Seminario-Taller "Análisis del Sistema Científico y Tecnológico Agropecuario en Chile : Identificación de Areas Críticas de Intervención y Estrategias de Acción", Santiago, Chile, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA.

Mongelos, J., 1991. , citado por Javier Mongelos en Quaderns de Tecnología, Foro Hispano - Chileno de Política Científica. Santiago, Chile.

Waissbluth, M., Testart, T. y Buitelaar, R., 1992. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo,(CYDED-D, Gobierno de España). 100 Empresas Innovadoras en Iberoamerica.

Parada Daza, J. R., 1992 . Introducción a la Economía de la Innovación Tecnológica. Vicerrectoria Académica - Dirección Docencia. Universidad de Concepción.

Instituto de Cooperación Iberoamericana en Chile, Oficina Técnica, 1991. Memorias del Foro Hispano Chileno de Política Científica, Santiago, Chile.

Porter, M. E., 1990. La Ventaja Competitiva de las Naciones. Javier Vergara Editor S.A. Argentina. Edición 1990.

Samuelson y Nordhaus, 1996. Economía. Mac. Graw Hill. Duodécima Edición.

INFOR

METODO PARA LOCALIZACION DE PARCELAS PERMANENTES BASADO EN USO DE IMAGENES DIGITALES.

Carlos Bahamóndez Villarroel. Ingeniero Forestal, División Ordenación Forestal e Inventarios. Instituto Forestal. Huerfanos 554. Casilla 3085. Santiago, Chile.

RESUMEN

Se propone una metodología para la localización de parcelas permanentes. Esta metodología fue utilizada en la asignación de las ubicaciones geográficas de las parcelas permanentes de renovales de Roble-Raulí en el marco del proyecto "Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble-Raulí". El método utiliza la digitalización del área de interés, mediante el barrido electrónico realizado con un scanner, de la fotografía involucrada y el rescate de la distribución de frecuencias de las cuentas digitales. La decisión de selección de un lugar específico se toma sobre la base de la comparación de las distribuciones de frecuencias mediante una prueba estadística.

ABSTRACT

It is proposed a methodology for the locality of the permanent plots. This methodology was used in the assignation of the geographical places of the permanent plots of second growth forests of ***Nothofagus obliqua*** *and* ***Nothofagus alpina*** *in the proyect: "Research Models of Simulation for Second Growth Forests of* ***Nothofagus obliqua*** *and* ***Nothofagus alpina***". *The method uses the digitalization of the area of interest, througt the electronic scanning of the photograph involved and the rescue of the frequence distribution of the digital basins. The decision of the selection of a specific place is taken from the basis of the comparison of the distributions of the frequencies through a statistical test.*

INFOR

INTRODUCCION

El proyecto "Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble-Raulí" se sustenta principalmente en información procedente de parcelas permanentes instaladas en terreno. Dada la importancia y proyecciones que estos datos tienen, la localización de éstas parcelas en terreno se convierte en uno de los primeros aspectos a solucionar y es común a cualquier investigación. La pregunta principal es ¿es esta parcela representativa? o ¿como y bajo qué criterios se debe localizar geográficamente la parcela en terreno?. El diseño experimental enfrenta estas preguntas mediante el examen de las variables involucradas, considerando su carácter de variables aleatorias y su distribución. Así, la búsqueda de representatividad se sustenta en el máximo acercamiento al valor poblacional de las variables involucradas en el experimento.

Para el caso de este proyecto específico, el acercamiento al valor poblacional se basa en conocer la distribución de una combinación de variables de rodal en el área de estudio y seleccionar posibles localizaciones de acuerdo a aquella combinación de variables mas frecuente (moda estadística) y cercana a la media poblacional.

Tradicionalmente, la búsqueda de esta combinación de variables de rodal y, en consecuencia, de lugares representativos, se realiza sobre la base de un inventario del recurso. No obstante los buenos resultados de ésta metodología, resulta en una aproximación muy costosa. La metodología de asignación de parcelas permanentes en terreno propuesta a continuación (Bahamóndez 1993) y utilizada en la asignación de parcelas permanentes del proyecto antes indicado, pretende solucionar este problema mediante el uso de imágenes digitales de las fotos aéreas involucradas en el área de estudio y comprobar posteriormente las mediciones de terreno y su correlación con las variables digitales.

INFOR

DATOS

Los datos que se han utilizado provienen de las fotografías aéreas pertenecientes al vuelo INFOR-JICA[1] de 1991, realizado dentro del marco del proyecto INFOR-JICA "Estudio para el Manejo de Recursos Forestales en el Area Andina de las Regiones del Bío-Bío y Araucanía". Estas fotografías aéreas corresponden a un vuelo realizado por el Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aerea (S.A.F.), a escala 1: 20.000, y cubren el área comprendida entre el límite de las Regiones VIII y IX, específicamente el sector andino del río Renaico, y el sector andino de la IX región comuna de Cunco, sector Melipeuco. La selección y localización de parcelas permanentes se realiza en la zona inmediatamente al norte de la Reserva Forestal Malleco, en el límite de las Regiones VIII y IX. En este caso se presentan los resultados obtenidos en la localización de la parcela permanente N° 3.

METODO PARA LA ASIGNACION DE PARCELAS PERMANENTES.

Las fotografías aéreas en formato análogo describen los recursos en forma continua y entregan valiosos detalles asociados a estos. El traspaso de este material, de formato analogo a digital, es actualmente posible mediante el uso de *scanner* y su utilización adquiere cada vez mayor relevancia e interés. El uso de imágenes digitalizadas ha sido sido objeto de estudio por parte de diversos investigadores, desde el inicio de la era espacial en la década de 1960 - 1970. En el ámbito forestal, su utilización se ha basado principalmente en material de origen satelital y el uso de material fotográfico digitalizado ha permanecido en una posición secundaria. Bahamóndez (1990) propone una metodología de fotointerpretación forestal sobre la base de digitalización de fotos aéreas, Poso (1970, 1972, 1990 y 1993) describe aplicación del muestreo en dos fases mediante el uso de imágenes digitalizadas de cualquier origen, Bahamóndez y Mery (1995) describen la experiencia de la aplicación de la metodología de Poso a un caso piloto en Chile mediante el uso de imágenes de satélite.

---

1 JICA: Japan International Cooperation Agency
INFOR: Instituto Forestal (filial de la Corporación de Fomento de la Producción)

INFOR

La asignación de la localización de parcelas permanentes en terrenos forestales de gran extensión no permite la ejecución de la técnica de inventario tradicional, ante esto se utiliza una asignación mediante el uso de imágenes digitales de fotos aéreas. Así, las localizaciones probables son identificadas mediante la similitud de las características estadísticas de las cuentas digitales asociadas a la foto aérea.

El método para identificar cada localización probable consiste en :

- Ubicación de área de muestreo en foto aérea. Consiste en la marcación de un área de muestreo en la foto aérea, para posteriormente obtener las distribuciones asociadas a la ventana de muestreo.
- Extracción de valores de las cuentas digitales para cada ventana de muestreo.
- Cálculo de la distribución de las cuentas digitales para toda el área de interés y para cada ventana de muestreo.
- Comparación de las distribuciones de ventanas de muestreo con la distribución total en la sección modal de la distribución total, mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov.
- Asignación de localizaciones probables.

Test de Kolmogorov-Smirnov

El test de Kolmogorov-Smirnov permite la comparación de dos distribuciones y decidir el grado de similitud que existe entre ellas.

Sea la Hipótesis nula H_0:

Ho: Fo = F1

La validez de Ho se prueba evaluando el estadístico *k* :

$$k = \max|F_o - F_1|$$

INFOR

Ho es rechazado al nivel de significación *p* si *k* es mayor que *K(p,n)*, donde

k : Valor calculado

K(p,n) : Valor tabulado para p nivel de confianza y n observaciones

Extraccion de Datos de Cuentas Digitales.

El proceso de extracción de datos de cuentas digitales correspondiente a cada ventana de muestreo se realizó mediante el uso del programa IMDISP. Dado que los datos son seleccionados desde la fotografía aérea, sin referencia geográfica, cualquier corrección en este sentido no es requerida, sino hasta el momento del traspaso de las localizaciones a su base cartográfica. Cada ventana de muestreo puede ubicarse en forma aleatoria sobre la foto, aunque la opción de ubicación sistemática resulta más simple en la aplicación, especialmente al realizar el traspaso del punto a base cartográfica. En este caso, la localización fue sistemática sobre el área de estudio.

Los valores de cuentas digitales fluctúan para cada foto entre 0 y 255 tonos de grises, ya que la aplicación del scanner se realiza para este caso sobre la base de 8 bits por pixel. Los gráficos de distribución de frecuencias de las cuentas digitales de fotos aéreas suelen presentar varias modas, de acuerdo a la preponderancia de un tipo u otro presente en la foto. Este fenómeno no ocurre en las imágenes provenientes de satélite, debido a que la resolución espacial de éstas enmascara y suaviza los valores de reflectancia, como producto de la integración de los elementos incluídos en cada pixel. En la fotografía aérea, en cambio, este suavizamiento no ocurre dado que la resolución espacial no existe, la imagen no es discreta sino continua debido al tipo de sensor que se está utilizando.

RESULTADOS

Cada ventana de muestreo es comparada, en su distribución de frecuencias relativas, con la distribución de frecuencia total. La asignación de las probables

parcelas a instalar se realizará en la localización de aquellas ventanas de muestreo que presentan características modales similares a la moda de la distribución de frecuencias de la imagen completa. La Figura Nº 1 muestra el área de estudio y la Figura Nº 2 el gráfico correspondiente de distribución de frecuencias totales.

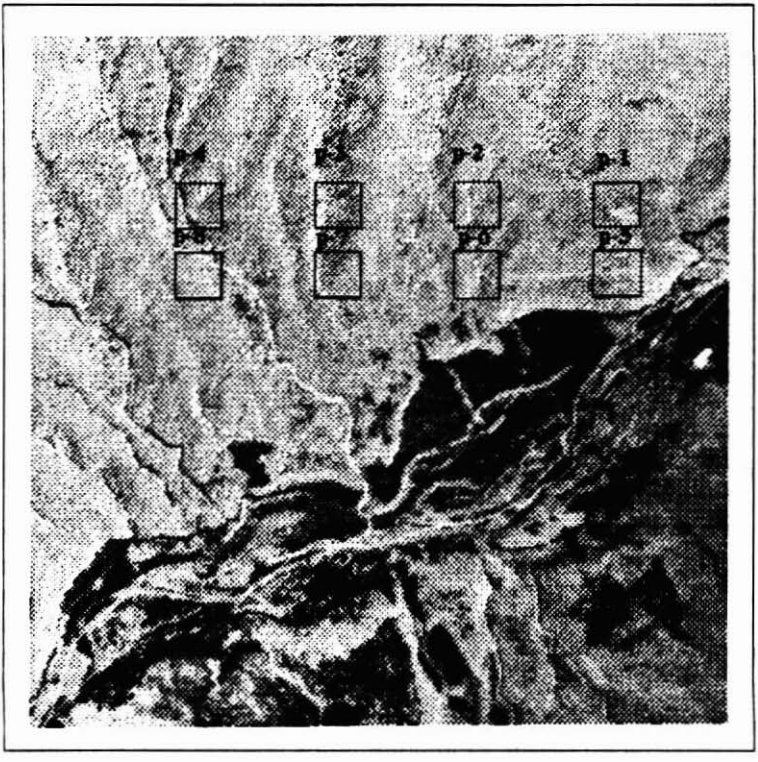


Figura Nº1. **AREA DE ESTUDIO PARA LA LA LOCALIZACION DE PARCELAS PERMANENTES Y UBICACION DE LAS VENTANAS DE MUESTREO..**

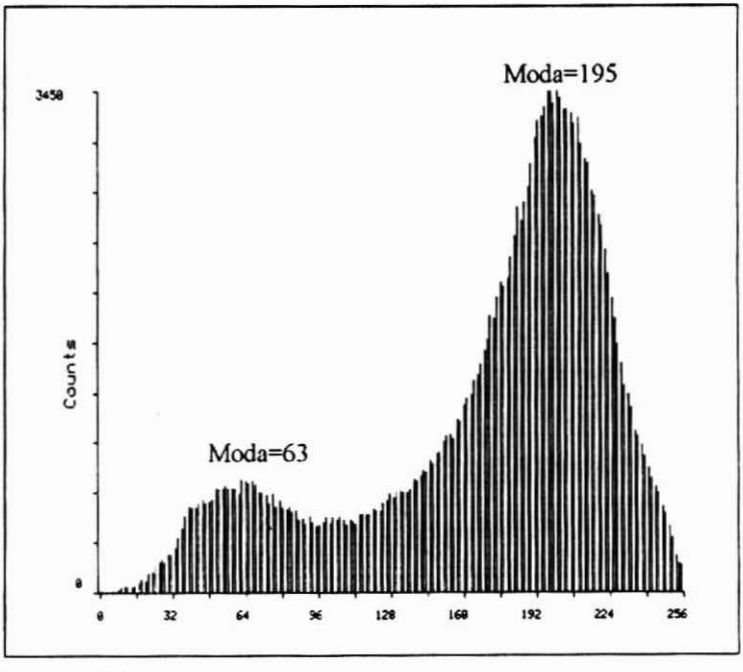


Figura N°2. **DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE CUENTAS DIGITALES PARA EL AREA DE ESTUDIO.**

La distribución descrita de la Figura N° 2 evidencia la presencia de dos modas principales, la primera moda de 63, se asocia a valores más oscuros, mientras que la segunda moda de 195 a valores más claros. La moda de 195 corresponde a los valores de bosque nativo preponderantes en la imagen y cubren la mayor parte de la imagen de la Figura N° 1, coincidiendo con el área de interés. La ubicación de las ventanas de muestreo se encuentran localizadas entonces en ese sector.

Cada ventana de muestreo equivale a 30 x 30 pixeles de la fotografía aérea y sus distribuciones de frecuencias se muestran a continuación:

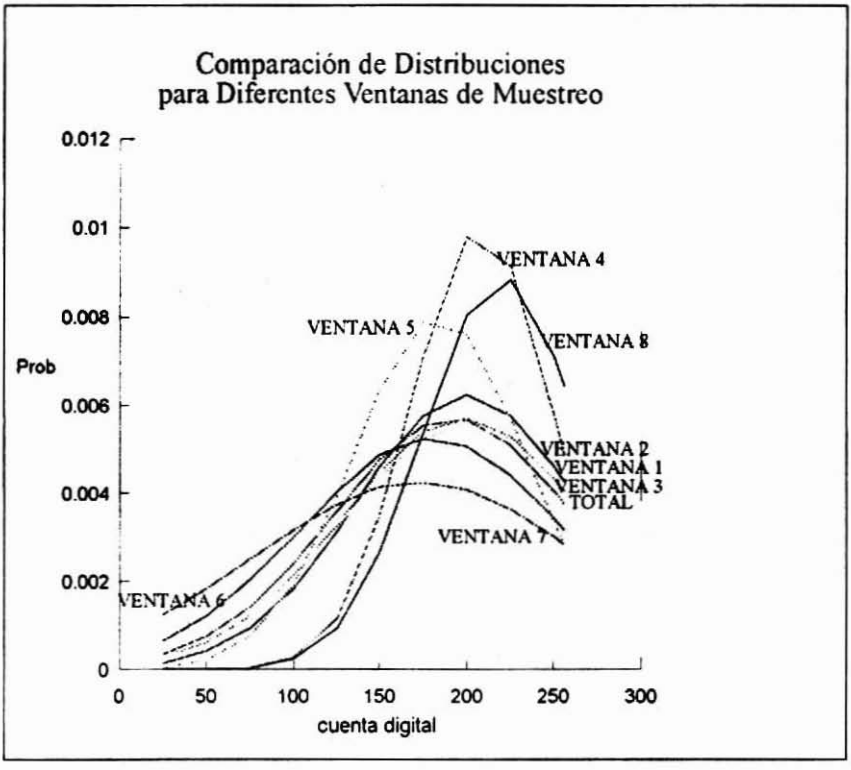


Figura N°3. **DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS DE CUENTAS DIGITALES ASOCIADAS A CADA VENTANA DE MUESTREO.**

El Cuadro N° 1 muestra los valores calculados del *k* de para la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Cuadro Nº 1.

VALORES CALCULADOS PARA PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

	Total	v-1	v-2	v-3	v-4	v-5	v-6	v-7	v-8
Total	-	0.034*	0.0569	0.0455*	0.200	0.113	0.0722	0.139	0.245
v-1		-	0.029*	0.0149*	0.1729	0.1437	0.1025	0.161	0.212
v-2			-	0.0281*	0.1437	0.1419	0.1291	0.190	0.189
v-3				-	0.170	0.158	0.1096	0.164	0.208
v-4					-	0.2238	0.273	0.333	0.120
v-5						-	0.115	0.189	0.297
v-6							-	0.0755	0.3151
v-7								-	0.354
v-8									-

* Se acepta H_0 para un nivel de significación de 0,05% con n =900 observaciones.
k tabulado = 0,04527

Los valores de k calculados para las ventanas de muestreo 1, 2 y 3 no muestran diferencias significativas con la distribución de la población total. Se observa también en la Figura Nª 3, que las curvas de distribución de éstas ventanas son muy cercanas a la curva de distribución del área de interés originada a partir de la población total (correspondiente a la Moda=192, Figura Nº 2).

Considerando los valores de k calculado y la similitud de la distribución de las ventanas de muestreo con la distribución de la población total para el área de interés, las parcelas de probables se seleccionan en el área comprendida por la franja de las ventanas 1, 2, y 3.

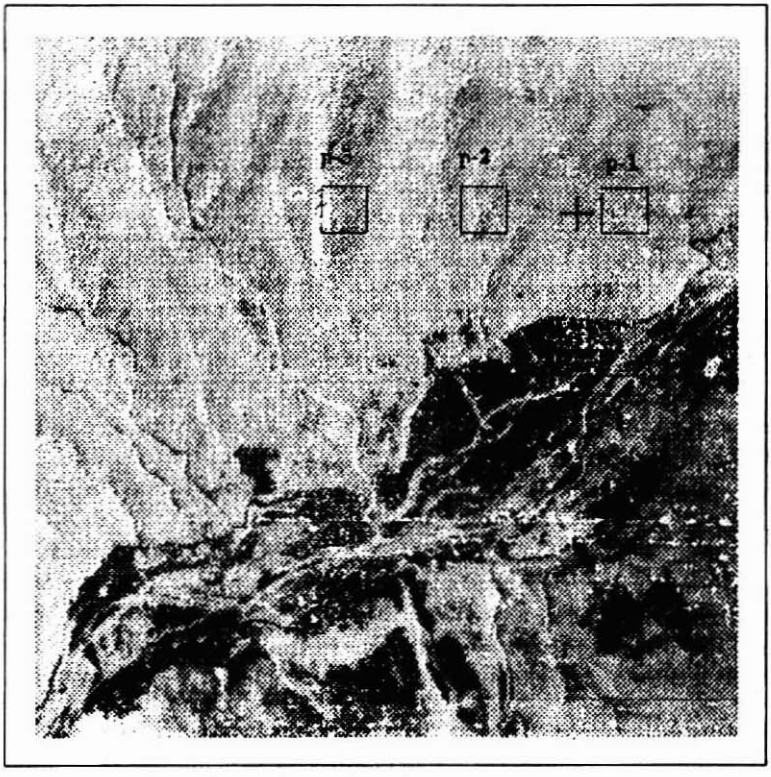


Figura Nº 4. **SELECCION DE VENTANAS DE MUESTREO PROBABLES Y LOCALIZACION DE PARCELA PERMANENTE.**

La Figura Nº 4 muestra la definición final de las parcelas probables a partir de las ventanas de muestreo seleccionadas por la comparación de distribuciones de frecuencias de cuentas digitales. La cruz en la figura muestra la localización final de la parcela permanente, ubicándose en esa posición considerando acceso de terreno. La Figura Nº 5 refleja el grado de similitud entre la curva de distribución proveniente de la población total y la distribución generada por la ventana de muestreo denotada por la cruz en la Figura Nº 4. El valor del *k* calculado para esta distribución es de 0,045018 contra el valor tabulado de 0,04527, por lo tanto se acepta similitud entre las distribuciones.

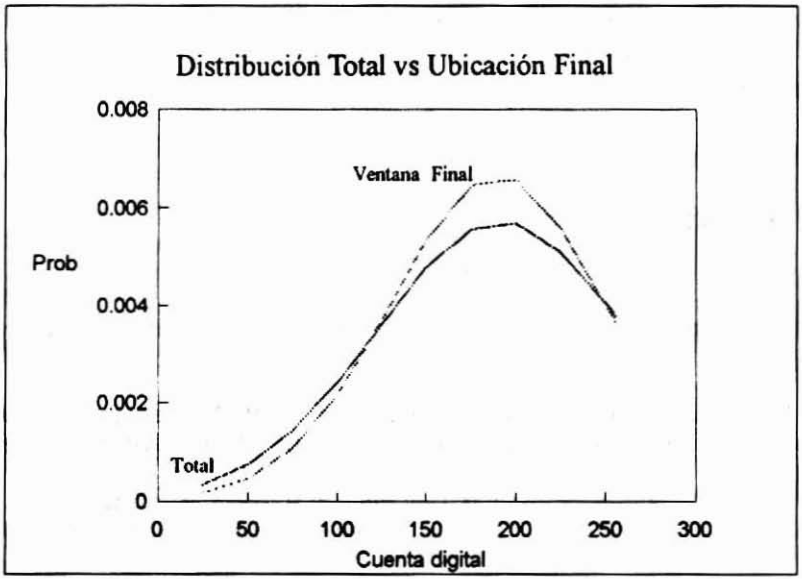


Figura N°5. **COMPARACION ENTRE DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS DE CUENTAS DIGITALES DE TODA EL AREA DE ESTUDIO Y DISTRIBUCION DE LA LOCALIZACION FINAL DE LA PARCELA PERMANENTE.**

Aunque el valor tabulado del valor calculado esta muy cercano para entrar en el área de rechazo, finalmente se seleccionó esta localización de la parcela permanente, dadas sus características de acceso y microtopografía.

CONCLUSIONES

La utilidad de una metodología como la descrita, sustentada en datos digitales provenientes del barrido electrónico mediante scanner de una fotografía aérea, permite una aproximación eficiente y de bajo costo en la localización de la parcela permanente, asegurando que esta se encuentra localizada en una posición geográfica que refleja situaciones modales y medias del área de estudio o de interés. Si bien la fotointerpretación tradicional es

capaz de solucionar el mismo problema, apoyada en datos de inventario, este método permite fundamentar una decisión sobre la base de una cuantificación y análisis estadístico.

REFERENCIAS

Afifi, A. A & Azen, S. P., 1979. Statistical Analysis. A Computer Oriented Approach, Academic Press.

Bahamóndez, C.; Martin, M.; Kahler, C. y Blanco, R., 1993. Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble-Raulí. Informe de Avance. Instituto Forestal.

Bahamóndez, C.; Martin, M.; Kahler, C. y Blanco, R., 1994. Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble-Raulí. Informe de Avance. Instituto Forestal.

Bahamóndez, C. y Mery, G., 1995. Forest Inventory Based on Two Phase Sampling by Using Satellite Images. University of Helsinki, Forest Resources Management Department (en prep.).

Gonzalez, R. y Wintz, P., 1977. Digital Image Processing. Adisson Wesley Pûblishing Company Inc.

Gujarati, D., 1981. Econometría Básica. Editorial McGraw-Hill Latinoamericana S.A.

Poso, S. & Lund, G., 1992. Remote Sensing and Information System Technology-Tools and Challenge. IUFRO.

Poso, S. & Päivinen, R., 1990. An Outline for Using Two-Phase Sampling for National and Global Forest Resources Assesment and Monitoring. IUFRO.

Poso, S., 1990. A Two Phase Sampling Approach to Gather data for GIS. IUFRO.

Poso, S.; Karlsson, M., 1990. A System for Combining Data from Remote Sensing, Maps and Field Measurements for Forest Planning Purposes. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management. Research Notes Nº23.

Steel, R. G. & Torrie, J. H., 1988. Bioestadística, Principios y Procedimientos. M^{c}Grow-Hill

INFOR

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales Exóticas, entre otros temas. Se entregan a continuación antecedentes de algunas publicaciones recientes y de interés, disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

1. EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS 1994. Publicación preparada por la División Estudios Económicos del Instituto Forestal. Se entregan mensualmente completas series estadísticas sobre productos, mercados y exportadores, incluyéndose los volúmenes y el valor de los diferentes productos forestales que Chile envía al exterior y, finalmente, un detallado registro en el que se individualizan exportadores, productos y volumen despachado en el año.

2. BOLETINES DE PRECIOS FORESTALES. Boletines Nº 44, 45 y 46. Informes bimestrales para el segundo semestre de 1994, con precios de productos Forestales: Silvícolas, Madera en Trozas, Polines y Postes, Maderas Tratadas, Maderas Aserradas, Maderas Dimensionadas y Elaboradas, Tableros y Chapas; y de Insumos Forestales: Energéticos y Lubricantes, Insumos para Manejo y Explotación de Bosques, Insumos para la Producción de Madera Aserrada y para Elaboración y Productos Químicos. Se incorpora también información sobre Tarifas de Fletes.

3. PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES 1994. Boletín Estadístico Nº 37. Se entrega una completa revisión de precios de productos forestales del año 1994, efectuandose en la primera parte un análisis general con índices de precios para los principales productos y una descripción de los precios del período para mercado interno y externo. En la segunda parte se entregan series estadísticas para los precios de los mercados interno y externo por producto.

4. LA INDUSTRIA DEL ASERRIO EN CHILE 1993. Boletín Estadístico Nº 36. Incluye la información sobre aserraderos, según tamaño, capacidad instalada y producción, desagregada por Regiones.

INFOR

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL, es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e enéditos, o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos profesionales del Sector Forestal que deseen difundir sus experiencias en el área de la silvicultura, el manejo forestal, la industria de la madera, problemas ambientales y otros temas relacionados con la actividad y desarrollo del Sector.

La publicación cuenta con un consejo editor que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores.Se cuenta además con un selecto grupo de profesionales de diversas especialidades, que actúan como editores asociados para la calificación especializada de estos.Para los efectos de esta calificación se mantiene en reserva tanto el nombre del autor como el de los editores asociados.

La publicación cuenta de tres secciones:

-Artículos: Trabajos que constribuyan a ampliar el conocimiento científico o tecnológico como, resultado de investigaciones que hayan seguido un método científico.

-Apuntes: Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigaciones, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del Sector Forestal.

-Notas Bibliográficas: Informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el Sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

INFOR

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

-Artículos:

Todos los trabajos presentados para esta sección deberán contener: Resumen, Abstract, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. Si es necesario se podrán incluir adicionalmente Apéndices y Anexos.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo y se deberá construir con el mínimo posible de palabras.

En el Resumen se hará una breve descripción de los objetivos del trabajo, de la metodología utilizada y de los principales resultados y conclusiones.La extensión máxima del Resumen será de una carilla y, al final de este punto, se incluirán al menos tres palabras claves que faciliten la clasificación bibliográfica del contenido de la publicación. El Abstract será evidentemente la versión en inglés del Resumen.

En la introducción se describirá el estado actual del conocimiento sobre el tema, con el debido respaldo de la bibliografía revisada, y se discutirá la importancia que tiene lograr y divulgar avances al respecto. En este punto no se incluirán cuadros ni figuras.

En el punto Objetivos se plantearán brevemente los fines generales del trabajo o la línea de investigación y se enunciarán los objetivos específicos del trabajo presentado.

En Material y Método se explicará cuidadosamente como se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de la metodología aplicada y los materiales empleados en las investigaciones y estudios que han dado origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original se deberán citar con claridad las fuente de información. Se podrán incluir cuadros y figuras, pero se deberá cuidar que la información que se entrega por esta vía no sea repetitiva con aquella incluida en el texto.

INFOR

El punto Resultados estará reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados. No se deberán duplicar cuadros ni figuras y los comentarios que se incluyan en este punto serán sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.

En Discución y Conclusiones se analizarán los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionarán con la información bibliográfica previamente reunida y se podrán plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema. Las Conclusiones rescatarán lo más valioso o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles, que requieran de mayor trabajo o investigación.

Reconocimientos es un punto optativo, destinado, cuando sea necesario, alos créditos correspondientes a instituciones, colaboradores, fuentes de financiamiento, etc. Es obvio que se trata de un punto de muy reducida extensión.En las Referencias se identificarán todas las fuentes de información del trabajo. Sólo se incluirán aquellas citadas en el documento.

Los Apéndices y Anexos se deben incluir solo si su contenido es considerado indispensable para la cabal comprensión e interpretación del trabajo o si se considera que la información adicional que presentan es un real aporte.Se deberá recordar que los Apéndices incluyen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos están constituidos por información complementaria elaborada por terceros.

-Apuntes

Los trabajos para esta sección tendrán en principio la misma estructura que los Artículos, pero en este caso de acuerdo al tema, el grado de avance de las investigaciones o actividades y, en general, de la información disponible en cada caso, se podrán obviar los puntos que no correspondan y adoptar una estructura más simple.

-Notas Bibliográficas

En las Notas Bibliográficas se identificará detalladamente la publicación, se explicarán sus objetivos y la metodología empleada y se comentarán los principales resultados en función de su importancia o trascendencia para el Sector. El título de la nota bibliográfica será el de la publicación que se comenta e irá seguido del nombre del o los autores y la identificación de la institución y el editor. Se anotará asimismo el año de publicación y su extensión.

Al final de la nota se podrá incluir el nombre del autor de esta, su título y especialidad y la institución a la que pertenece.

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La publicación aceptará colaboraciones sólo en español, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por los especialistas, ya que el objetivo es transferir conocimientos al Sector Forestal en general. No se aceptará redacción en primera persona.

El formato de los trabajos debe ser tamaño carta a espacio simple y doble espacio entre párrafos. La letra deberá ser tipo Courier paso 10. Al inicio de cada párrafo se dará una tabulación de tres espacios (sangría). No se numerarán páginas.

La extensión máxima de los trabajos será de 35 carillas para los Artículos, de 20 carillas para los Apuntes y de 2 carillas para las Notas Bibliográficas.

En la primera página se incluirá el Título en mayúsculas, negritas y centrado. Inmediatamente después, dos espacios abajo y pegado al margen derecho, se ubicará el nombre del o los autores y a pié de página se indicará título(s), institución(es) y dirección(es). En esta página se ubicará también el Resumen y, si el espacio es suficiente, el Abstract. Ambos con su título en mayúsculas negrita y centrado. Si el Abstract no cabe en esta página, se

INFOR

ubicará en página nueva y tanto éste como el resúmen se centrarán en la o las páginas de acuerdo a su extensión.

En el caso de los Apuntes el título se pondrá en mayúsculas, negrita y pegado al margen izquierdo, anotandose a continuación el nombre del o los autores, su profesión, institución y dirección, todo esto último en minúsculas y letra corriente. A continuación, en la misma página se iniciará el desarrollo del trabajo.

De similar modo se procederá con las Notas Bibliográficas, con la diferencia que si se considera pertinente mencionar al autor de la Nota, éste se identificará al final.

En página nueva se iniciará la Introducción y a continuación se desarrollarán los siguientes puntos, sin cambiar necesariamente página desde Objetivos en adelante, pero dejando doble espacio antes y después de cada título principal.

Los títulos de los puntos principales (Introducción, Objetivos, etc.) se escribirán en mayúsculas, negritas y pegados al margen izquierdo. Los títulos de segundo orden se escribirán con minúsculas, negrita y en la misma ubicación, en tanto que los de tercer orden se ubicarán de igual modo, se escribirán en minúsculas y en letras corriente no negrita. Si se requieren títulos de cuarto orden, se usará letra corriente en minúsculas, se dará una tabulación de cinco espacios (sangría) y se antenpondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

Los nombres científicos de especies vegetales o animales se destacarán en letra negrita, con la primera letra del género en mayúscula y las restantes en minúsculas.

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica. La normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

Los cuadros no deberán repetir información proporcionada en el texto, estarán enmarcados en línea simple y centrados, se numerarán correlativamente y en letras mayúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando un espacio entre el título y el marco.Tablas y otras formas similares de mostrar imformación se presentarán como cuadros.

Las figuras se identificarán de igual modo que los cuadros, si es posible tendrán un marco y se identificarán al centro y en la parte inferior.Gráficos, diagramas, fotos y similares se presentarán como figuras.

Tanto cuadros como figuras se citarán en texto como Cuadro N° o Figura N°.

Además, cuando la información que se presenta en cuadros o figuras no es original, se citará la fuente correspondiente al pie del marco, en letra corriente, en minúsculas y entre paréntesis. Información esta que, además se anotará completa en el punto Referencias. Si son necesarias aclaraciones de símbolos u otros elementos de cuadros y figuras se procederá de igual forma que con los antecedentes referentes a la fuente de información.

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que reunan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satifactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 18 cm (alto).

Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por la norma Nch 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará en todo caso el sistema métrico decimal.

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicados donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al pié de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

INFOR

ENVIO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se deberán enviar al Editor de Ciencias e Investigación Forestal Instituto Forestal, Huérfanos 554 4° piso Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 3 1/2", procesador de texto Word Perfect WP 5.0.

Los cuadros y figuras se enviarán incluidos en el texto y, cuando sea necesario para una mejor reproducción, se adjuntarán originales en papel poliester, especialmente en el caso de las figuras.

Todas las páginas, así como cuadros y figuras que se adjunten, deberán estar numeradas e identificadas con el nombre del autor por el envés con lápiz grafito.

INFOR



instituto forestal