

C.2

ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 5 Nº 1

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

JUNIO 1991

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



INFOR

INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE

VOLUMEN 5 Nº 1

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

JUNIO 1991

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

**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** : Tomás Balaguer Q.
- Editor** : Santiago Barros A.
- Consejo Editor** : José Antonio Prado D. Rolando Bennewitz B.
Ignacio Cerda V. Hans Grosse W.
Roland du Belloy G. Roberto Ipinza C.
- Editores Asociados** : René Alfaro (Canadá) Manuel Ortíz
Ronald Brun (Alemania) Hernán Peredo
Hernán Cortés Vicente Pérez
Fernando Cox Roland Peters
Roberto Delmastro Hernán Poblete
Claudio Donoso Juan Schlatter
Fernando Garrido Harald Schmidt
Bertram Husch Jorge Toro
Walter Kauman Antonio Vita
Roberto Melo Derek Webb (Canadá)
Eduardo Morales Daniel Wisecarver
Ramiro Morales Roy Wotherspoon
- Dirección Postal** : Huérfanos 554. Casilla 3085. Santiago Chile
Fonos 397911 - 391363
Fax 381286

El valor de la suscripción anual para 1991, que consta de dos ejemplares, es de \$ 6.000 incluido I.V.A., de \$ 3.000 para estudiantes y de US\$ 20,00 para el extranjero incluido el franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$ 3.500, de \$ 1.500 para estudiantes y de US\$ 12,00 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 previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal (INFOR - Chile).

CONTENIDO

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

Artículos	Pág.
Respuesta del <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> a fertilizaciones de apoyo en la VIII Región Sergio Calderón S.	5
Distribución espacial y cronológica de la ocurrencia de incendios forestales en Chile Guillermo Julio A.	22
Uso de la clasificación estructural mecánica y visual para predecir la zona de ruptura de la madera sometida a compresión Alberto Campos B.	45
Funciones de biomasa de <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> en la Región Costera Central José Antonio Prado D. y César Alarcón A	59
 Apuntes	
Bases para la mejora genética de las especies del género <i>Eucalyptus</i> en Chile P. Infante L., R. Ipinza C. y J.A. Prado	71
Control integrado de <i>Sirex noctilio</i> R. Ipinza C. y M. P. Molina B.	96
Forestación en zonas áridas y semiáridas. Los pequeños propietarios frente al D.L. N° 701 S. Barros A.	151
Apuntes sobre algunas latifoliadas de maderas valiosas 1. Nogal común (<i>Juglans regia L.</i>) V. Loewe M.	165
 Notas Bibliográficas	
Precios de productos forestales	180
Estadísticas forestales 1990	180
Análisis y diagnóstico de procesos industriales de transformación mecánica de la madera	180

CONTENIDO

Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación	181
Control de calidad en el aserradero : Generalidades y aplicación	181
Disponibilidad de madera de Pino radiata en Chile 1990 - 2019	182
Los bosques de Lenga <i>Nothofagus pumilio</i>	182
Antecedentes generales para el manejo de renovales de Raulí, Roble, Coihue y Tepa	182
La pequeña empresa maderera de bosque nativo	183

RESPUESTA DEL *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* A FERTILIZACIONES DE APOYO EN LA VIII REGION

Sergio Calderón Sanchez (*)

RESUMEN

*En las zonas húmedas templadas costeras de la provincia de Concepción y húmedas de la Cordillera de los Andes de la provincia de Bio-Bio, Chile, se probaron diversas combinaciones de fertilizantes, aplicadas en dosis subdivididas dentro de los tres primeros años de edad en plantaciones de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*.*

Los resultados indican que en el ensayo de la zona costera de la provincia de Concepción las aplicaciones de urea producen la mejor respuesta, tanto en terminos de producción física como económica, mostrando una rentabilidad superior al 12%.

En el ensayo de la zona precordillerana andina en tanto, la mejor respuesta la ofrece una combinación de N, P, K y B, registrando una alta supervivencia y el mayor rendimiento volumétrico. Este tratamiento arroja también una rentabilidad superior al 12%.

Los ensayos confirman que las fertilizaciones de apoyo en serie durante la época juvenil, en plantaciones establecidas en suelos con deficiencias nutricionales, inducen un crecimiento adicional de importancia si la abertura del dosel es suficiente.

Palabras clave: *Eucalyptus*, *Fertilización*, *Análisis Económico*.

ABSTRACT

*Fertilization treatments applied early in the rotation, up to 3 years old, to *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* plantations were tested in two climatic zones in Chile: The humid temperate coastal zone of Concepción and the humid cold Andean area of Bio-Bio province.*

Best growth and economic results were obtained with N treatment in the coastal area of Concepción and with a mixture of N, P, K, and B in the andean zone. The cost benefit analysis gives for both trials internal rates of return over 12%.

*The results show that early fertilizations, applied in *Eucalyptus* plantations growing in deficitary soils, can give an important additional growth and higher rates of survival.*

Keywords: *Eucalyptus*, *Fertilization*, *Cost-Benefit Analysis*.

(*) Ingeniero Forestal. División Silvicultura. Instituto Forestal. Huérfanos 554. Casilla 3085. Santiago.

INTRODUCCION

La corrección de deficiencias nutricionales en los suelos forestales, generalmente ha sido abordada mediante enmiendas que se efectúan por una sola vez, al momento de la plantación. Sin embargo, numerosos ensayos en otros países (Hunter, I.R. y otros . 1986), demuestran que las fertilizaciones de apoyo, aplicadas en serie durante la época juvenil de la plantación, pueden inducir un crecimiento adicional de tal magnitud que es posible considerarlas con una herramienta más en el mejoramiento del manejo. La literatura demuestra que la respuesta de *Eucalyptus globulus* a los tratamientos con fertilizantes es dependiente de la edad del rodal, la carencia de determinado elemento en el suelo y del grado de abertura del dosel provocado por las intervenciones silvícolas de podas o raleo. En suma, habiéndose deficiencias en el suelo será la juventud y el espacio disponible para que se desarrollen las raíces y la copa, los que determinarán el grado de respuesta al fertilizante.

El objetivo de este estudio es evaluar la mejor combinación y dosis de fertilizantes de apoyo para el *Eucalyptus globulus* en la zona costera de la provincia de Concepción y en la zona pre-cordillerana de la provincia de Bio-Bio.

La evaluación presentada en este estudio se realiza a través de un análisis de varianza de los tratamientos aplicados para establecer con certeza estadística, cual es el mejor tratamiento de fertilización e incluye las pruebas de Tukey, método de comparación múltiple que permite individualizar la significación de las diferencias entre tratamientos. Sin embargo, la decisión última del mejor tratamiento a aplicar es una decisión económica, razón por la cual se incluye una proyección del crecimiento hasta la edad de rotación y un análisis del costo e ingreso marginal generado por la aplicación del fertilizante que presenta mejor respuesta volumétrica. Este mismo tratamiento es el que posteriormente resulta ser también el mejor desde el punto de vista económico.

METODOLOGIA

En junio de 1986 se establecieron dos ensayos; uno en la provincia de Concepción y otro en la de Bio-Bio, el primero con un diseño experimental al azar y el otro factorial de 6 y 4 repeticiones, respectivamente, y parceladas de 25 plantas espaciadas a 3 por 3 m. Mayores antecedentes de la instalación se encuentran en la publicación del IV Informe de Actividades del Instituto Forestal (1988). En cada lugar de ensayo se aplicaron 18 combinaciones de fertilizantes, tales como úrea, superfosfato triple y ácido bórico, en la provincia de Concepción, y úrea, superfosfato triple boronatrocalcita y sulfato de potasio en la provincia de Bio-Bio. La periodicidad de las aplicaciones fue similar en los dos lugares. Se aplicó la primera dosis en Septiembre de 1986, la segunda en Agosto-Septiembre de 1987, la tercera en Mayo de 1988 y la cuarta en Agosto de 1988. Los fertilizantes fueron aplicados en forma localizada a 20 cm de profundidad y en dos zanjas

ubicadas paralelamente a 26 cm de la planta.

Los tratamientos en la zona costera de la provincia de Concepción (Apéndice 1) consisten en distintas combinaciones de los siguientes compuestos y dosis por planta.

- N1 = 50 gr de Urea
- N2 = 100 gr de Urea
- P1 = 40 gr de Superfosfato triple.
- B1 = 20 gr de Acido bórico.
- B2 = 40 gr de Acido bórico.

Los tratamientos aplicados en los suelos de trumao de la precordillera de Los Andes en la provincia de Bio-Bio, consisten en combinaciones de los siguientes compuestos:

- N1 = 50 gr de Urea
- N2 = 80 gr de Urea
- P1 = 40 gr de Superfosfato triple.
- B1 = 30 gr de Boronatrocalcita.
- K1 = 50 gr de Sulfato de potasio.

El efecto de los fertilizantes se refleja tanto en el crecimiento diamétrico a la altura del pecho como en la altura total del árbol y la supervivencia de las plantas. Los controles efectuados al año 3 y en especial al año 5 se consideran valiosos para reflejar el efecto acumulado de las cuatro aplicaciones hechas en los 3 primeros años de la plantación. También se incluye el análisis estadístico de un índice combinado de las variables DAP y altura (DAP^2H), el cual podría expresar en mejor forma el crecimiento.

El estudio estadístico incluye un análisis de varianza (ANDEVA) que adjudica la proporción de las diferencias observadas que se debe al tratamiento por fertilización, al efecto bloques o al error experimental y los compara con valores tabulados para decidir si estas diferencias son significativas. La prueba adicional de Tukey especifica la diferencia que existe entre cada tratamiento y mide el nivel de significación.

Los datos observados al quinto año son proyectados en los 15 y 20 años con el modelo de crecimiento para las plantaciones de *Eucalyptus globulus* existente en Tasmania (Goodwin N. y Candy S. G. 1986). Considerando que no ha sido validado para las condiciones chilenas, el modelo puede ser no representativo de las condiciones de sitio probadas. Sin embargo, el ejercicio se incluye con carácter demostrativo y en algunos casos dada la magnitud del efecto fertilizante, los valores económicos alcanzados son insensibles a pequeñas variaciones del modelo.

El análisis económico se aborda con carácter marginal, capitalizando hasta la edad de rotación sólo los costos imputables a la enmienda con fertilizantes, los cuales se comparan con los ingresos también marginales generados por la venta del volumen adicional producidos por el mejor tratamiento.

Para encontrar el mejor desde el punto de vista económico, no sólo el mejor tratamiento en volumen es analizado, sino que todos los tratamientos lo son, para encontrar si alguno presenta menor costo marginal.

Este enfoque económico introduce una limitación muy fuerte al asumir que el uso de fertilizantes sólo cambia el volumen total y su costo y las demás condiciones permanecen constantes. Esto representa una restricción que se aleja de la realidad, en la medida que el parámetro cambiado interactúa con otros de alta significación económica (tamaño de las trozas, calidad del producto, costo de madereo y transportes, etc.).

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Respuesta en Diámetro.

Para apreciar la evolución del DAP se debe observar la historia del ensayo. Al tercer año en la provincia de Concepción, este muestra que los dos tratamientos más efectivos son los mismos que en altura. El primero, 56 kg. de urea por hectárea aplicados 4 veces en los 3 primeros años, hace que el DAP crezca hasta 8,1 cm, en vez de 5,5 cm obtenido como promedio por las parcelas testigo. Aún cuando esta diferencia no es significativa, presenta un crecimiento en área basal de 2,39 m²/ha en relación a los rodales sin aplicación, que presentan un área basal de 2,06 m²/ha. El segundo tratamiento más efectivo es el de 100 gr de urea + 40 gr de ácido bórico por planta el que iguala los crecimientos en DAP obtenidos por el tratamiento de urea sola.

En 1991, al quinto año de la plantación (Cuadro N° 1) el primer y segundo tratamiento trastocan su posición resultando que 100 gr de urea + 40 gr de ácido bórico presenta un DAP promedio de 12,9 cm, superando en 3,0 cm el tratamiento testigo. Esta diferencia aunque no significativa, representa un incremento en área basal de 56,9% por hectárea.

Cuadro 1
ZONA COSTERA-SUR DE LA PROVINCIA DE CONCEPCION. EDAD 5 AÑOS

TRATAMIENTO	DIAMETRO (cm)	ALTURA (m)
1	10,38	10,47
2	12,33	12,28
3	10,06	11,17
4	12,56	14,03
5	11,76	12,58
6	10,04	10,29
7	9,90	11,36
8	11,90	12,73
9	12,93	13,23
10	11,14	11,67
11	11,44	11,86
12	12,55	13,04
13	10,54	12,37
14	11,85	12,42
15	9,70	10,98
16	9,88	11,17
17	9,90	10,63
18	9,36	10,69

El segundo tratamiento resulta ser 56Kg/ha de urea lo que demuestra que los suelos de la cordillera de la costa en la parte sur de la provincia de Concepción son deficitarios principalmente en nitrógeno.

En la zona de suelos de trumao de la precordillera de Los Andes, en la provincia de Bio-Bio, los tratamientos con los mejores crecimientos en DAP a los 5 años (Cuadro 2) son (N1P1B1K1) y (N2P1B1K1), los mismos que presentan el mejor crecimiento en altura, es decir, las dos variables comprueban que estos suelos son deficitarios en nitrógeno, fósforo, boro y potasio.

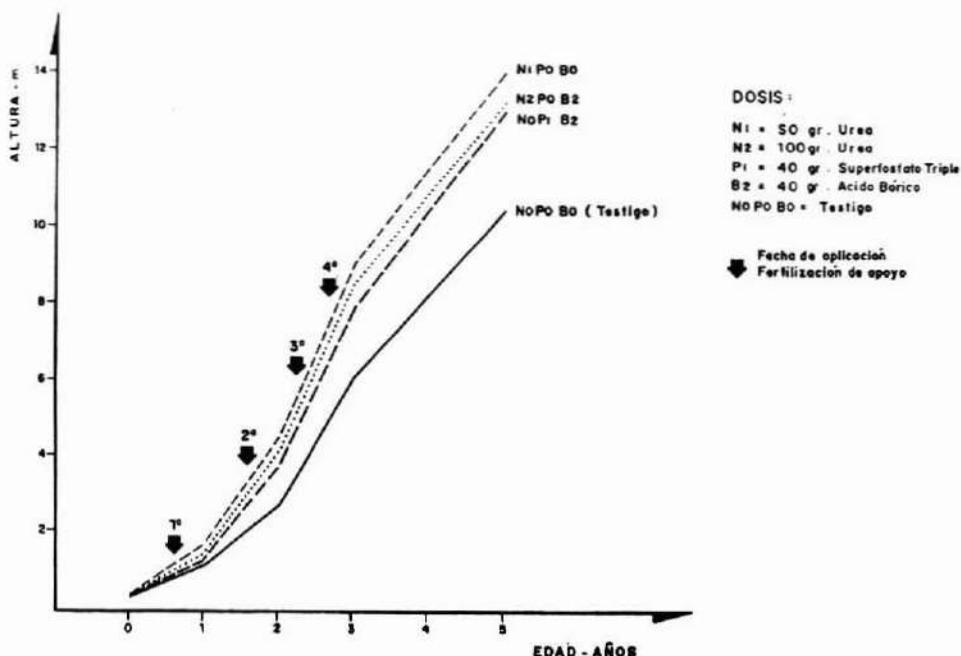
Cuadro N° 2
 ZONA PRECORDILLERANA DE LOS ANDES DE LA PROVINCIA DE
 BIO-BIO. EDAD 5 AÑOS

TRATAMIENTO	DIAMETRO (cm)	ALTURA (m)
1	10,39	7,62
2	9,80	7,87
3	8,34	6,75
4	8,90	7,21
5	12,39	9,94
6	10,28	8,92
7	10,37	7,49
8	10,68	8,41
9	11,66	9,72
10	10,87	9,11
11	9,76	8,00
12	9,44	7,93
13	9,00	7,78
14	9,82	8,25
15	9,92	7,48
16	8,51	7,22
17	9,95	7,43
18	9,84	8,39

Respuesta en altura

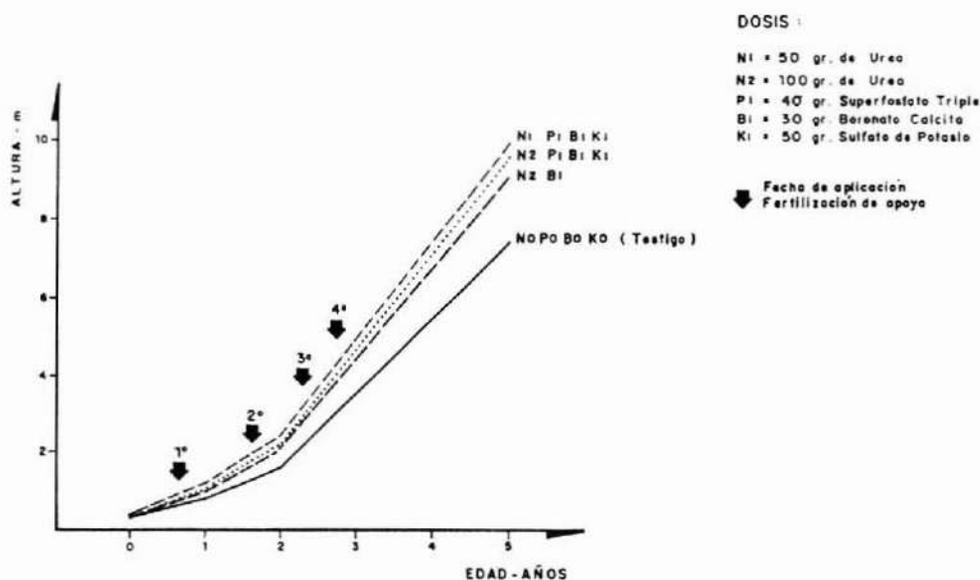
Una de las formas más eficaces de observar el efecto de los fertilizantes en el corto plazo, es medir el crecimiento del follaje, pues en este componente de la biomasa donde primero se refleja el efecto fertilización, especialmente si se trata de compuestos nitrogenados. Por esta razón, la altura del árbol al incluir el incremento del ápice resulta ser el mejor indicador. En el análisis de varianza de altura al tercer año para la zona costera-sur de la provincia de Concepción, el tratamiento de 56 Kg de urea aplicado 3 meses después de la plantación, con repetición de la misma dosis a los 14, 23 y 26 meses, es significativamente diferente al testigo (sin aplicación) y entrega la mejor respuesta. El mismo tratamiento es también el mejor al quinto año de observación (Cuadro N° 1). La diferencia en altura de este tratamiento (4) es 3.2 m superior a 10.8 m promedio del testigo y no es significativa. La evolución de la altura para los 3 mejores tratamientos en la zona costera sur de la provincia de Concepción se presenta en el Gráfico N° 1.

Gráfico Nº 1
ENSAYO DE FERTILIZACION - PROVINCIA DE CONCEPCION
ZONA COSTERA-SUR



En la zona de la precordillera de Los Andes de la provincia de Bio-Bio a los 5 años de edad (Cuadro Nº 2) el tratamiento (N1P1B1K1) 56 Kg/ha de urea, 44,5 Kg/ha de superfosfato triple, 33,3 Kg/ha de boronatrocalcita y 56 Kg/ha de sulfato de potasio presenta el mejor crecimiento en altura alcanzando 9,9 m contra 7,4 m del tratamiento testigo. esta diferencia es significativa al aplicar la prueba de Tukey. El segundo mejor tratamiento aunque no significativamente diferente al testigo, es el N2P1B1K1. Estos dos primeros tratamientos son los mismos que resultan de mejor crecimiento en diámetro, lo cual confirma que los suelos de trumao en la precordillera de Los Andes son deficitarios en nitrógeno, fósforo, boro y potasio y pueden ser corregidos por la agregación de estos elementos. La evolución en altura de los tres mejores tratamientos con respecto al promedio del testigo se presenta en el Gráfico Nº 2.

Gráfico N° 2
 ENSAYO DE FERTILIZACION - PROVINCIA DE BIO-BIO
 ZONA TRUMAO CORDILLERA DE LOS ANDES



Como el fertilizante mejora el crecimiento en Diámetro y en Altura, está demás decir que hay diferencias significativas en el factor DAP^{2H} .

Un mejoramiento adicional, muchas veces olvidado, es que las plantas de mejor crecimiento también resultan con una mayor supervivencia. Este efecto, aunque no significativo, se observa en los suelos de trumao.

PROYECCIONES FUTURAS

Los resultados en la provincia de Concepción, son proyectados en el Cuadro 3 para una rotación de 15 y 20 años usando un modelo de crecimiento de *E. Globulus* en Tasmania. (Goodwin N. y Candy S.G. 1986).

Cuadro Nº 3
PROYECCION DEL CRECIMIENTO CON Y SIN USO DE UREA
EN LA ZONA COSTERA-SUR DE LA PROVINCIA DE CONCEPCION

VARIABLE		TRATAMIENTO	
		UREA	TESTIGO
	Año 3		
DAP cm		8,10	5,54
Altura total m		9,02	6,18
	Año 5		
DAP cm		12,56	9,84
Altura total m		14,03	10,79
Vol por árbol m ³ ssc (Lisboa)		0,03677	0,00555
Vol por árbol m ³ ssc (Díaz)		0,05905	0,02787
Vol por árbol promedio (Concepción)		0,04791	0,01671
Vol por árbol m ³ ssc (Tasmania)		0,03972	0,01875
PROYECCION FUTURA			
DAP cm	10 años	18,58	14,56
DAP cm	12 años	19,92	15,23
DAP cm	15 años	22,00	17,24
DAP cm	20 años	24,50	19,20
Altura m	10 años	27,76	27,72
Altura m	12 años	31,22	31,18
Altura m	15 años	36,04	36,00
Altura m	20 años	43,38	43,33
Vol por árbol m ³ ssc	12 años	0,32552	0,19004
Vol por árbol m ³ ssc	15 años	0,48808	0,29939
Vol por árbol m ³ ssc	20 años	0,78080	0,47897
Densidad árbol/ha	5 años	864	856
Densidad árbol/ha	10 años	864	856
Densidad árbol/ha	15 años	799	780
Densidad árbol/ha	20 años	532	658
Vol total m ³ /ha ssc	15 años	390,0	233,52
Vol com m ³ /ha ssc	15 años	374,40 (96% VT)	205,50 (88% VT)
Vol total m ³ /ha ssc	20 años	415,39	315,16
Vol com m ³ /ha ssc	20 años	394,62 (95% VT)	283,64 (90% VT)

Diferencia en volúmen a los 15 años = 168,90 m³/ha

Diferencia en volúmen a los 20 años = 111,00 m³/ha

Es interesante comparar el volumen por árbol a los 5 años obtenido como promedio, para la zona de Concepción y en el modelo de Tasmania. La similitud de valores indica una relativa seguridad para las proyecciones futuras.

En el cálculo de la mortalidad se utilizó como modelo la ecuación de raleo natural, nominada por su coeficiente de $3/2$, curva que representa la mortalidad natural obtenida por competencia en bosques no manejados (Goodwin N. y Candy S.G. 1986).

La proyección de crecimiento para el *Eucalyptus globulus* plantado en la zona de la precordillera de Los Andes provincia de Bio-Bio, se incluye en el Apéndice 2. Las rotaciones consideradas también son de 15 a 20 años, pero el tratamiento testigo sin fertilización se compara con el tratamiento fertilizado con nitrógeno, fósforo, boro y potasio en las dosis más bajas y efectivas.

ANALISIS ECONOMICO

Conociendo la respuesta volumétrica producida por el mejor tratamiento con fertilizantes a una edad de rotación, lo que falta por establecer es el valor económico de este mejoramiento. A continuación (Cuadro 4) se incluye el análisis financiero, que evalúa el costo de equilibrio para la madera en pie de rotaciones de 15 y 20 años y que permite cubrir los costos incurridos por la aplicación de las fertilizaciones, cuando estos son capitalizados al 8 y 12% anual

Cuadro 4
ANÁLISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL TRATAMIENTO DE 56 Kg/Ha
DE UREA APLICADO POR 4 VECES

AÑO APLICACION DE ENMIENDA	COSTO ACTUAL \$/Ha	COSTO CAPITALIZADO				
		AÑO 15		AÑO 20		
		8%	12%	8%	12%	
0	1,5 jornadas + leyes soc. 56 Kg urea (96 \$/Kg) 1/20 jornadas supervisión	6.000 5.376 300				
		11.676	37.038	63.909	54.421	112.630
1	3 jornadas + leyes soc. 112 Kg urea (96 \$/Kg) 1/20 jornadas supervisión	12.000 10.752 600				
		23.352	68.589	114.124	100.780	201.125
2	1,5 jornadas + leyes soc. 56 Kg urea (96 \$/Kg) 1/20 jornadas supervisión	6.000 5.376 300				
		11.676	31.754	50.948	46.658	89.788
	GRAN TOTAL		137.381	228.981	201.859	403.543
	COSTO DE EQUILIBRIO \$/m ³ EN PIE (*)		813.4	1355.7	1818.5	3635.5
	BENEFICIO NETO = TASA DE INTERES	+	65.1	162.7	145.5	436.3
	PRECIO DE EQUILIBRIO \$/m ³ EN PIE		678.5	1518.4	1964.0	4071.8

(*) El costo de equilibrio corresponde a la suma del costo marginal capitalizado (gran total), dividido por el volumen marginal obtenido a la edad de rotación.

Una forma válida de interpretar el análisis es concluir que las tasas de capitalización corresponden a la tasa interna de retorno (TIR) cuando el mercado paga los costos de equilibrio +8% de beneficio neto.

Actualmente (Junio 1991) las inversiones a 20 años plazo en fertilizaciones con 56 Kg/ha de urea en la zona costera-sur provincia de Concepción rinden una tasa interna de retorno de 12% si se considera \$ 4071,8/m³ (US\$ 12,00/m³) como valor de mercado de la madera en pie.

Este análisis económico evalúa desde el punto de vista financiero el tratamiento de urea (el mejor en volumen). Lo importante es establecer con toda seguridad si este tratamiento representa el mejor desde el punto de vista económico. Para ello, es necesario

revisar el costo de los demás tratamientos que, aunque de menor respuesta volumétrica, podrían presentar una mayor eficiencia económica. Este análisis se facilita por tener el boro un mayor precio que el nitrógeno y por tener un menor rendimiento volumétrico. Esto descalifica 9 tratamientos que incluyen boro. El tratamiento de doble dosis de nitrógeno (N2 PO BO) resulta también más costoso y no sobrepasa el rendimiento del nitrógeno simple (NI PO BO). El único tratamiento que aparece competitivo es el de 40 gr de superfosfato triple (NO P1 BO) por ser producto levemente más barato, lo cual podría compensar el menor rendimiento volumétrico. Sin embargo, efectuadas las proyecciones volumétricas y el cálculo de los costos de equilibrio (Apéndice 3), el tratamiento con urea sigue siendo el mejor.

El análisis financiero para el mejor tratamiento de fertilización ensayado en los suelos de trumao en la cordillera de Los Andes provincia de Bio-Bio, es incluido en el Apéndice 4. Se observa que las ganancias volumétricas son 244 m³ a los 15 años y 317 m³ a los 20 . Estos volúmenes son más altos en la provincia de Concepción pero el costo del tratamiento es más del doble, pues incluye la enmienda de 4 nutrientes principales; nitrógeno, fósforo, boro y potasio.

El precio de equilibrio resultante de \$ 3.105/m³ con la tasa de interés de 12%, es más bajo que el de Concepción, e indica que aún si el mercado paga US\$ 9.00/m³ las fertilizaciones en la provincia de Bio-Bio en suelos de trumao, son una alternativa viable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al comparar las zonas de ensayo de la provincia Concepción y de la provincia de Bio-Bio, las diferencias de sitio previstas al programar los tratamientos se ven confirmadas por los resultados. Es interesante observar que en la localidad de la provincia de Concepción el testigo posee un índice de sitio de 10.8 m de altura a los 5 años contra 7.6 m en la provincia de Bio-Bio a la misma edad, indicando un nivel de fertilidad mayor. Sin embargo, este aumento de fertilidad no se traduce en igual ganancia volumétrica por superficie, pues la supervivencia disminuye (probablemente por mayor competencia con malezas por aumento de fertilidad significando en total una pérdida del mayor potencial productivo.

En la zona costera-sur de la provincia de Concepción la respuesta con urea aplicada a plantaciones de *Eucalyptus globulus* durante los 3 primeros años de la rotación resulta económicamente favorable, con una tasa interna de retorno muy superior al 12% cuando se proyectan las ganancias (con análisis marginal) hasta edades de corta de 15 años. Esperar hasta los 20 años para realizar los beneficios significa obtener con un precio equivalente a US\$ 12/m³ de la madera en pie, una tasa interna del retorno de las inversiones en fertilización del 12%. Al comparar la economía de las fertilizaciones con urea con los demás tratamientos, en especial la enmienda simple con superfosfato triple, aún sigue

siendo el mejor el tratamiento con urea. La conclusión para esta zona es la de preferir la rotación de 15 años cuando las fertilizaciones de urea producen un beneficio mayor.

Esto no debe considerarse definitivo hasta no validar, con un modelo de crecimiento representativo, las proyecciones.

Se recomienda que futuros ensayos de esta naturaleza incluyan tratamientos diferenciados en alguna progresión matemática, de tal modo que se pueda ajustar funciones para calcular el óptimo. Por otra parte, la validez de las conclusiones será aumentada cuando el enfoque económico deje de ser marginal y valore todas las mejoras y costos adicionales que surgen al cambiar el diámetro y altura (volumen y tamaño del producto, calidad del producto, reducción de costos de aprovechamiento y transporte, coeficientes de conversión, etc.).

Las enmiendas con nitrógeno, fósforo, boro y potasio en suelos de trumao Cordillera de Los Andes son las mejores y significativamente demuestran un déficit de estos nutrientes en la provincia de Bio-Bio. La factibilidad económica de la aplicación es obvia, dado que el ingreso adicional producido es mayor que en Concepción (producto del mejoramiento obtenido en la supervivencia) y el costo marginal total, aunque evidentemente superior, no es suficientemente alto a los 20 años como para significar un mayor precio. Por esta razón se concluye que la tasa interna de retorno (TIR) para inversiones a 20 años es 12% cuando el precio del mercado alcanza a \$ 3.105/m³ (US\$ 9.00/m³) para el valor de la madera en pie.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Goodwin N. y Candy S.G. 1986. Single-tree and Stand Growth Models for a plantation of *Eucalyptus globulus* Labill. in Northern Tasmania. Aust. For. Res., 16. 131-44.

Gordon, A.; Graham, J.D. 1986. Changes in *Pinus radiata* stem form in response to nitrogen and phosphorus fertiliser. New Zealand Journal of Forestry Science. Vol. 16.

Hunter, I.R.; Graham, J.D.; Prince, J.M.; Nicholson, G.M. 1986. What site factors determine the 4 year basal area response of *Pinus radiata* to nitrogen fertiliser. New Zealand Journal of Forestry Science. Vol. 16.

INFOR 1988. IV Informe de actividades Período Abril 1987-Junio 1988 Proyecto Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. CORFO. junio.

Prado, J.A. y Barros, S. 1989. *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y manejo INFOR. CORFO Santiago, Chile.

Apéndice I

LISTA DE TRATAMIENTOS
ENSAYADOS EN LA
ZONA COSTERA-SUR DE LA
PROVINCIA DE CONCEPCION

FILA N°	TRATAMIENTO
1	TESTIGO
2	NO PO B1
3	NO PO B2
4	N1 PO BO
5	N1 PO B1
6	N1 PO B2
7	N2 PO BO
8	N2 PO B1
9	N2 PO B2
10	NO P1 BO
11	NO P1 B1
12	NO P1 B2
13	N1 P1 BO
14	N1 P1 B1
15	TESTIGO
16	TESTIGO
17	TESTIGO
18	TESTIGO

LISTA DE TRATAMIENTOS
ENSAYADOS EN LA ZONA
CORDILLERANA DE LOS ANDES
DE LA PROVINCIA DE BIO-BIO

FILA N°	TRATAMIENTO
1	TESTIGO
2	N1 PO BO KO
3	N2 PO BO KO
4	N1 P1 BO KO
5	N1 P1 B1 K1
6	N1 PO B1 KO
7	N1 PO BO K1
8	N2 P1 BO KO
9	N2 P1 B1 K1
10	N2 PO B1 KO
11	N2 PO BO K1
12	NO P1 B1 K1
13	NO PO B1 K1
14	NO P1 B1 KO
15	TESTIGO
16	TESTIGO
17	TESTIGO
18	TESTIGO

Apéndice 2

PROYECCION DEL CRECIMIENTO CON Y SIN USO DE N1 P1 B1 K1 EN LA ZONA PRECORDILLERANA DE LOS ANDES. PROVINCIA DE BIO-BIO

VARIABLE	TRATAMIENTO	
	N1 P1 B1 K1	TESTIGO
AÑO 5		
D.A.P. cm	12,39	9,52
Altura total m	9,94	7,63
Vol por árbol m ³ ssc. (Lisboa)	0,01841	0,00555
Vol por árbol m ³ ssc. (Díaz)	0,04071	0,01241
Vol por árbol promedio (Bio - Bio)	0,02955	0,01200
Vol por árbol m ³ ssc. (Tasmania)	0,02738	0,01241
PROYECCION FUTURA		
D.A.P. cm 10 años	18,33	14,08
D.A.P. cm 12 años	19,70	15,28
D.A.P. cm 15 años	21,70	16,68
D.A.P. cm 20 años	24,18	18,57
Altura total 10 años	27,75	27,72
Altura total 12 años	31,21	31,18
Altura total 15 años	36,04	35,80
Altura total 20 años	43,37	43,32
Vol por árbol m ³ ssc. 12 años	0,31820	0,19129
Vol por árbol m ³ ssc. 15 años	0,47486	0,27870
Vol por árbol m ³ ssc. 20 años	0,76036	0,44795
Densidad árbol/ha 5 años	957	716
Densidad árbol/ha 10 años	957	716
Densidad árbol/ha 15 años	886	668
Densidad árbol/ha 20 años	752	567
Vol total m ³ ssc. 15 años	421	186
Vol com m ³ ssc. 15 años	404 (96%)	160 (86%)
Vol total m ³ ssc. 20 años	572	254
Vol com m ³ ssc. 20 años	543 (95%)	226 (89%)

Diferencia en volúmen a los 15 años = 244 m³/ha
 Diferencia en volúmen a los 20 años = 317 m³/ha

Apéndice 3

ANALISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL TRATAMIENTO
DE 44,4 KG/HA DE SUPERFOSFATO TRIPLE
APLICADO EN LA PROVINCIA DE CONCEPCION

AÑO APLICACION DE ENMIENDA	COSTO ACTUAL \$/Ha	COSTO CAPITALIZADO				
		AÑO 15		AÑO 20		
		8%	12%	8%	12%	
0	1 jornada + leyes soc.	4.000				
	44 Kg/ha superfosfato (\$ 85)	3.778				
	18% IVA fertilizante	680				
	1/20 jornadas supervisión	200				
		8.658	27.465	47.390	40.355	83.518
1	1 jornada + leyes soc.	4.000				
	44 Kg/ha superfosfato (\$ 85)	3.778				
	18% IVA fertilizante	680				
	1/10 jornadas supervisión	400				
		8.858	26.018	43.290	38.228	76.292
2	2 jornadas + leyes soc.	8.000				
	88 Kg/ha superfosfato (\$ 85)	7.555				
	18% IVA fertilizante	1.360				
	1/10 jornadas supervisión	800				
		17.715	48.178	77.299	70.789	136.228
	GRAN TOTAL		101.661	167.979	149.372	296.038
	COSTO DE EQUILIBRIO \$/m ³ EN PIE		3.366	5.562	3.403	6.744
	BENEFICIO NETO - TASA DE INTERES	+	269	667	272	809
	PRECIO DE EQUILIBRIO \$/m ³ EN PIE		3.635	6.229	3.675	7.553

Apéndice 4

 ANALISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL
 TRATAMIENTO N1 P1 B1 K1 APLICADO POR 4 VECES
 ZONA DE PRECORDILLERA DE LOS ANDES SUELOS DE TRUMAO
 EN LA PROVINCIA DE BIO - BIO

AÑO APLICACION DE ENMIENDA	COSTO ACTUAL \$/Ha	COSTO CAPITALIZADO				
		AÑO 15		AÑO 20		
		8%	12%	8%	12%	
0	2 jornadas + leyes soc.	8.000				
	56 Kg/ha urea (\$ 96)	5.376				
	44,5 kg/ha superfosfato triple	3.783				
	33,3 kg/ha boronatrocalcita	1.931				
	56 kg/ha sulfato potasio	5.936				
	1/20 jornadas supervisión	400				
		25.426	80.856	139.171	118.509	245.267
1	4 jornadas + leyes soc.	16.000				
	112 Kg/ha urea (\$ 96)	10.752				
	89 kg/ha superfosfato triple	7.566				
	66,6 kg/ha boronatrocalcita	3.862				
	112 kg/ha sulfato potasio	11.872				
	1/20 jornadas supervisión	800				
		50.852	149.362	248.519	219.462	437.976
2	2 jornadas + leyes soc.	8.000				
	56 Kg/ha urea (\$ 96)	5.376				
	44,5 kg/ha superfosfato triple	3.783				
	33,3 kg/ha boronatrocalcita	1.931				
	56 kg/ha sulfato potasio	5.936				
	1/20 jornadas supervisión	400				
		25.426	69.149	110.946	101.603	195.525
	GRAN TOTAL		299.167	498.636	439.574	878.768
	COSTO DE EQUILIBRIO \$/m ² EN PIE		1.226	2.044	1.387	2.772
	BENEFICIO NETO = TASA DE INTERES	+	98	245	111	333
	PRECIO DE EQUILIBRIO \$/m ² EN PIE		1.324	2.289	1.498	3.105

DISTRIBUCION ESPACIAL Y CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN CHILE

Guillermo Julio Alvear (*)

RESUMEN

Se estudia el comportamiento de la ocurrencia de incendios forestales con el objeto de identificar los sectores y períodos en los cuales este problema alcanza los niveles críticos de mayor significación.

Para tal propósito, se analizaron alrededor de 45.000 incendios forestales registrados en el período 1979-88 por el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal, para el área comprendida entre las regiones Quinta y Décima, inclusives.

El estudio incluye además análisis de los efectos de la densidad poblacional y el clima en la localización espacial y cronológica de la ocurrencia de incendios forestales. Con los resultados obtenidos se pretende contribuir a la mejor planificación y programación del manejo del fuego en Chile.

Palabras claves : Manejo del Fuego, Ocurrencia de incendios forestales.

ABSTRACT

Forest fire occurrence is studied for identifying the sectors and periods where this problem has the highest critic levels.

For the purpose above described, around 45.000 forest fires recorded during 1979-88 on the Fire Management Statistic System of the Corporación Nacional Forestal, in the area comprised between the Fifth through Ninth Regions, were analyzed.

The study includes also analyses about the effects of population density and climate on the spacial and cronological distribution of the forest fires ocurrence.

It is expected that the results of the study will contribute for better planning of the forest fires management in Chile.

Keywords: Fire Management, Forest Fires Ocurrence.

(*) Ingeniero Forestal, Profesor del Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Casilla 9206, Santiago.

INTRODUCCION

BIBLIOTECA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES

Es un hecho ampliamente conocido que los incendios forestales constituyen un factor de destrucción grave y constante de los recursos naturales renovables. Este problema genera, en la mayoría de los países del mundo, un grave deterioro a los procesos de desarrollo basados en los productos forestales, además del impacto ambiental negativo de significación que se incrementa año tras año, por el efecto acumulativo que se provoca en la alteración de los ecosistemas (FAO, 1982).

Chile no está ajeno a este problema. De acuerdo a antecedentes proporcionados por Julio (1985), actualizados a febrero de 1991, las pérdidas ocasionadas por los incendios forestales ascienden a alrededor de 30 millones de dólares anualmente. Esto es, sin considerar el daño a los ecosistemas ni sobre los diversos servicios o beneficios intangibles que proveen los recursos naturales renovables.

Por tal razón, tanto la Corporación Nacional Forestal como la mayoría de las empresas forestales de importancia en el país, han establecido sistemas para el control de los incendios forestales que significan, en los actuales momentos, un desembolso estimado de siete millones de dólares al año, exclusivamente para financiar operaciones directas de prevención y combate.

Los montos indicados son, indudablemente, de consideración, y exigen que los sistemas de manejo del fuego que se apliquen sean, no sólo efectivos, sino que también altamente eficientes, a fin de asegurar que las asignaciones presupuestarias estén dirigidas preferentemente hacia los aspectos prioritarios del problema, y que los gastos mismos sean ejecutados de manera que retribuyan los mejores resultados.

Una limitación permanente en el desarrollo del manejo del fuego en Chile es el insuficiente aprovechamiento de la gran cantidad de información básica que se genera en la prevención y combate de los incendios forestales, lo que indudablemente afecta a la formulación de estrategias, la programación de las operaciones y el diseño mismo de los sistemas que requieren ser aplicados.

En tal sentido, el presente artículo pretende contribuir al mejor conocimiento de los incendios forestales en el país, analizando la ocurrencia en las zonas del territorio nacional que están siendo afectadas en mayor grado por este flagelo. Concretamente se ha perseguido el objetivo de analizar:

- La distribución espacial de la ocurrencia y los niveles de concentración de la misma.
- Los efectos del clima y la densidad poblacional en la distribución espacial de la ocurrencia.
- Las fluctuaciones de la ocurrencia en el transcurso de una temporada.

Los resultados del estudio, que vienen a corresponder en cierta medida al Análisis de Riesgos de incendios forestales en el país, contribuyen a la recolección de los antecedentes necesarios para la confección de una carta nacional de prioridades de protección, la que definitivamente podrá tenerse cuando, en estudios posteriores, se lleven a afecto el Análisis del Peligro y la Evaluación del Daño Potencial.

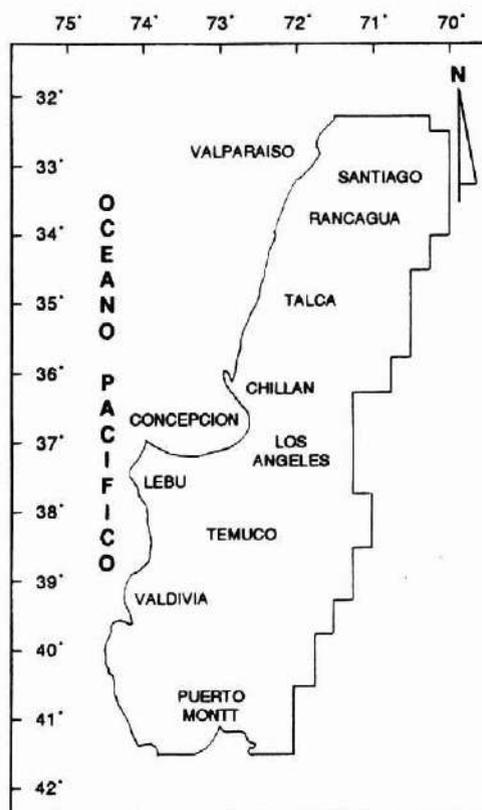
MATERIAL Y METODO

Area de Estudio

Se considera la extensión del territorio nacional comprendida entre los 32° 30' y 41° 45' de Latitud Sur (alturas de Zapallar en la V Región y Canal de Chacao en la X Región, respectivamente), el Mar de Chile y las altas cumbres de la Cordillera de los Andes (hasta los límites vegetacionales).

En el área señalada, que se puede apreciar mejor en la Figura 1 y que corresponde aproximadamente al 21,5% del territorio nacional, se produce alrededor del 96% de la ocurrencia de incendios forestales de todo el país (Julio 1989). Además, cabe señalar que en las regiones no consideradas en el estudio, la información disponible en la materia se consideró que no era suficientemente completa y confiable. En el Cuadro 1 se exponen algunos detalles del área de estudio.

Figura 1
AREA DE ESTUDIO



Cuadro 1
SUPERFICIES TOTAL Y POR REGIONES DEL AREA DE ESTUDIO

REGIONES	SUPERFICIE DE ESTUDIO (ha)	SUPERFICIE REGIONAL (ha)	%
QUINTA METROPOLITANA	1.046.760	1.637.820	63,9
SEXTA	1.038.830	1.578.170	65,8
SEPTIMA	1.509.140	1.594.970	94,6
OCTAVA	2.304.580	3.051.810	75,5
NOVENA	3.383.060	3.600.720	94,0
DECIMA	2.899.940	3.247.180	89,3
DECIMA	4.151.660	6.903.920	60,1
TOTAL	16.333.970	19.976.770	81,8

Información utilizada

Se recolectaron, en el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal, datos relativos a fichas de 45.055 incendios forestales, registrados en el área de estudio durante un período de 10 años (1979 - 88). El total de incendios forestales, clasificados por quinquenio y por Regiones, se exponen en el Cuadro 2.

Cuadro 2
NUMERO DE INCENDIOS FORESTALES CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO

REGIONES	SUB PERIODO 1979 - 83	SUB PERIODO 1984 - 88	TOTAL PERIODO 1979 - 88
QUINTA METROPOLITANA	4.536	5.838	10.374
SEXTA	2.030	2.967	4.997
SEPTIMA	1.452	1.251	2.703
OCTAVA	1.790	1.739	3.529
NOVENA	5.102	7.758	12.860
DECIMA	2.106	3.732	5.838
DECIMA	2.159	2.595	4.754
TOTAL	19.175	25.880	45.055

En cada ficha de incendio forestal se obtuvo la siguiente información:

- Fecha y hora de inicio del siniestro.
- Localización geográfica del punto de origen del fuego (GEOREF).
- Causa del incendio.

Sin embargo, los datos sobre la hora de inicio y causa del incendio se descartaron posteriormente del estudio, por estimarse de baja confiabilidad el registro de esa información. Igualmente, además de las 45.055 fichas consideradas, alrededor de otras 200 fueron eliminadas, principalmente por estar incompletas.

Los antecedentes climáticos corresponden a los publicados por Almeyda y Saez (1958), y se refirieron a los promedios de las variables que se indican, en un período de 30 años.

- Pluviometría de otoño.
- Pluviometría de primavera.
- Pluviometría de verano.
- Temperatura media de enero.
- Temperatura máxima promedio de enero.
- Nubosidad media anual.
- Cantidad anual de meses secos.
- Humedad relativa media de enero.

Estos antecedentes se complementaron con los registrados por 33 estaciones meteorológicas en el período 1985 - 88, recolectados y procesados por Julio (1989), en la confección del Índice de Ocurrencia de Incendios Forestales.

En cuanto a la información sobre Densidad Poblacional, se empleó la elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, publicada por el Instituto Geográfico Militar en 1988. Estos antecedentes están referidos a la población y la superficie de cada una de las comunas existentes dentro del área de estudio.

Unidades de superficie

Toda el área de estudio fue clasificada en unidades territoriales que correspondieron a las Cartas Regulares IGM, que a su vez coinciden con las Cartas Par de Letras del Sistema Cartográfico GEOREF, utilizadas por los Programas de Manejo de Fuego de la

Corporación Nacional Forestal y de las empresas forestales. Cada una de estas unidades territoriales contiene, en promedio, una superficie aproximada de 61.000 ha.

Estas unidades poseen una forma rectangular, alcanzan un total de 288 y 46 de éstas presentan una superficie parcial a la anteriormente indicada, por situarse principalmente en los límites con la costa del Mar de Chile.

Procesamiento de la información

Los antecedentes recolectados sobre incendios forestales se clasificaron en las unidades territoriales indicadas en el punto anterior, lo que no representa dificultad alguna, puesto que corresponden a la base cartográfica utilizada por el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal. Con el objeto de normalizar la presentación de los datos (debido a que no todas las unidades territoriales poseían la misma superficie), se aplicó el concepto de Densidad de Incendios propuesto por Simard (1975), que establece valores de la ocurrencia para una extensión constante e idéntica y por una unidad de tiempo. Para el presente caso, este indicador se expresó en términos de número de incendios ocurridos por año y para una superficie de 10.000 ha. En cambio, para los antecedentes climáticos y de densidad poblacional fue necesario calcular los valores promedios ponderados por unidad territorial. En el caso del clima, los antecedentes se expresaron en base al Índice de Clima, propuesto por Julio (1989) para la delimitación de Zonas de Riesgos, que relaciona las diferentes variables descritas en el punto anterior, ponderadas de acuerdo a su peso o importancia en la ocurrencia de incendios forestales.

Los antecedentes sobre incendios forestales, clima y densidad poblacional, una vez ordenados de acuerdo a lo ya expuesto y por unidades territoriales, fueron tratados con diferentes pruebas estadísticas, principalmente con correlaciones y regresiones, a fin de cumplir con los objetivos propuestos para el presente estudio.

En el análisis de concentración espacial y cronológica de los incendios se optó por la aplicación del Coeficiente Gini (Gini, 1936), que es utilizado frecuentemente por los economistas agrarios para evaluar el grado de distribución de la propiedad de la tierra. El diseño de este indicador permite su empleo en materias muy diversas, como lo demostró De Camino (1976), en su estudio de determinación de homogeneidad de rodales.

Para el presente caso, tal como se comprueba con los resultados obtenidos, se consideró apropiado el empleo del Coeficiente Gini, ajustando su fórmula original de manera que midiera las diferencias acumuladas entre el porcentaje de incendios forestales

realmente ocurridos y el porcentaje teórico de ocurrencia en las clases correspondientes.

En la aplicación del Coeficiente, tanto para cada región en particular como para el total del área de estudio, se establecieron 10 clases de idéntica magnitud dentro de los límites dados por las unidades territoriales que presentaron la mínima y máxima ocurrencia. Es decir, la ocurrencia teórica por clase fue siempre la misma en cada una de las aplicaciones del método y es lo que correspondería al caso de una ocurrencia real con una distribución perfecta o totalmente homogénea.

En consecuencia, la fórmula aplicada fue la siguiente:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (N_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} (N_i - V_i)}$$

donde:

H = Coeficiente de Concentración de Incendios Forestales.

N_i = Suma del % de ocurrencia teórica hasta la clase i.

V_i = Suma del % de ocurrencia real hasta la clase i.

El coeficiente posee una variación teórica que va desde 1 hasta el infinito, pero en la práctica no se observan valores superiores a 11 (De Camino, 1976). Mientras mayor es el valor, más alto es el nivel de homogeneidad en la distribución espacial de los valores (en el presente caso, la mayor desconcentración de la ocurrencia). Por el contrario, el valor 1,0 estará indicando la máxima concentración espacial o cronológica de la ocurrencia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad de Incendios Forestales

Se comprobó una significativa diferencia entre los valores promedios de densidad de incendios obtenidos para el total del período 1979 - 88, calculados por Regiones, tal como se puede apreciar en el Cuadro 3.

Cuadro 3
DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES EN EL TOTAL DEL AREA
DE ESTUDIO Y POR REGIONES. DECENIO 1979-88

REGION	DENSIDAD DE INCENDIOS (Incend./Año/10.000 ha)	CALIFICACION
QUINTA	9,91	EXTREMA
METROPOLITANA	4,81	ALTA
SEXTA	1,79	MEDIA
SEPTIMA	1,53	MEDIA
OCTAVA	3,80	ALTA
NOVENA	2,01	MEDIA
DECIMA	1,15	BAJA
TOTAL	2,76	

El valor correspondiente a la V Región conduce a calificarla como de una extrema de densidad de incendios forestales, puesto que excede en varias veces a los calculados en las otras regiones del área de estudio. En la posición opuesta, se observa para la X región el menor valor, con una calificación relativa de muy baja densidad.

El valor de 2,76 incendios forestales por año y por 10.000 ha, obtenido para el total del área de estudio podría calificarse como de densidad media, en comparación a los niveles que poseen otros países, según se puede apreciar en el Cuadro 4.

Cuadro 4
DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES EN DIVERSOS PAISES

PAIS	DENSIDAD INCENDIOS (Inc./Año/10.000 ha)	PAIS	DENSIDAD INCENDIOS (Inc./Año/10.000 ha)
ISRAEL	61,00	GRECIA	1,41
PORTUGAL	7,47	REINO UNIDO	1,24
ITALIA	7,22	ALEMANIA FEDERAL	0,88
FRANCIA	5,13	SUECIA	0,74
EE.UU.	3,54	SUIZA	0,44
IRLANDA	3,23	AUSTRIA	0,42
R.D.A.	2,76	CANADA	0,25
ESPAÑA	2,38	FINLANDIA	0,22

FUENTE : FAO (1982)

Sin embargo, debe señalarse que si en el cálculo de la densidad de incendios para Chile hubiera sido posible incluir los antecedentes correspondientes a las regiones IV, XI y XII, es indudable que el valor de 2,76 habría resultado notablemente más bajo (estimativamente, entre 1,0 y 1,3).

Lamentablemente no fue posible establecer una comparación entre Chile y otros países latinoamericanos, debido a la inexistencia de registros confiables en éstos últimos.

Distribución Espacial de la Ocurrencia

Los resultados obtenidos a nivel de unidad territorial (alrededor de 61.000 ha), reflejan en mayor grado las diferencias que existen en la densidad de incendios entre distintos sectores del área de estudio.

En el Cuadro 5, en donde se presentan en forma resumida y ordenados según categorías de densidad de incendios, los valores obtenidos para la totalidad de unidades territoriales, se aprecian las fluctuaciones antes mencionadas.

Cuadro 5

VARIACION DE LA DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES AL NIVEL DE UNIDADES TERRITORIALES. DECENIO 1979-88

CATEGORIA DE DENSIDAD	RANGO DE DENSIDAD (Incend./Año/10.000 ha)	NUMERO DE UNIDADES TERRITORIALES	%
NULA	0	8	2,78
MUY BAJA	0,01 - 0,10	34	11,81
BAJA	0,11 - 1,00	109	37,85
MEDIA	1,01 - 3,00	81	28,12
ALTA	3,01 - 10,00	34	11,81
EXTREMA	> 10,00	22	7,64

Es interesante señalar que el 7,64% de las unidades territoriales, correspondientes a la categoría de extrema densidad, concentraron alrededor del 51% del total de la ocurrencia registrada en el período de estudio (22.978 incendios forestales).

Las unidades territoriales en que se observaron los mayores valores de densidad de incendios forestales, se presentan a continuación en el Cuadro 6.

Cuadro 6
UNIDADES TERRITORIALES CON LOS MAYORES VALORES
DE DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES. DECENIO 1978-88

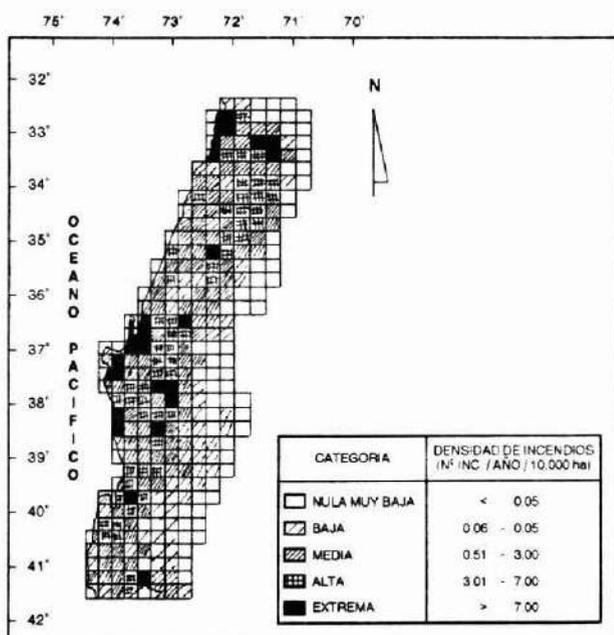
CARTA GEO - REF	CARTA REGULAR IGM	REGION	DENSIDAD INCENDIOS (Inc./Año/10.000 ha)
AU	VALPARAISO	V	100,48
AO	QUINTEROS	V	65,49
GA	CONCEPCION	VIII	44,28
BF	SANTIAGO	RM	40,38
AV	QUILPUE	V	32,60
ET	TOME	VIII	22,93
GL	CORONEL	VIII	16,01
AP	LIMACHE	V	15,55
GT	CURANILAHUE	VIII	14,73
ES	TALCAHUANO	VIII	14,65

En general se observó que la ocurrencia de incendios forestales tiende a concentrarse en núcleos bien definidos, destacándose sectores tales como la costa central de la V Región, alrededores de la ciudad de Santiago, costa de las provincias de Concepción y Arauco y alrededores de la ciudad de Los Angeles.

En cambio, los sectores con menores valores de densidad de incendios forestales se ubican preferentemente en la precordillera y cordillera andina, prácticamente en toda la extensión del área de estudio.

La distribución espacial de la ocurrencia puede apreciarse en mejor forma en la Figura 2.

Figura 2
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA
DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES



Concentración Espacial de la Ocurrencia

Tal como se indicó en el punto Material y Método, la concentración de la ocurrencia de incendios forestales para el total del área de estudio y cada una de las Regiones comprendidas, fue evaluada estadísticamente a través del empleo del Coeficiente Gini. En el Cuadro 7 se expone un resumen de los resultados de la aplicación de ese indicador.

Cuadro 7
VALORES DEL COEFICIENTE GINI PARA EL TOTAL DEL AREA
DE ESTUDIO Y PARA CADA UNA DE LAS REGIONES

REGION	COEFICIENTE GINI
QUINTA	1,113
METROPOLITANA	1,305
SEXTA	1,972
SEPTIMA	1,752
OCTAVA	1,323
NOVENA	1,528
DECIMA	1,484
TOTAL	1,279

En términos generales, para el total del área de estudio y también en todas las Regiones, los valores del Coeficiente Gini reflejan una alta concentración de la ocurrencia, por la proximidad de todos ellos a 1,0, que expresa la máxima concentración teórica de la ocurrencia. Este resultado viene a corroborar lo expuesto en el punto anterior, referido al análisis de la distribución espacial de la densidad de incendios forestales.

Se reitera la situación de la V Región por la alta concentración y elevados niveles de ocurrencia. También los resultados de la aplicación del indicador Gini reafirman la condición de la Región Metropolitana y de la VIII Región como zonas críticas en el sentido que la mayoría de los incendios forestales se localizan en unos pocos sectores.

No obstante, las menores concentraciones espaciales se comprueban en las Regiones VI y VII, que anteriormente se señalaron con un nivel medio de densidad de incendios forestales. Esto lleva a concluir que no existiría una asociación absolutamente

clara entre los niveles de densidad de incendios forestales y el grado de concentración de la ocurrencia misma, que se comprueba con el cálculo del respectivo coeficiente de correlación ($r = 0,756$ para 6 grados de libertad, que corresponde a un nivel de significación de 0,05).

Efectos de la Densidad Poblacional en la Distribución Espacial de la Ocurrencia.

En países como Chile, donde prácticamente la única causa de los incendios forestales es la actividad humana, es lógico suponer la estrecha relación que debe existir entre la ocurrencia y la densidad poblacional. En el presente estudio se pretendió comprobar esa hipótesis, y un resultado resumido de ello puede observarse en el Cuadro 8.

Cuadro 8

RELACIONES ENTRE LA DENSIDAD POBLACIONAL Y LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES. QUINQUENIO 1984-88

DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/km ²)	DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES (Inc. Año/10.000 ha) REGIONES							TOTAL
	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	
> 5	---	---	0,83	---	0,06	0,12	0,15	0,104
6 - 10	0,18	0,42	0,46	0,34	0,55	0,58	0,41	0,429
11 - 15	---	0,70	1,02	1,16	0,69	1,84	0,96	1,132
16 - 20	0,89	1,70	0,79	1,43	2,26	3,22	0,82	1,640
21 - 25	4,61	1,26	1,72	1,59	3,35	2,36	0,91	2,293
26 - 30	0,02	0,02	2,75	2,40	3,56	3,30	2,38	2,864
31 - 50	0,34	0,79	2,46	1,70	4,71	3,81	3,03	2,926
51 - 100	3,07	3,87	3,57	---	7,56	3,68	3,77	4,409
101 - 300	16,91	0,95	1,55	7,12	12,61	9,22	---	9,680
> 300	88,44	14,50	---	---	21,40	---	---	28,146
CORREL (r)	0,365	0,823	0,595	0,619	0,263	0,370	0,437	0,424
GRADOS LIB.	23	24	29	43	70	55	78	286
NIVEL SIGNIF.	0,1	0,001	0,001	0,001	0,05	0,01	0,001	0,01

Los antecedentes expuestos comprueban la hipótesis de la existencia de una muy alta asociación entre la densidad poblacional y la densidad de incendios forestales, tanto para el total del área de estudio como para cada una de las Regiones comprendidas en ella.

No obstante, al comparar los niveles de significación del coeficiente de correlación entre los valores calculados por Regiones, se observan algunas diferencias interesantes de destacar y discutir.

En efecto, las Regiones con los menores valores promedios de densidad poblacional (VI, VII, IX y X), presentan los niveles más altos de asociación entre las variables analizadas. La excepción se encuentra en la Region Metropolitana, lo que podría explicarse por la existencia, al interior de la ciudad de Santiago, de numerosas áreas verdes que poseen una alta tasa de ocurrencia (Parque Metropolitano, La Reina, Las Condes, etc.).

En cambio, en las Regiones V y VIII, que poseen una alta densidad poblacional promedio, la asociación con la densidad de incendios forestales, siendo también significativa, es la más baja. En este caso, la explicación podría estar dada por la escasa ocurrencia al interior de las ciudades (con la excepción del Cerro Caracol en Concepción), y por el poderoso efecto que constituye el desplazamiento de la población hacia las áreas boscosas localizadas en los alrededores de los centros urbanos y otros lugares distantes de las ciudades mismas.

Efectos del Clima en la Distribución Espacial de la Ocurrencia de Incendios Forestales.

Las condiciones ambientales que prevalecen en el transcurso de la temporada de verano, expresadas por medio del Índice Climático ya descrito en el punto Material y Método, a diferencia de lo observado con la densidad poblacional, no demuestran un grado de asociación tan significativa con la densidad de incendios forestales.

La correlación para el total del área de estudio, aunque presenta un valor inferior al calculado para el caso anterior (Densidad Poblacional / Ocurrencia), refleja también un alto nivel de significación (0,01). Sin embargo, este resultado aparentemente se origina por el efecto de una suerte de compensación al promediar los resultados obtenidos a nivel de Regiones.

Tal como puede comprobarse al analizar el Cuadro 9, existen diferencias importantes entre las Regiones, no sólo entre los niveles de asociación entre el Clima y la Ocurrencia, sino que también en la distribución de los valores según los rangos del Factor Climático considerados.

Cuadro 9
RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y LA OCURRENCIA DE
INCENDIOS FORESTALES. QUINQUENIO 1983-88

FACTOR CLIMA	DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES (Inc. Año/10.000 ha)							TOTAL
	REGIONES							
	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	
1 - 10	---	---	---	---	---	---	0,50	0,50
11 - 20	---	---	---	---	0,03	0,30	1,51	1,22
21 - 30	---	---	---	---	0,03	1,49	1,42	1,21
31 - 40	---	0,13	---	0,03	3,34	3,22	---	3,19
41 - 50	---	---	0,49	0,41	7,24	4,89	---	4,12
51 - 60	4,18	0,50	1,13	1,74	4,52	5,02	---	3,30
61 - 70	15,74	1,29	2,57	1,67	2,10	---	---	4,14
71 - 80	0,83	10,61	---	7,12	---	---	---	6,60
CORREL (r)	0,187	0,351	0,525	0,371	0,182	0,483	0,122	0,184
GRADOS LIB.	23	24	29	43	70	55	78	286
NIVEL SIGNIF.	0,15	0,05	0,01	0,02	0,15	0,001	0,20	0,01

Incluso, a excepción de la Región IX, en todos los casos la correlación es de una clara menor significación que la calculada en los respectivos análisis de asociación entre la Densidad Poblacional y la Ocurrencia.

Si se comparan los valores de correlación calculados para las regiones, expuestos en los Cuadros 8 y 9, podrá observarse que, en general, a mayor grado de asociación de la ocurrencia de incendios forestales con la densidad poblacional, corresponde un menor nivel de significación con el Clima, y viceversa. Esta situación, que no se refleja claramente en las Regiones V y VIII, estaría señalando que los factores estudiados provocan un efecto diferente y de peso variable en la iniciación de incendios.

Efecto Combinado en la Densidad Poblacional y el Clima en la Distribución Espacial de la Ocurrencia de Incendios Forestales.

Anteriormente, al comparar separadamente los niveles de asociación de la densidad poblacional y del clima con la distribución espacial de la ocurrencia, se observó el diferente efecto que provocan estas variables, lo que es claramente explicable por la distinta naturaleza del fenómeno que ellas representan.

Sin embargo, al analizar el efecto combinado de éstas mismas variables se comprueba que es acumulativa la influencia que ellas ejercen en la ocurrencia, tanto para cada una de las Regiones, como para el total del área de estudio.

Cuadro 10
RELACION COMBINADA DENSIDAD POBLACIONAL/CLIMA Y LA
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS
FORESTALES. QUINQUENIO 1984-88

REGION	CORREL. (r)	GRADOS LIBERTAD	NIVEL SIGNIFIC.	RECTA DE REGRESION (*)
V	0,195	22	0,050	$Y = 73,75 + 0,044 \times 1 - 1,00 \times 2$
RM	0,681	23	0,001	$Y = -3,07 + 0,008 \times 1 + 0,059 \times 2$
VI	0,431	28	0,001	$Y = -3,009 + 0,016 \times 1 + 0,068 \times 2$
VII	0,423	42	0,001	$Y = -1,49 + 0,028 \times 1 + 0,037 \times 2$
VIII	0,100	69	0,010	$Y = -3,84 + 0,028 \times 1 + 0,173 \times 2$
IX	0,296	54	0,001	$Y = -2,34 + 0,036 \times 1 + 0,120 \times 2$
X	0,192	77	0,001	$Y = 0,337 + 0,055 \times 1 + 0,0065 \times 2$
TOTAL	0,189	286	0,001	$Y = 0,736 + 0,014 \times 1 + 0,037 \times 2$

(*) Y - Densidad de Incendios Forestales (Nº Inc./Año/10.000 ha).

X1 - Densidad Poblacional (Nº Hab./Km²).

X2 - Factor Clima (Escala 1 a 100).

Los antecedentes expuestos revelan, para la mayoría de los casos una asociación con un extremadamente elevado nivel de significación (0,001). Sólo se escapan a esta tendencia la VIII Región, que también posee un alto grado de asociación (nivel de 0,01), y la V Región que, aunque igualmente observa una correlación significativa (nivel 0,05), su valor es inferior.

Distribución Cronológica de la Ocurrencia de Incendios Forestales.

Chile es un país notable en cuanto a la neta definición de la temporada de ocurrencia de incendios forestales, debido a la presencia, en todo su territorio, de un verano seco con temperaturas muy altas y un invierno que concentra las precipitaciones con temperaturas bajas. Esta condición no es frecuente en la mayoría de las zonas del planeta.

La temporada de incendios forestales, entendiéndose por tal al período del año que presenta una ocurrencia que justifica económicamente la operación de sistemas de combate (Brown and Davis, 1973), presenta una extensión que fluctúa entre 3 y 7 meses,

dependiendo de la latitud y, en consecuencia, de la duración de la estación seca.

No obstante, al analizar un lapso de 6 meses (noviembre a abril, inclusive), durante cinco temporadas (1984 a 1988), se observa un comportamiento de la curva de ocurrencia que difiere al comparar las diferentes Regiones consideradas en el estudio (Cuadro 11).

La distribución cronológica de la ocurrencia, expresada en el Cuadro 11 por medio de la cantidad total de incendios forestales registrados en cinco temporadas y clasificados en períodos de un tercio mensual de extensión, revelan una tendencia general que se asemeja a la de una curva normal.

Cuadro 11
DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS
FORESTALES POR REGIONES Y PARA EL TOTAL DEL
AREA DE ESTUDIO. QUINQUENIO 1984-88

PERIODO DE LA TEMPORADA	REGIONES (Total de Incendios Forestales)							Total Area de Estudio
	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	
NOVIEMBRE								
01 - 10	64	18	1	7	52	0	2	144
11 - 20	163	111	7	24	129	7	2	443
21 - 30	210	192	12	47	190	23	49	723
DICIEMBRE								
01 - 10	432	279	55	67	277	67	56	1233
11 - 20	537	294	48	81	389	142	124	1615
21 - 31	595	228	66	125	480	261	218	1973
ENERO								
01 - 10	674	285	92	159	680	336	356	2582
11 - 20	559	291	121	169	606	336	375	2467
21 - 31	549	239	165	190	809	400	325	2677
FEBRERO								
01 - 10	372	231	110	168	898	395	280	2454
11 - 19	242	127	88	151	581	368	278	1835
20 - 29	359	160	94	131	608	271	171	1794
MARZO								
01 - 10	187	129	90	102	766	592	167	2033
11 - 20	175	121	66	89	588	282	148	1469
21 - 31	221	95	79	109	367	148	25	1044
ABRIL								
01 - 10	149	74	69	56	227	88	0	663
11 - 20	147	47	55	31	49	9	0	338
21 - 30	101	41	30	17	38	4	0	231
TOTAL	5736	2962	1248	1723	7724	3729	2576	25698
(%)	98,2	99,8	99,8	99,1	99,6	99,9	99,3	99,7

Es indudable que esta tendencia es producto del efecto regulador que provocan los factores climáticos, que a fines de primavera comienzan a apreciarse cada día con una mayor intensidad, llegando a un período de máxima sequía y temperatura en la mitad de la temporada, para luego decrecer paulatinamente con la aproximación del otoño.

En la Figura 3 se puede apreciar gráficamente el comportamiento de la ocurrencia en el transcurso de la temporada, expresada ahora en términos del número promedio de incendios diarios producidos. Allí es fácil observar que, para el total del área de estudio, la normalidad de la tendencia es más clara que en las curvas de las respectivas Regiones comprendidas en ella. Sin embargo, esta curva está afectada levemente por un segundo período de máxima ocurrencia, que se presenta en el primer tercio de marzo y que corresponde a la época que en mayor grado se aplican quemas controladas para la eliminación de desechos en la preparación de terrenos destinados a cultivos agrícolas y a la forestación o reforestación.

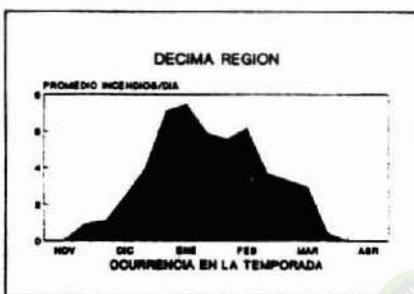
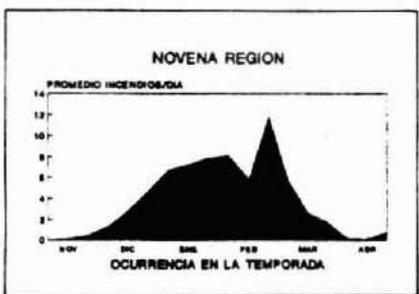
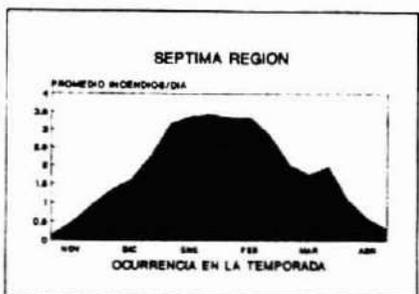
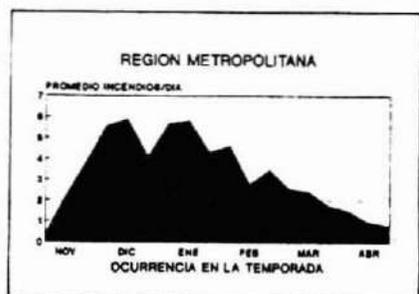
Al analizar separadamente las curvas de la ocurrencia por Regiones, se observa que el segundo período de máxima ocurrencia se va presentando en una forma más notoria hacia el sur del área de estudio, donde la actividad forestal es mayor. La excepción la constituye la V Región, lo que es explicable por la existencia de una importante superficie de plantaciones en su zona costera.

Igualmente, el momento de máxima ocurrencia no se presenta en el mismo período en todas las Regiones. Se puede comprobar que el lapso con la mayor cantidad de incendios se va atrasando a medida que se recorren las Regiones de norte a sur. En efecto, en las Regiones V y Metropolitana, ello se verifica entre mediados de diciembre y mediados de enero; en cambio, en la VI y VII ocurren en el tercer tercio de enero, en la VIII a comienzos de febrero y en la IX a comienzos de marzo. Es indudables que este fenómeno puede estar dado por el inicio del período de sequía, que es más temprano en el norte.

Otro aspecto interesante a destacar en el comportamiento de la ocurrencia son las características del comienzo y término de la temporada de incendios forestales. Al observar las curvas expuestas en la Figura 3, puede comprobarse que en las Regiones del norte, el comienzo de la temporada es violento, en cuanto al incremento del número de incendios diarios que se producen y, al mismo tiempo, una vez pasado el lapso de máxima ocurrencia, esta tasa va decreciendo suavemente. En cambio, en las regiones del sur la tendencia se manifiesta justamente de una manera inversa, con un inicio muy suave o paulatino, pero con lapso demasiado corto entre el momento de máxima ocurrencia y el término mismo de la temporada.

También, el fenómeno recién descrito, puede ser explicado por el efecto regulador del clima en la ocurrencia, porque en el norte ya en la primavera comienzan a sentirse

Figura 3
 DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN EL TOTAL DEL AREA DE ESTUDIO Y POR REGIONES QUINQUENIO 1984-88



los efectos del período seco y cuando las temperaturas suben la tasa de incendios se incrementa aceleradamente. Ello no ocurre en el sur, porque por lo general la primavera es lluviosa, y el efecto de la temporada seca es gradual.

Respecto al término de la temporada de ocurrencia, en el norte la tasa desciende lentamente porque la sequía se prolonga en el otoño. En cambio, en el sur, las lluvias aparecen regularmente en forma anticipada, a comienzos de otoño, lo que provoca el cese repentino de inicio de incendios forestales.

También se ha considerado de interés analizar el grado de concentración de la ocurrencia de incendios forestales en el transcurso de la temporada. Para tal propósito se aplicó el Coeficiente de Gini, cuyos resultados se exponen en el Cuadro 12.

Cuadro 12

GRADO DE CONCENTRACION DE LA DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA, SEGUN EL COEFICIENTE DE GINI, PARA EL TOTAL DEL AREA DE ESTUDIO Y POR REGIONES (1984-88)

REGION	COEFICIENTE GINI
QUINTA	1,738
METROPOLITANA	3,076
SEXTA	2,913
SEPTIMA	2,869
OCTAVA	2,665
NOVENA	2,035
DECIMA	1,829
TOTAL	2,817

De estos resultados se puede comprobar que el máximo de la concentración de la ocurrencia, es decir, la mayor cantidad de incendios forestales en el lapso de menor extensión, se observa en las regiones V y X. En la primera de ellas, aunque la ocurrencia se presenta en forma significativa en todo el período de 6 meses estudiado, sólo en 60 días (diciembre y enero), se produce alrededor del 58% de ella. Esta situación puede atribuirse al efecto del clima marítimo en la zona costera, que provoca un descenso de la temperatura y un aumento de la humedad relativa antes de que termine el verano propiamente tal.

En cambio, en la X Región, la alta concentración de la ocurrencia se debe a la menor extensión de la temporada, debido a la presencia de precipitaciones inmedia-

tamente antes y después del verano.

Por el contrario, las menores concentraciones de la ocurrencia se observan en las Regiones Metropolitana y Sexta, que están afectadas por un clima mediterráneo, con un período más prolongado de altas temperaturas y sequía.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio (Quinta a Décima Regiones, inclusives) y por un período de 10 años (temporadas 1978 / 79 a 1987 / 88), permiten expresar las siguientes conclusiones principales:

a) La densidad de incendios forestales, cuyo promedio general se estimó en 2,76 incendios ocurridos anualmente y por cada 10.000 ha, podría ser considerada como de un nivel medio, en comparación con la registrada en otros países que poseen estadísticas confiables.

b) Sin embargo, al comparar los valores de densidad de incendios entre las diferentes Regiones del país, se observan diferencias significativas, que varían desde la Quinta Región que posee un nivel extremo (9,911 incendios por año y por 10.000 ha) hasta la Décima Región, cuyo nivel puede ser calificado como bajo (1,145 incendios por año y por 10.000 ha).

c) En general, los valores más altos de la densidad de incendios forestales tienden a presentarse básicamente en unos pocos núcleos, que se caracterizan por una elevada tasa de acurrencia, entre los cuales cabe destacar a las zonas costeras de la provincias de Valparaíso, Concepción y Arauco, y los alrededores de las ciudades de Santiago, Chillán, Los Angeles y Puerto Montt. Debe señalarse, al respecto, que en alrededor del 7% del área de estudio se concentra sobre el 50% de los incendios forestales registrados.

d) La distribución espacial de los incendios forestales fué evaluada por medio del Coeficiente de Gini, a través del cual se volvió a comprobar, para el total del área de estudio, una significativa concentración de la ocurrencia, avalada por el valor calculado de 1,279. En el análisis de las Regiones, los mayores niveles de concentración se presentaron en las Regiones Quinta, Metropolitana y Octava, que observaron coeficientes de 1,113, 1,305 y 1,323, respectivamente. Por el contrario, aunque también con elevados niveles de concentración de la ocurrencia, los valores más bajos del coeficiente correspondieron a los de las Regiones Sexta y Séptima (1,972 y 1,752, respectivamente).

e) Se comprobó un estrecha asociación entre la densidad poblacional y la densidad de incendios forestales, tanto para el total de área de estudio como para cada una de las

Regiones comprendidas en ella. No obstante, al comparar los valores de las Regiones, se observaron diferencias importantes en los valores del coeficiente de correlación.

f) Llama la atención que las Regiones con las menores densidades poblacionales (Sexta, Séptima, Novena y Décima) son justamente las que presentan los niveles más altos de asociación con la densidad de incendios. La excepción está constituida por la Región Metropolitana, lo que podría atribuirse a la presencia de diversas zonas de elevada ocurrencia al interior mismo de la ciudad de Santiago.

g) Contrariamente a lo recién expuesto, las regiones Quinta y Octava, que poseen elevadas densidades poblacionales, presentan, aunque también significativos, los niveles más bajos de correlación con la densidad de incendios forestales. En éste caso, la explicación podría atribuirse a la generalmente escasa ocurrencia registrada al interior de las ciudades mismas, y por el poderoso efecto que constituye el desplazamiento de la población hacia las áreas boscosas localizadas en los alrededores de los centros urbanos y otros sectores más distantes.

h) Respecto a la influencia del clima, también se constató para el total del área de estudio una correlación significativa de éste factor con la densidad de incendios forestales. Sin embargo, los niveles de asociación son menores que los encontrados en el análisis del efecto de la densidad poblacional.

i) En el análisis del efecto del clima por Regiones, se comprobó en todos los casos una correlación significativa con la densidad de incendios forestales, aunque se reiteraron niveles más bajos de asociación que los observados en las respectivas evaluaciones efectuadas con la densidad poblacional. Solamente en la Novena Región se determinó un efecto más importante del clima en la ocurrencia.

j) Es interesante destacar que los efectos de los factores densidad poblacional y clima, aunque son claramente de una muy diferente naturaleza, son acumulativos. Esto se comprobó al analizarlos en forma combinada respecto a la asociación con la densidad de incendios forestales, por cuanto se obtuvieron los niveles más elevados de correlación. Tanto para el total del área de estudio como para las Regiones, el grado de significación fué del orden de 0,001. Sólo escapan a esta tendencia las regiones Quinta y Octava, que observaron niveles de 0,05 y 0,01, respectivamente, lo que representa indudablemente un alto nivel de asociación.

k) En cuanto al comportamiento de la ocurrencia en el transcurso de la temporada, basado en el promedio de un período de cinco años, se determinó que la tendencia de la curva para el total del área de estudio, expresada en el promedio del número de incendios diarios, se asemeja a la normalidad, con un período máximo crítico que se extiende entre mediados de diciembre y mediados de enero. Sin embargo, esta curva está afectada levemente por

un segundo período de máxima ocurrencia en el primer tercio de marzo, el que se atribuye al efecto de la época en la cual se efectúa un mayor uso del fuego en la preparación de terrenos para cultivos agrícolas y forestales.

l) En el análisis por Regiones, se observó que este segundo período crítico de ocurrencia se va presentando en una forma más notoria hacia el sur del área de estudio, justamente en donde la actividad forestal es de mayor dimensión e intensidad. La excepción la constituye la Quinta Región, lo que es explicable por la existencia de una importante superficie de plantaciones en su zona costera.

m) También se comprobó que el período de máxima ocurrencia se va atrasando en la medida que se recorren las Regiones de norte a sur, observándose que en la Quinta Región se presenta a mediados de diciembre, luego, en las regiones Sexta y Séptima en el tercer tercio de enero, en la Octava a mediados de febrero y, en la Novena, a comienzos de marzo. La explicación de éste fenómeno puede estar dada por el inicio del período de sequía, que es más temprano en el norte.

n) Por otra parte, el comienzo de la temporada es considerablemente más violento en las Regiones del norte que en las del sur, en lo que respecta al incremento del número de incendios diarios que se producen, lo que también puede atribuirse al efecto regulador del clima, porque en el norte los efectos de la sequía ya comienzan a sentirse a fines de la primavera, y cuando las temperaturas suben, la tasa de incendios se incrementa aceleradamente.

ñ) Contrariamente a lo expuesto precedentemente, el término de la temporada es más paulatino en las Regiones del norte, porque la sequía puede prolongarse hasta mediados o fines de otoño. En cambio, en las regiones del sur, el término abrupto a la ocurrencia se explica por el más temprano inicio del período de lluvias, que frecuentemente se presenta a comienzos del otoño, incluso a fines del verano.

o) Finalmente, el grado de concentración de la ocurrencia en el transcurso de la temporada fué también evaluado a través del Coeficiente de Gini, determinándose un alto nivel para el total del área de estudio y para todas las regiones, aunque de menor significación que los valores calculados en el análisis de la distribución espacial.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Almeyda y Saez, F. 1958 Recopilación de datos climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivos. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 125 p.

Brown, A. A., Davis, K. P. 1873 Forest fire control and use. Mc Graw Hill, N. York. 686 p.

Corporación Nacional Forestal 1989 Registros de incendios forestales. Sistema Estadísticos de Manejo del Fuego - Temporada 1978 / 79 a 1987 / 88.

De Camino, R. 1976 Determinación de la homogeneidad de rodales. Bosque. Fac. Cs. Forestales, U. Austral de Chile. Valdivia. Vol. 1 (2) 110:115.

Gini, C. 1936 Li base scientifiche della politica della popolazione. Catania, Italia. 80 p.

Instituto Geográfico Militar 1988 Atlas geográfico de Chile para la educación . Publicación IGM, Santiago. 138 p.

Julio, G. 1985 Análisis del manejo del fuego en Chile y la necesidad de investigar en la materia. In: Simposio Pinus radiata - Investigación en Chile. U. Austral, Valdivia. Tomo I 305 - 324.

Julio, G. 1989 Índice de ocurrencia de incendios forestales. U. Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales, Valdivia. Serie Técnica, Inf. Convenio 166. 38 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1982 Statistiques des incendies de forêt. Bull. du Bois pour Europe, Vol. 34, Supl. 10. Génova, Suiza. 24 p.

Simnard. A. 1975 Wildland fire occurrence in Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa 12 p.

USO DE LA CLASIFICACION ESTRUCTURAL MECANICA Y VISUAL PARA PREDECIR LA ZONA DE RUPTURA DE LA MADERA SOMETIDA A COMPRESION

Alberto Campos Barker (*)

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar la exactitud de la clasificación estructural mecánica y de la clasificación estructural visual para predecir la zona de ruptura de una pieza de madera sometida a compresión.

Usando parámetros relacionados con la clasificación estructural mecánica se obtuvo un 42% de exactitud en la predicción de la zona de ruptura, usando parámetros relacionados con la clasificación estructural visual se obtuvo un 56% de exactitud.

Sin embargo, la exactitud aumentó a un 68% cuando se consideraron ambos parámetros a la vez. Esto demostró que para lograr en la práctica un eficiente proceso de clasificación ambos sistemas deben ser aplicados en línea en un aserradero.

ABSTRACT

A study to determine the compressive failure zone was carried out, machine stress grading and visual grading criteria were used as predictor parameters.

Pieces failed 42% of the time in the weakest zones indicated by machine stress grading criteria and 56% of the time in zones indicated by visual grading criteria. However, 68% of accuracy in the prediction of the weakest zone was obtained when both visual and mechanical parameters were combined. This increase shows that to obtain an efficient grading process, visual override must be performed in the sawmills.

(*) Ingeniero Civil, División Industrias, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Casilla 3085, Santiago
Candidato a Master Of Science, Department of Forest Engineering, University of New Brunswick
P.O. Box 4400, Fredericton, New Brunswick, Canadá E3B 5A3

INTRODUCCION

Grandes progresos se han realizado en este siglo para transformar a la madera de un material practicamente artesanal en un material de uso ingenieril. Mejores técnicas de manejo forestal, mejores procesos de aserrío, eficientes métodos de secado y un adecuado proceso de clasificación estructural, han hecho posible que hoy sea considerada en muchos países un confiable material de construcción (Madsen 1990).

Uno de los grandes pasos dados hacia la uniformidad de la calidad de la madera es la clasificación estructural, la cual agrupa a piezas con características similares bajo un grupo común. Esto permite separar calidades y por ende reducir notablemente la variabilidad en las propiedades de la madera.

En la actualidad existen dos procesos de clasificación estructural: visual y mecánica (NLGA 1987). El primero se basa en la inspección visual de la pieza por parte de personal especializado, el cual la clasifica de acuerdo a sus características visibles: nudos, arqueadura, desviación de la fibra, etc. El segundo, clasificación estructural mecánica, se basa en la estimación de la rigidez o módulo de elasticidad (MOE) de la madera a través del cual se predice su resistencia, usando relaciones entre rigidez y resistencia determinadas en investigaciones (Logan 1990). Estas relaciones permiten, conociendo la rigidez de la madera, obtener sus tensiones de flexión, tracción y compresión (Fewell 1984).

El grado que se le asigna a cada pieza después de ser clasificada mecánicamente es el correspondiente a su sección más débil, ya que se asume que la pieza fallará en dicha sección. Por lo tanto un buen sistema de clasificación deberá predecir con exactitud la zona de falla de la madera.

El presente estudio se orientó a comparar la frecuencia con la cual la clasificación estructural visual y mecánica predicen la zona de ruptura de la madera al ser sometida a un esfuerzo de compresión paralelo a la fibra.

Para ello se clasificaron estructuralmente 50 piezas de red pine (*Pinus resinosa* Ait.) proveniente del noreste canadiense. A éstas se les marcó el Mínimo Módulo de Elasticidad (MINMOE) medido por la máquina de clasificación estructural y se les calculó además la Máxima Razón de Area Nudosa (RAN) estimada visualmente por el autor. RAN es el cociente entre la superficie de sección transversal ocupada por un nudo y el área de esa sección transversal. Posteriormente las piezas fueron ensayadas en

compresión paralela a la fibra a objeto de determinar si la falla se producía en la sección del MINMOE, en la de mayor RAN o en otra zona. Además se determinaron mediciones complementarias de MOE longitudinal mediante el uso de transmisión de ondas longitudinales a través de la madera.

MATERIAL Y METODO

El material utilizado fueron cincuenta piezas de red pine (***Pinus resinosa Ait.***) proveniente de noreste del Canadá con dimensiones de 38 x 89 x 3.600 mm. La madera se obtuvo de un bosque de cincuenta años y fue aserrada especialmente para este estudio. El material fue secado mediante un proceso de deshumidificación hasta llegar a un contenido de humedad promedio de 14% y previo a la clasificación mecánica la madera fue estacionada por tres meses en una sala de acondicionamiento a fin de uniformar el contenido de humedad de las piezas.

Las características visuales de cada pieza fueron registradas en una hoja de datos. Se registraron: tamaño y ubicación de nudos, presencia de bolsillos de resina, presencia de médula, pudrición, velocidad de crecimiento y dimensiones finales de las piezas.

Cinco etapas se realizaron para determinar diferentes propiedades en las piezas estudiadas, éstas fueron:

Determinación de la desviación de la fibra

Determinación del RAN máximo

Clasificación estructural mecánica

Medición del MOE dinámico longitudinal

Determinación del esfuerzo máximo en compresión paralela

Determinación de la desviación de la fibra

Para medir la desviación de la fibra se utilizó el "slope-of-grain indicator" perteneciente a la Universidad de Laval en Quebec (Samson 1988). Este "slope-of-grain indicator" es un dispositivo óptico que se basa en el principio de que la constante dieléctrica en la madera es 50% mayor en la dirección de la fibra que perpendicular a ella.

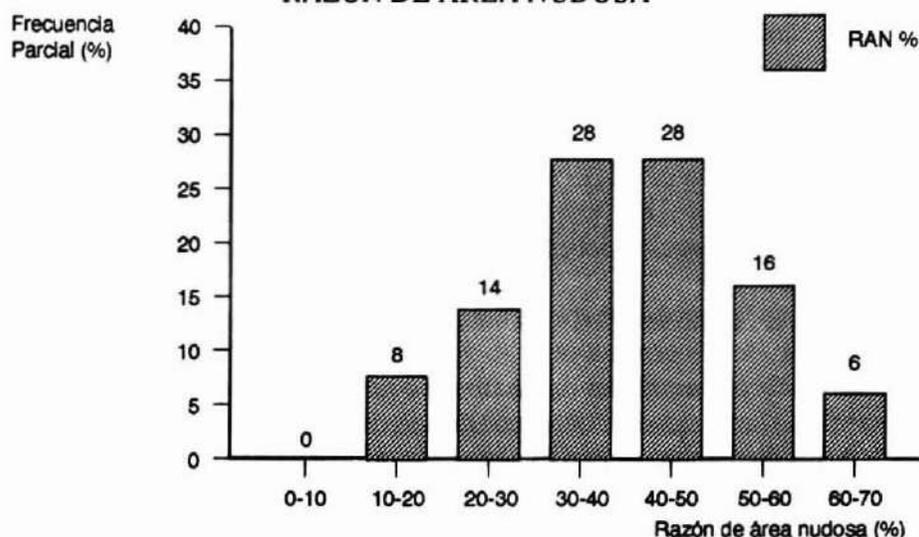
Por lo tanto las mediciones de esta diferencia indicarán la desviación de la fibra en la pieza medida.

Debido a razones de carácter práctico no se enviaron todas las piezas a Quebec, sino sólo aquellas que presentaban mayor desviación de la fibra. Los resultados indicaron que todas estas piezas cumplían con las especificaciones, en lo que a desviación de la fibra respecta, de la National Lumber Grading Association (1987) para ser incluidas dentro de la clase estructural selecta, es decir la desviación máxima era inferior a 4.76 grados (1 en 12). Debido a este resultado y a observaciones hechas por Wilson (1921), quien observó que para desviaciones de fibra de hasta 1 en 10 la tensión de compresión se reducía sólo en un uno por ciento, y por Zhou (1989) quien encontró similares resultados para flexión estática, se decidió que la influencia de la desviación de la fibra en la tensión de compresión sería despreciable frente a otros parámetros.

Determinación de la máxima razón de área nudosa

Razón de área nudosa (RAN) es el cociente entre la suma de las áreas proyectadas sobre la sección transversal de todos los nudos comprendidos en una longitud igual al ancho de la pieza y el área de la sección transversal de dicha pieza. La influencia de los nudos en la tensión de compresión fue evaluada usando la RAN. La figura 1 muestra la distribución de RAN para las cincuenta piezas ensayadas.

Figura 1
RAZON DE AREA NUDOSA

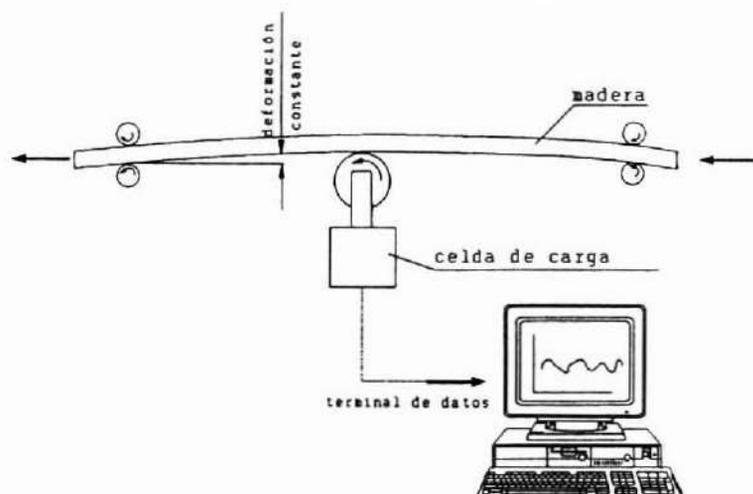


Clasificación estructural mecánica

La máquina de clasificación estructural utilizada en este estudio fue el modelo SG-AF 100 fabricado por Techmac, Inglaterra. Cada pieza de madera fue ensayada en la máquina flectando el menor eje de inercia de la pieza 7,1 mm sobre una luz de 900 mm las lecturas se obtuvieron a intervalos de 100 mm consecutivamente.

Para eliminar el efecto de torcedura y arqueadura, luego de la primera pasada por la máquina cada pieza fue pasada nuevamente después de haber sido rotada en 180 grados respecto a su eje longitudinal. Las lecturas obtenidas de ambas pasadas fueron promediadas para obtener la distribución del MOE aparente a lo largo de la pieza ensayada. El valor final del MOE asignado a cada pieza (MINMOE) correspondió al mínimo de dichos promedios parciales obtenidos a lo largo de la pieza. La figura 2 muestra un diagrama de la operación de la máquina de clasificación estructural SG-AF 100.

Figura 2
DIAGRAMA DE SG-AF 100

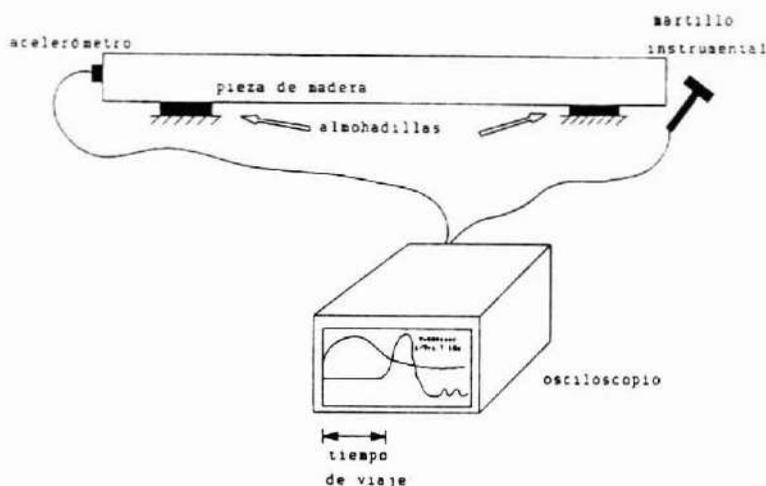


Determinación del MOE dinámico longitudinal

Para realizar la medición del módulo de elasticidad dinámico longitudinal de la madera se utilizó un osciloscopio para determinar el tiempo de viaje de las ondas entre uno y otro extremo de las piezas. A este osciloscopio se conectó un martillo instrumental y un acelerómetro, con el martillo se introdujo la señal al impactar la pieza en un extremo y esa señal fue recibida por el acelerómetro en el otro extremo. El osciloscopio registra

ambos impulsos, por lo tanto de la diferencia de tiempo de ellos, se deduce el tiempo de viaje de las ondas, valor con el que se obtiene el módulo de elasticidad de las piezas (Campos 1990). Para realizar este ensayo, las piezas de madera fueron aisladas del medio externo mediante el uso de dos almohadillas de goma, las cuales aseguran que las ondas viajarán longitudinalmente a través de la madera. La figura 3 muestra un esquema del ensayo.

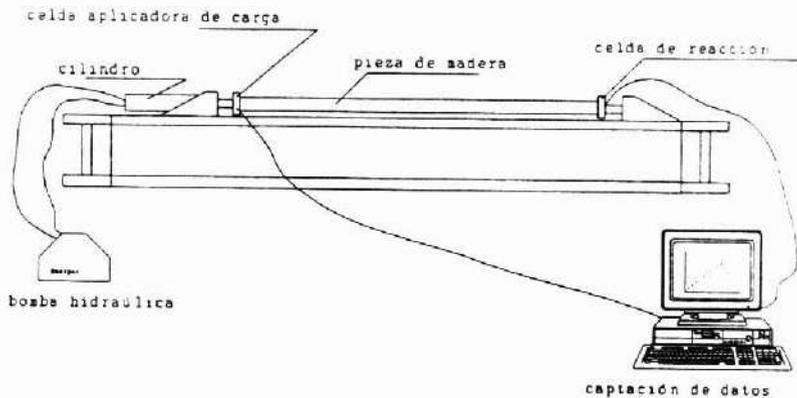
Figura 3
MEDICION DEL MOE LONGITUDINAL



Determinación del esfuerzo máximo en compresión paralela

Las dimensiones de las piezas ensayadas fueron 38 x 89 x 3600 mm a un contenido de humedad promedio de 14%. Los ensayos de compresión se realizaron en una máquina construida por el Wood Science and Technology Centre de la University of New Brunswick, Canadá. Esta máquina cumple las especificaciones entregadas en la cláusula 25.3 de la norma ASTM D198-84. Mayores especificaciones de esta máquina de ensayo se entregan en Campos (1990). La figura 4 muestra un esquema del ensayo de compresión paralela a la fibra.

Figura 4
ENSAYO DE COMPRESION PARALELA



RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 5 se indica la distribución de frecuencia acumulada del MINMOE obtenida al clasificar las piezas usando la máquina de clasificación estructural; esta curva ha sido ajustada mediante la distribución Weibull de dos parámetros (Weibull 1939a, 1939b.)

En la Tabla 1 se entregan los valores correspondientes a los percentiles del 5, 15, 25, y 50% obtenidos usando la distribución mencionada.

Figura 5
DISTRIBUCION DEL MINMOE DE LAS PIEZAS

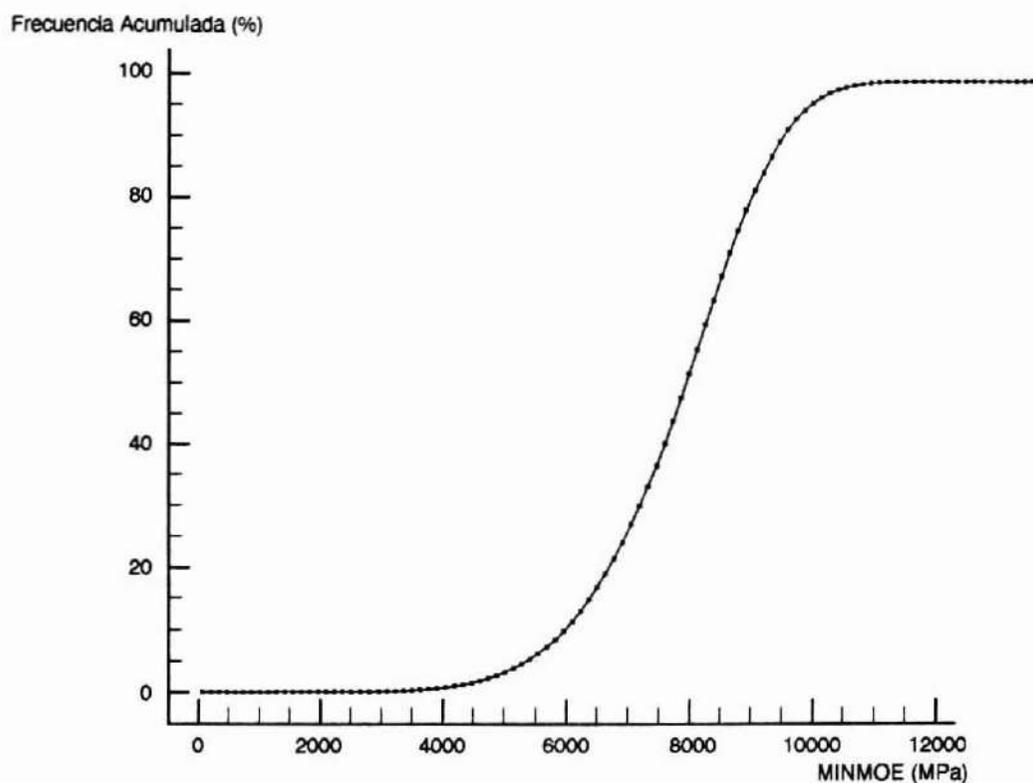


Tabla 1
VALORES CRITICOS DEL MINMOE

PERCENTIL	MOE (MPa)
50%	6887
25%	6021
15%	5518
5%	4626

En la figura 6 se indica la distribución de frecuencia acumulada obtenida del ensayo de compresión paralela. Esta curva ha sido ajustada usando la distribución Weibull de dos parámetros referida anteriormente.

En la Tabla 2 se entregan los valores correspondientes a los percentiles del 5, 15, 25 y 50% calculados usando la distribución de Weibull.

Figura 6
ESFUERZO MAXIMO DE COMPRESION PARALELA

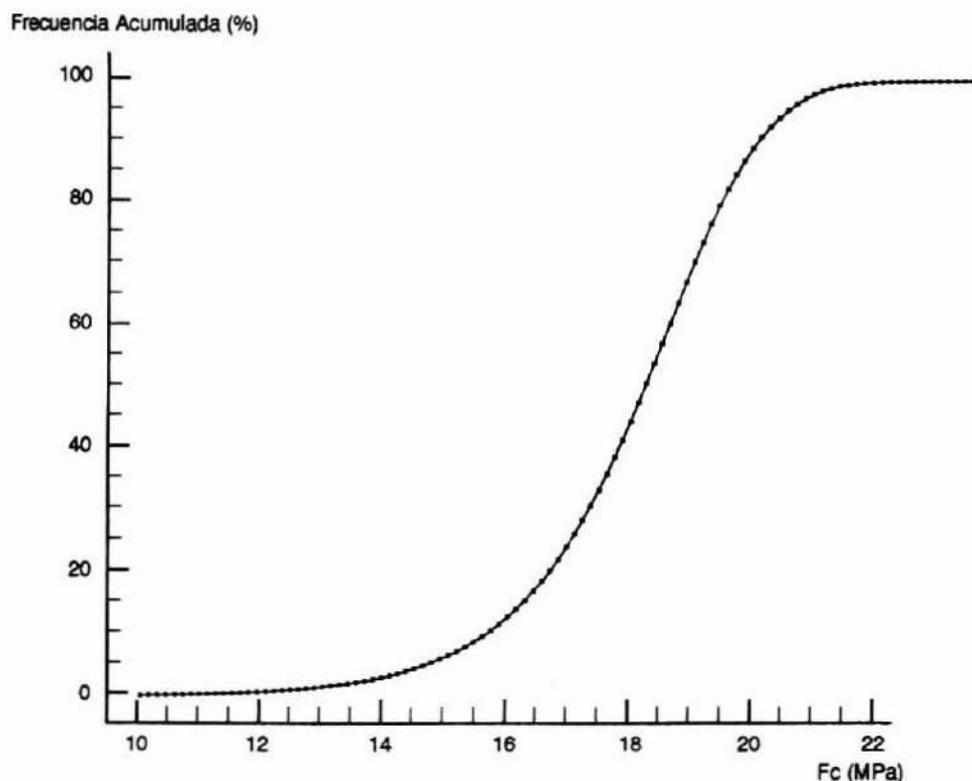


Tabla 2
VALORES CRITICOS DEL ESFUERZO MAXIMO DE
COMPRESION PARALELA (Fc)

PERCENTIL	Fc (MPa)
50%	18.5
25%	17.2
15%	16.5
5%	15.0

Diversas correlaciones se realizaron entre los parámetros medidos en el estudio y el esfuerzo máximo de compresión paralela de la pieza (Fc), a través de ellas se pudo medir la correlación existente entre Fc y módulo de elasticidad, siendo este último medido por la máquina de clasificación (MINMOE) o mediante el uso de técnicas de vibración longitudinal (SWMOE). La tabla 3 entrega las ecuaciones y coeficientes de correlación (r) respectivos.

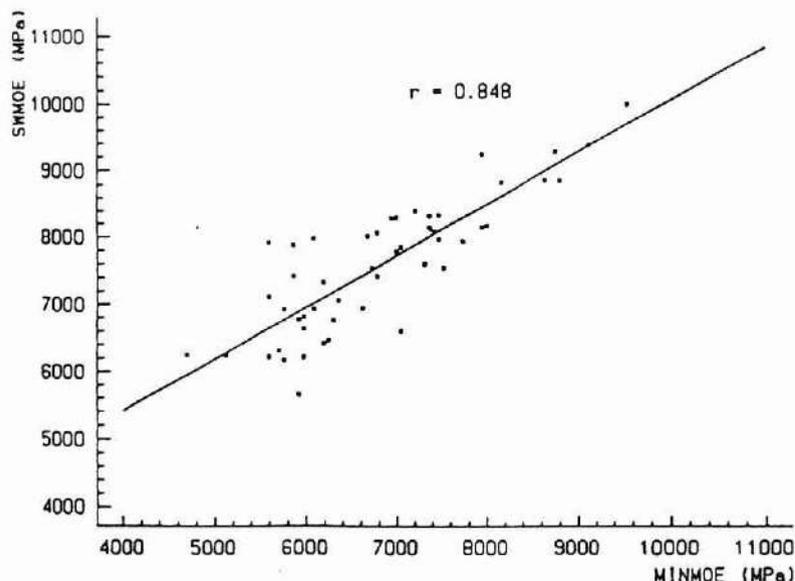
Tabla 3
CORRELACIONES ENTRE Fc Y RIGIDEZ

ECUACION	r
$Fc = 20.1 - 4.5 \times 10^{-2} \times RAN$	-0.34
$Fc = 12.8 + 8.1 \times 10^{-4} \times MINMOE$	0.52
$Fc = 11.4 + 9.1 \times 10^{-4} \times SWMOE$	0.53

En la tabla 3 se puede observar que en este estudio se obtuvo similar correlación entre Fc y SWMOE que entre Fc y MINMOE, lo que sugiere la posibilidad de desarrollar un sistema alternativo de clasificación estructural en el uso de la transmisión de ondas. Esta proposición confirma los estudios realizados por Jayne (1959), Pellerin (1965), Miller et al (1967) y Gerhards (1982) entre otros; sin embargo problemas aún sin resolver tales como la velocidad de clasificación evitan el ingreso masivo de esta tecnología a la industria forestal.

Como se deduce de la tabla 3 existe una buena correlación entre SWMOE y MINMOE ($r = 0.848$). La figura 7 muestra la buena concordancia existente entre ambos parámetros.

Figura 7
CORRELACION MINMOE vs SWMOE



Luego de cada ensayo de compresión paralela se observó si la pieza había fallado en el punto más débil medido por la máquina de clasificación (MINMOE), en el mayor RAN, o en otro lugar fuera de estos dos. La tabla 4 entrega estos valores. Es conveniente establecer que en varias oportunidades la posición del MINMOE y del máximo RAN coincidieron.

Tabla 4
UBICACION DEL PUNTO DE FALLA

FALLA EN ...	FRECUENCIA (%)
Máximo RAN	56
MINMOE	42
Otro lugar	32
Máximo RAN o MINMOE	68

En la tabla 4 se observa que la máquina determinó con exactitud el punto de falla en un 42% de las piezas, el criterio del máximo RAN lo hizo en un 56% y un 32% de las veces las piezas fallaron en lugares no esperados. Si ahora se asume que la pieza fallará en la posición del máximo RAN o en del MINMOE, el porcentaje de exactitud en la predicción del punto de falla sube a un 68%. Este considerable aumento confirma la necesidad de realizar, posterior a la clasificación mecánica, una clasificación visual que permita detectar aquellos defectos que no han sido detectados por la máquina de clasificación estructural.

CONCLUSIONES

El estudio indicó la existencia de una buena correlación entre F_c y MINMOE, al igual que entre F_c y SWMOE.

El máximo RAN demostró ser el parámetro **individual** más eficiente (56%) en la predicción del punto de falla de una pieza en compresión. Sin embargo si se consideran dos parámetros (**MINMOE y RAN**) la exactitud de predicción sube a un 68%.

El estudio confirmó la importancia del uso de un sistema de clasificación visual posterior a la clasificación estructural mecánica realizada por la máquina.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del **International Development Research Centre**, Ottawa, Canadá y fue llevado a cabo en el **Wood Science and Technology Centre** de la **University of New Brunswick**, Canadá. El autor agradece sinceramente el apoyo recibido de ambas instituciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1990.** Statics tests of timbers in structural sizes. ASTM D198-84 Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, Pa.
- Campos, A. 1990.** Compressive strength of softwood lumber loaded parallel to grain. IUFRO Timber Engineering Group S5.02 Meeting, Saint John, N. B., July / August 1990.
- Fewell, A. R. 1984.** Timber stress grading machines. Building Research Establishment Information Paper N° 17 / 84, Watford, England.
- Gerhards, C.C. 1982.** Longitudinal stress waves for lumber stress grading: factors affecting applications: state of the art. *Forest Products Journal* 32 (2) : 20-25.
- Jayne, B.A. 1959.** Vibrational properties of wood as indices of quality. *Forest Products Journal* 9(11) : 411-416.
- Lam, F. and Varoglu, E. 1990.** Length effect on the performance of lumber in tension. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 17 (10) : 911-918.
- Logan, J.D. 1990.** Getting started with machine stress rating. Paper presented to Sawmill Technology for the 1990's. Forintek Canada Corporation, Sault Ste Marie, Ontario.
- Madsen, B. 1990.** Length effect in 38 mm spruce-pine-fir dimension lumber. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 17(2) : 226-237.
- Miller, D.G. and Tardif, Y. 1967.** Development of a vibration grader and comparison of vibration grading with visual and mechanical grading. Forestry Branch, Dept. of Forestry and Rural Development, Departmental Publication N° 1208.
- National Lumber Grades Authority (NLGA) 1987.** Standard Grading Rules for Canadian Lumber. Vancouver, B.C.
- Pellerin, R.F. 1965.** A vibrational approach to nondestructive testing of structural lumber. *Forest Product Journal* 15 (3) : 93-101.
- Samson, M, 1988.** Transverse scanning for automatic detection of general slope of grain in lumber. *Forest Products Journal* 38 (7 / 8): 33-38.

Samson, M. 1989. Status of machine stress-rating of lumber 25 years after commercial implementation. *Forest products Journal* 39 (11 / 12): 49-52.

Weibull, W. 1939a. A statistical theory of the strength of materials. Royal Swedish Institute for Engineering Research, Proceedings N° 141, 45p.

Weibull, W. 1939b. The phenomenon of rupture in solids. Royal Swedish Institute for Engineering Research, Proceeding N° 153, 55p.

Wilson, T.R. 1921. The effect of spiral grain on the strength of wood. *Journal of Forestry*, Vol. XIX, N° 7, November 1921: 740-747.

Zhou, H. 1989. The influences of drying, knots and slope of grain on bending properties of white spruce. MSc. FE thesis, Department of Forest Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, N.B.

FUNCIONES DE BIOMASA DE *Eucalyptus globulus ssp. globulus* EN LA REGION COSTERA CENTRAL

José Antonio Prado Donoso *
César Alarcón Araya *

INTRODUCCION

La especie *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. fue introducida al país en la primera mitad del siglo XIX, y ha tenido una amplia distribución en Chile central, donde ha sido utilizada como la principal fuente de leña para consumo industrial y casero y de postes para la minería y la agricultura. En la actualidad, las plantaciones de *E. globulus ssp. globulus* ocupan una superficie de 81.700 ha (INFOR, 1989), siendo la segunda especie forestal más plantada en Chile.

Durante los últimos años, el interés por esta especie ha sido creciente, ya que presenta excelentes características para la producción de pulpa. Esto se ha traducido en un aumento en la tasa de plantación, desde 1.500 a 2000 ha / año a 25.000 ha en 1990.

El *Eucalyptus globulus ssp. globulus* también ha permitido el desarrollo de una pequeña industria de aceites esenciales, debido al alto contenido y calidad de los extraíbles de sus hojas.

El hecho de ser una especie de uso múltiple hace posible una utilización de casi todos los componentes del árbol: fuste, ramas y hojas. En consecuencia, la estimación de la productividad de un árbol de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* va más allá del tradicional cálculo del volumen del fuste, que es lo más usual en las plantaciones forestales.

Además, por la naturaleza de los productos que se obtienen del bosque de *Eucalyptus*, el volumen no constituye el mejor indicador de su productividad, el peso resulta más exacto, especialmente cuando se trata de productos tales como madera para pulpa o leña y hojas para la obtención de aceites esenciales. Es por esto que se ha estimado conveniente desarrollar funciones de biomasa y establecer una comparación con otras ya existentes.

El *Eucalyptus globulus ssp. globulus* constituye un importante recurso forestal en la región costera central, principalmente en la V Región, en donde existen 21.376 ha de plantaciones (INFOR, 1989), distribuidas en un importante número de pequeños y

medianos propietarios, quienes se pueden ver beneficiados al disponer de una herramienta que les permita hacer una mejor estimación de la productividad de sus bosques.

El presente estudio está basado en árboles de Monte alto de tres rodales con edades entre 20 y 25 años, ubicados en la V Región de Valparaíso

MATERIAL Y METODOS

Muestreo

Para la determinación de las funciones de biomasa se utilizó una muestra de 41 árboles extraídos de tres parcelas ubicadas en la zona costera de la V Región, en las localidades de Longotoma (Escuela Agrícola Longotoma), Peñuelas (Lago Peñuelas) y Santa Marta (Predio Santa Marta, Casablanca). Estas parcelas fueron establecidas por el Instituto Forestal y no han sido objeto de manejo alguno. La muestra se distribuyó al azar en las distintas clases diamétricas, pero con una probabilidad proporcional prefijada, de modo de favorecer la selección de árboles de mayor volumen.

El resultado de esta distribución se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 1
DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES MUESTREADOS SEGUN CLASE
DIAMETRICA Y LUGAR DE MUESTREO

CLASE DAP (cm)	Nº TOTAL DE ARBOLES	Nº DE ARBOLES SEGUN LUGAR DE MUESTREO		
		LONGOTOMA	PEÑUELAS	STA. MARTA
6 - 10	3	-	3	-
11 - 15	6	2	2	2
16 - 20	6	2	2	2
21 - 25	9	3	3	3
26 - 30	7	2	3	2
31 - 35	5	2	2	1
36 y +	5	1	4	-
TOTAL	41	12	19	10

Metodología de Campo y Laboratorio

En terreno se ubicaron los árboles que debían ser cortados y pesados, cuidando que no estuviesen bifurcados a poca altura y que no presentasen daños manifiestos producidos por viento, plagas u otras causas.

Las variables independientes medidas para la obtención de las funciones de biomasa fueron las siguientes:

DAT	(cm)	Diametro a la altura del tocón (30 cm)
DAP	(cm)	Diametro a la altura del pecho (130 cm)
HTOT	(m)	Altura total
HF 10	(m)	Altura del fuste hasta un diámetro de 10 cm.
HF 4	(m)	Altura del fuste hasta un Diametro de 4 cm.
ICV	(m)	Altura hasta el inicio de la copa viva.
LC	(m)	Largo de la copa viva.

Una vez volteados los árboles, se procedió a pesarlos divididos en los siguientes componentes:

- a) Fuste: Desde el tocón hasta un diámetro límite de utilización de 10 y 4 cm con corteza. Se presenta en los cuadros y gráficos del estudio con la abreviatura F 10, F 4 y el peso entre ambos F10-4.
- b) Ramas : Ramas hasta un diámetro límite inferior de 4 cm con corteza.
- c) Ramillas: Sección de la ramas o pequeñas ramas con menos de 4 cm de diámetro con corteza, incluye la punta del árbol.
- d) Hojas: Su peso se estimó mediante un muestreo de ramillas efectuado en dos o tres secciones de la copa, dependiendo del tamaño del árbol. Con esto se determinó una relación peso ramilla - peso hojas, para cada sección de copa.
- e) Corteza: Sólo se consideró la corteza del fuste hasta los 4 cm de diámetro. Su peso se estimó mediante una relación corteza - madera, determinada en base a tres muestras por árbol, tomadas a distintas alturas del fuste.

Con el fin de facilitar la tarea de pesaje y de obtener información relativa a volumen y ahusamiento, el fuste se dividió en secciones de 1,2 m midiéndose el diámetro

menor con y sin corteza. Las funciones de volumen y ahusamiento serán motivo de otro estudio.

Para establecer una relación peso verde - peso seco, se tomaron muestras de cada uno de los componentes y se pesaron en terreno, con una precisión de 0,1 gr, luego se secaron en horno, a 103 °C, hasta obtener un peso constante.

Metodología de Análisis

El peso verde de los árboles no solo varía por la acumulación de biomasa, sino que también por condiciones climáticas que en alguna medida afectan la disponibilidad de agua. Con el fin de evitar estas variaciones, se determinaron funciones de peso seco.

Para expresar la relación entre las dimensiones del árbol y el peso de sus componentes se probaron diversos tipos de modelos que incluyen las variables independientes tal como fueron medidas, combinadas o transformadas (1n).

Los modelos empleados corresponden a las siguientes formas generales:

a) Modelos alométricos (Baskerville, 1972)

$$y = b_0 X_1^{b_1} \in$$

$$y = b_0 (X_1^{b_1} \times X_2^{b_2}) \in$$

$$y = b_0 X_1^{b_1} \times X_2^{b_2} \in$$

b) Modelos lineales

$$y = b_0 + b_1 X_1^{b_1} + b_2 X_2^{b_2} + \dots + b_n X^{b_n} \in$$

$$y = b_0 + b_1 X_1^{b_1} + b_2 X_2 + b_3 X_1^{b_1} X_2 \in$$

En que:

y = Peso seco

x_i = Variables independientes

b_i = Coeficientes de la función

\in = Error de estimación

Los modelos alométricos fueron ajustados mediante transformación logarítmica y por lo tanto corregidos para compensar el sesgo producido por la transformación (Wiandt y Harner, 1979).

Se debe hacer notar que estos modelos alométricos, pueden ser fácilmente perturbados por factores inherentes al sitio, no así por la densidad del rodal, que según Baskerville (1965), por si sola no altera en ningún grado las relaciones de estos modelos.

La selección de las variables a incluir en cada caso se hizo empleando el método de regresión paso a paso (stepwise).

Con el fin de seleccionar las funciones que entregan las mejores estimaciones de la biomasa total y de los distintos componentes del árbol se consideraron: coeficiente de determinación (R^2), valor de F, error cuadrático medio (ECM), test de Freese y análisis de residuos. El ECM es especialmente importante como medida de eficiencia de la función, ya que incluye los errores aleatorios y sistemáticos, representando adecuadamente la exactitud de la estimación (Prado et al. 1986).

La Existencia de multicolinealidad entre las variables independientes se analizó mediante la matriz de varianza y covarianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado de los análisis de regresión y posterior comparación de las funciones obtenidas, a continuación se seleccionaron las siguientes funciones que entregan la mejor estimación de la biomasa total y de los componentes de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*.

En el caso de la biomasa del fuste, se presentan funciones para ambos diámetros límites de utilización.

Cuadro 2

FUNCIONES PARA ESTIMAR BIOMASA TOTAL Y DE COMPONENTES DE *Eucalyptus globulus ssp. globulus* EN LA ZONA COSTERA CENTRAL

COMPONENTE	FUNCION	R ²	ECM (%)	F
FUSTE (D.L 4 cm)	PF4 = 13,289 + 0,01394 (D ² H)	0,98	10,3	2205,9
FUSTE (D.L 10 cm)	PF10 = - 4,170064 + 0,014155 (D ² H)	0,98	11,5	2075,1
RAMAS (> 4cm)	PRAM = 17,912236 - 3,17988 D + 0,00316 (D ² H)	0,73	89,7	32,7
RAMILLAS	LN PRAM1 = -1,52316 - 1,213669 LN H + 0,962783 LN (D ² LC)	0,92	26,8	223,4
HOJAS	LN PHOJ = 1,9384 - 1,4233 LN H + 0,493 LN (D ² LC) + 0,61623 LN (DIC ² ICV)	0,94	26,7	185,3
CORTEZA	LN PCOR = - 5,246262 + 0,91033 LN (D ² H)	0,98	10,8	2519,3
TOTAL	PTOT = - 35,3503 + 0,54647 D ²	0,98	10,9	2197,1

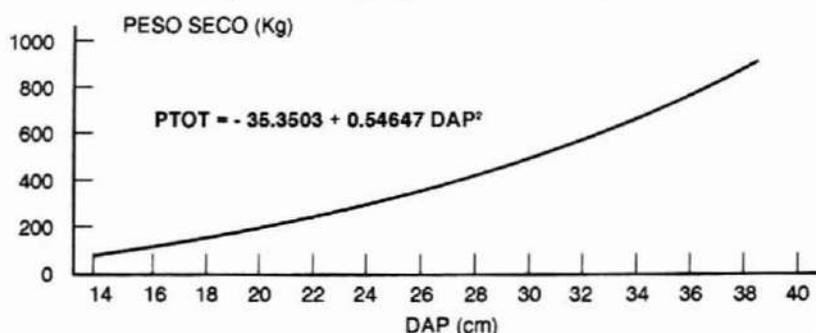
Estas funciones presentan altos valores en sus coeficientes de determinación (R²) y los más bajos valores de error entre los modelos probados.

Tanto los modelos alométricos como los lineales, dan buenas estimaciones del peso del fuste, optándose por los modelos más simples. Lo mismo es válido en el caso del peso total, en donde solo incluyendo el diámetro se logra una muy buena estimación. Esto coincide con lo determinado por Schönau y Boden (1975) para varias especies de *Eucalyptus*, en Sudafrica, y por Cromer (1975) en Australia.

En el gráfico 1 se presenta el peso seco total por clase diamétrica, dentro del rango en que la función es confiable.

Gráfico 1

BIOMASA TOTAL *E. globulus ssp. globulus* ZONA COSTERA CENTRAL



Para la estimación del peso de hojas y ramillas las funciones son más imprecisas, con un error superior al 25%, pero aún aceptable, considerando la gran variabilidad que presenta la especie en cuanto a la forma y desarrollo de la copa, especialmente cuando crece con un espaciamiento variable y sin manejo, que es el caso de las plantaciones muestreadas para este estudio. La inclusión de las variables largo de copa (LC), altura al inicio de copa viva (ICV) y diámetro al inicio de copa (DIC) en forma individual, sólo tuvo una contribución marginal, sin embargo al incluirlas combinadas, especialmente LC y DIC, su contribución al modelo fue estadísticamente significativa.

Normalmente las funciones para estimar peso de ramas y de follaje presentan bajos coeficientes de determinación (R^2) y altos errores de estimación (Jokela et al. 1981; Prado et al. 1985; Clough y Scott, 1989; Negi y Sharma, 1987), en este caso se da la misma situación, ya que la función para estimar el peso de las ramas es imprecisa, con un error que llega casi al 90%.

Esto se debe, sin duda, a la falta de homogeneidad en los rodales muestreados, específicamente en lo que se refiere al espaciamiento entre árboles, dando origen a árboles que con diámetros semejantes presentan desarrollos de copa completamente distintos.

De los componentes de la copa de los árboles de esta especie, el producto más importante son las hojas, que se comercializan para la producción de aceite de Eucalyptus (α - Cineol) que se utiliza en la industria farmacéutica y cosmetología. Por esta razón es importante poder estimar con cierta precisión el peso de este componente.

En el proceso industrial de obtención de aceite se requiere como materia prima hojas verdes, por lo que es necesario estimar el peso en este estado. Esta relación se obtiene mediante la siguiente función lineal:

$$PV = -0.000048 + 1.957359 PS$$

donde:

PV = peso verde (Kg)

PS = peso seco (Kg)

$$S_{xy} = 0.006748$$

Los resultados de los modelos de estimación de hojas, indican, al igual que en los otros modelos del resto de los componentes, que el diámetro (DAP) es mejor estimador que la altura, lo que se explica, según Smith y Hawley (1972), por la estrecha relación entre el incremento diámetro y la cantidad de follaje, mientras que la altura se ve más afectada

por la competencia con árboles vecinos que por el tamaño de la copa.

Con el fin de lograr la mejor estimación de cada componente se han empleado distintos modelos, lo cual hace que las funciones no sean aditivas, es decir que la suma de los componentes no es igual al valor obtenido empleando la función de peso total. Este hecho se produce normalmente, a menos que se emplee un modelo único (Kozak, 1970) con lo que se pierde precisión en la estimación del peso de algunos componentes.

En este caso las desviaciones entre el peso total estimado por la función y el peso total obtenido por la suma de los componentes, varían entre 1 y 2%, dependiendo del tamaño del árbol.

COMPARACION DE LAS FUNCIONES

Ribalta (1983) desarrolló funciones de biomasa para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, creciendo en Monte Bajo, las cuales se comparan con las obtenidas en este estudio, que corresponden a árboles de rodales de Monte Alto.

Para hacer esta comparación se utilizó la tabla de rodal que se presenta en el Cuadro 2, obtenida de parcelas de muestreo de un inventario realizado en la zona Costera Central.

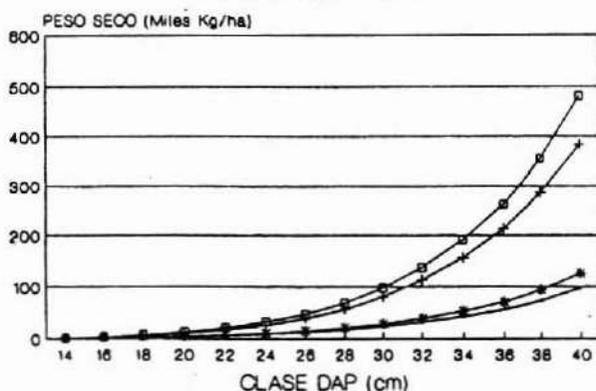
Cuadro 2
TABLA DE RODAL DE UNA MUESTRA UTILIZADA PARA
COMPARACION DE BIOMASA

DAP (cm)	HT (m)	FRECUENCIA
14	18.3	15
16	19.0	18
18	19.6	21
20	20.3	25
22	21.0	29
24	21.7	33
26	22.3	38
28	23.0	45
30	23.6	52
32	24.4	62
34	25.0	72
36	25.7	84
38	26.4	98
40	27.0	116
TOTAL		708

Los resultados de esta comparación se presentan en los gráficos siguientes.

Gráfico 2

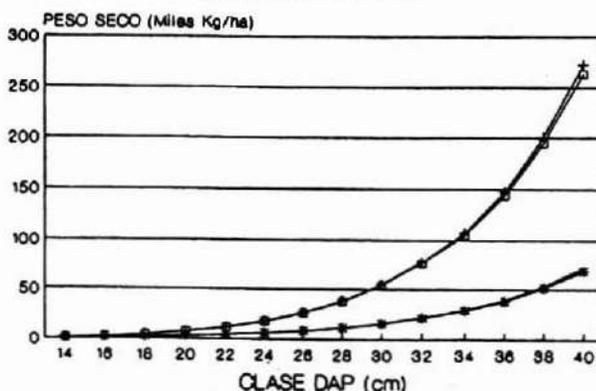
BIOMASA TOTAL *E. Globulus ssp. globulus* POR CLASE DIAMETRICA Y ACUMULADA



—○— CL. ESTUDIO + AC. ESTUDIO * CL. RIBALTA —□— AC. RIBALTA

Gráfico 3

BIOMASA FUSTE I.U. 4 cm *E. globulus* POR CLASE DIAMETRICA Y ACUMULADA



—○— CL. ESTUDIO + AC. ESTUDIO * CL. RIBALTA —□— AC. RIBALTA

Las diferencias en la estimación del peso total son considerables, ya que la función de Ribalta (1983) entrega un peso que supera casi en un 25 % el peso estimado por este estudio. De acuerdo a estos resultados la funciones de Monte Alto no serían aplicables al Monte Bajo en el caso del peso total. La Biomasa del fuste, hasta un índice

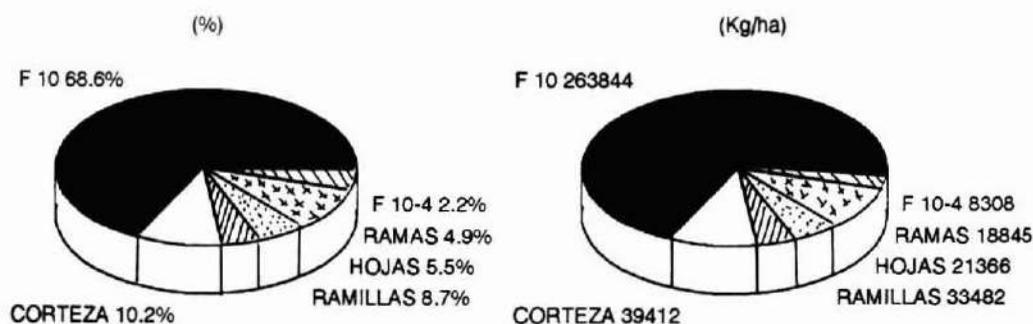
de utilización (U.I.) de 4 cm, es estimada por ambas funciones con un mínimo de diferencia, a pesar de que el peso seco, en el caso de las funciones de Ribalta, fue obtenido en forma indirecta, midiendo el volumen y la densidad básica.

Esto indica que las diferencias en el peso total se deben a imprecisiones en la estimación del peso seco de ramas y follaje o a que las funciones de Ribalta (1983) por ser para Monte Bajo, esten fuera del rango de aplicación en los diámetros mayores.

DISTRIBUCION DE LA BIOMASA SEGUN COMPONENTES

Con los mismos datos empleados para comparar las funciones, se calculó la distribución de la biomasa de una hectárea en los distintos componentes del árbol. Los resultados se presentan en el gráfico siguiente.

Gráfico 4
DISTRIBUCION DE BIOMASA POR COMPONENTE
E. globulus ssp. globulus



Al analizar las cifras del gráfico anterior llama la atención, la baja proporción de biomasa producida por las ramas, que solo alcanza al 4.9%. Esta cifra difiere sustancialmente de la obtenida por Ribalta (1983) que obtiene valores cercanos al 30%. Probablemente incluye lo que en este estudio se ha considerado como "ramillas".

En cuanto a la producción de hojas también se encuentran diferencias de importancia, ya que el estudio de Ribalta entrega cifras menores (de 1.7 a 3.6%), a las obtenidas en este caso (5.5%).

Finalmente, la estimación del peso del fuste es muy similar en ambos casos, a

pesar de tratarse de dos situaciones diferentes desde el punto de vista de generación y estructura del bosque: Monte Alto y Monte Bajo.

CONCLUSIONES

Las funciones presentadas en este estudio permiten hacer una buena estimación del peso total, del peso del fuste a distintos diámetros límites de utilización y del peso de la corteza, con información de fácil obtención en terreno.

La estimación del peso de las hojas, que es el otro componente de importancia en esta especie, se puede hacer con cierta precisión, pero requiere de un mayor gasto en la toma de datos en terreno.

La estimación del peso de las ramas a través de la función definida, está sujeta a un alto porcentaje de error. Su estimación puede hacerse por diferencia del peso total y los otros componentes que pueden estimarse con mayor precisión.

De las funciones obtenidas, sólo las de peso de fuste pueden ser utilizadas en cualquier tipo de bosque (Monte Alto o Monte Bajo). Para la estimación del peso de los otros componentes deben utilizarse funciones específicas.

Las funciones de biomasa que entrega este trabajo no deben ser empleadas en otras regiones del país, sin una debida validación.

BIBLIOGRAFIA

- Baskerville, G. L. 1965. Estimation of dry weight of tree components and total standing crop in conifer stand. *Ecology* 46: 867 - 869.
- Baskerville, G. L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, Col. 2: 49 - 52.
- Clough B. F.; Scott K. 1989. Allometric relationships for estimating above-ground biomass in six mangrove species. *For. Ecol. Management*, Vol. 27: 117-127.
- Cromer R. N.; Raupach, M.; Clarke, A.R.P.; Cameron J.N. 1975. Eucalyptus plantation in Australia. The potential for intensive production and utilization. *Appita* Vol. 29 (3): 165 - 173.
- INFOR. 1990. Estadísticas forestales 1989. Instituto Forestal.



- Jokela, E.J; Shannon Colleen Ann; White E. H. 1981.** Biomass and nutrient equations for mature *Betula papyrifera* Marsh. Canadian Journal of Forest Research. Vol. 11 (1): 298 - 304.
- Kozak, A. 1970.** Methods for ensuring additivity of biomass components by regression analysis. The Forestal Chronicle. 46 (5): 402 - 404.
- Negi, J.D.S.; Sharma, D. C. 1987.** Biomass estimation of two *Eucalyptus* species by regression method. Indian Forester. Vol. 113 (3): 180 - 184.
- Prado, J. A; Peters R. y Aguirre S. 1986.** Biomass equations for Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) in the semiarid región of central Chile. For. Ecol. Mangement. Vol. 16: 41 - 47.
- Ribalta, E. 1983.** Evaluación de producción y productividas del monte bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab). V Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Escuela de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 124 p.
- Schönau, A. P. G; Boden, D.I. 1982.** Preliminary biomass study in young *Eucalyptus* South African Forestry Journal. (120): 24 - 28.
- Smith, D. y Hawley 1972.** Silvicultura práctica. Barcelona, Omega. 554 p.
- Wiant, H. V.; Harner E. J. 1979.** Percent bias and stand error in logarithmic regression. Forest Sci. Vol. 25 (1): 167 - 168.

BASES PARA LA MEJORA GENETICA DE LAS ESPECIES DEL GENERO EUCALYPTUS EN CHILE, Pedro Infante L., Roberto Ipinza C., José Antonio Prado D. Ingenieros Forestales - Instituto Forestal, Huerfanos 554, Casilla 3085, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

El objetivo del programa de mejora genética de INFOR es aportar a los cultivadores de eucalipto, en especial a los pequeños y medianos propietarios, un conjunto de semillas, clones y cultivares selectos ya sea para la producción de fibra, madera de alta calidad, de energía y otros subproductos del bosque.

Tomando como base los resultados obtenidos en el programa de introducción de especies, llevado a cabo por el INFOR durante las tres últimas décadas, se escogieron, en una primera etapa, las siguientes especies; *E. camaldulensis*, *E. globulus ssp globulus*, *E. nitens*, *E. delegatensis* y *E. regnans*.

El programa de mejora para las especies de Eucalyptus será fructífero en la medida que se disponga de una amplia base genética, lo que es de especial relevancia en un programa de carácter nacional que tiene un horizonte de planificación de largo plazo. Además, es la única forma de poder cambiar favorablemente las frecuencias génicas de los caracteres a mejorar. El principio de la variabilidad genética constituye el pilar fundamental sobre el cual se basa éste programa, el que junto con la optimización de la ganancia genética en el menor plazo posible forman una estructura sólida para iniciar la construcción de un programa de esta naturaleza.

De acuerdo a esto el programa se dirige hacia la obtención de ganancias genéticas, para los caracteres de interés, en el corto y largo plazo. En el corto plazo se tomarán básicamente dos líneas de acción; utilización de los rodales existentes en el país e introducción de nuevos conjuntos de procedencias. La primera de estas se relaciona con la transformación de algunos ensayos existentes, de introducción de especies y procedencias, en áreas productoras de semillas. De estas áreas se cosechará semilla comercial mejorada producto de polinización abierta entre los árboles dejados en pie.

La segunda línea de acción, se centra en la introducción de nuevos conjuntos de procedencias y progenies desde el área de distribución natural de cada especie incluida en el programa. Esta línea es también la base de la estrategia a largo plazo como se discutirá más adelante.

Las procedencias son escogidas considerando su potencial de adaptación a los sitios en Chile. Para esto, se cuenta con una serie de ensayos de procedencias que constituyen una gran ayuda en la elección de las fuentes de semillas más apropiadas. Se agregan a la colección, procedencias que no han sido probadas en el país y que debido a la localización geográfica que presentan en Australia tienen un interés potencial. Además, se incluyen fuentes de semillas que aún cuando han demostrado no ser las mejores en crecimiento, podrían aportar a futuro alelos deseables para: resistencia a enfermedades, resistencia a heladas, densidad de la madera, rendimiento pulpable, adaptación a sitios con limitantes y otras características.

Estas procedencias se establecen en ensayos combinados de procedencias y progenies en diferentes sitios, los que representan zonas de crecimiento para cada especie en el país.

El diseño experimental empleado es conocido como bloques de familias compactas o de parcelas divididas, en donde la parcela principal es la procedencia. Dentro de cada procedencia se distribuyen las familias al azar en subparcelas de 4 plantas en línea. Cada procedencia cuenta con 10 repeticiones.

En el corto plazo será posible obtener desde los ensayos de procedencia y progenies lo siguiente: (a) semilla comercial mejorada transformando los ensayos, a través de raleos selectivos, en huertos semilleros de semillas de primera generación, (b) propágulos vegetativos de un grupo pequeño de árboles selectos para establecer un huerto semillero clonal de alta ganancia genética, y (c) propágulos vegetativos de árboles selectos para ser empleados en la reproducción vegetativa masiva, destinada al establecimiento de plantaciones comerciales clonales.

A su vez, la base del mejoramiento a largo plazo también lo constituyen los nuevos conjuntos de procedencias y progenies. Por esta razón, en la selección de las procedencias y el número de familias que las componen, se puso especial atención de tomar un rango bastante amplio dentro de la distribución natural de las especies a fin de contar con el mayor número de alelos de utilidad, tanto para el desarrollo presente como futuro del programa.

En la práctica, la línea de largo plazo es una extensión lógica de la anterior y se desarrollará a partir de un grupo, esta vez mayor, de árboles sobresalientes presentes en los ensayos que serán cruzados entre sí para obtener una nueva generación que contará con un mayor grado de mejora.

La propagación vegetativa es una técnica que permite obtener una copia idéntica al árbol original, maximizando de esta forma la ganancia genética. Resulta obvio que esta técnica se puede aplicar en cualquier momento del horizonte de planificación del programa de mejora genética. Su aplicación dependerá de la biología de las especies y de los costos asociados a la producción y plantación masiva de plantas de origen vegetativo. En esta labor se utilizarán los mejores genotipos disponibles en un momento determinado.

ESPECIES SELECCIONADAS

El Instituto Forestal ha realizado ensayos de introducción de especies en forma sistemática por más de 25 años. Durante este período se han ensayado numerosas especies y procedencias en diferentes tipos de clima y suelo.

De entre las especies que registran mejores resultados en diferentes zonas se han seleccionado aquellas posibles de incorporar en el programa de mejora genética. En una primera etapa se definió para la zona Mediterránea Semiárida *Eucalyptus camaldulensis* como la principal especie. En las zonas Mediterránea Central y Oceánica de Los Lagos, las especies consideradas son : *Eucalyptus globulus ssp globulus*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus delegatensis*, *Eucalyptus regnans* y *Eucalyptus viminalis*.

En una segunda etapa se incorporarán al programa las especies *Eucalyptus sideroxylon*, *Eucalyptus cladocalyx*, *Eucalyptus fastigata* y *Eucalyptus obliqua*.

FASES DEL PROGRAMA

El programa contará con dos fases que se desarrollarán en forma simultánea; la fase de investigación y la fase operativa o de producción.

El principal objetivo de la fase de investigación es obtener y mantener una amplia base genética y combinar las características deseables de los árboles, para su utilización en generaciones futuras (Zobel y Talbert, 1984). El elemento principal de esta fase del programa lo representa la población de mejora. En esta se almacenarán los ejemplares selectos (banco clonal) y se realizarán los cruzamientos necesarios para evaluar, a través de pruebas genéticas, su valor genético y las ganancias derivadas de su utilización como productores de semillas. Además se obtendrán generaciones avanzadas al seleccionar los mejores individuos dentro de sus descendencias.

La fase de producción engloba todas las acciones tendientes a generar rápidas ganancias y entregar material mejorado para su uso en plantaciones comerciales. Los

huertos semilleros y las áreas de multiplicación de clones representan esta fase, suministrando semillas y estacas con la mayor mejora posible en un momento dado.

Los conjuntos de procedencias y progenies, una vez establecidos en los lugares de ensayos, se constituyen en las poblaciones base de mejora. En estas poblaciones será posible identificar las mejores procedencias desde las cuales se obtendrán, a través de procesos de selección, los mejores individuos de las mejores familias. Posteriormente, estos ejemplares selectos serán destinados a los huertos en las diferentes fases del programa.

DEFINICION DEL IDEOTIPO

El ideotipo es el árbol que se desea obtener y se encuentra determinado por los objetivos específicos perseguidos en el programa, dentro de los usos a que se destinan las especies de eucalipto: producción de fibra, madera de alta calidad, energía u otros.

Como punto de partida en la definición de los ideotipos se presenta el Cuadro 1, donde se ilustran los rasgos que se necesita considerar para alcanzar distintos objetivos de mejora, muchos de los cuales pueden ser complementarios.

Cuadro 1
CARACTERES A CONSIDERAR EN EL PROGRAMA

CARACTER	
1.	Rapidez de crecimiento
2.	Forma del fuste
3.	Número, grosor y ángulo de inserción de las ramas
4.	Longitud y diámetro de las fibras
5.	Densidad de la madera
6.	Otras propiedades de la madera
7.	Tolerancia a las heladas
8.	Tolerancia a la sequía
9.	Tolerancia a plagas y enfermedades
10.	Facilidad de retoñación

El cuadro anterior representa una aproximación global, debido a que una definición más precisa de un ideotipo requiere la cooperación de distintos especialistas y de los usuarios beneficiados con el programa.

ELECCION DE UNA ESTRATEGIA

Los factores que afectan el éxito de un programa de este tipo son los siguientes: variabilidad genética en la población base, heredabilidad, intensidad de selección y valor económico de las especies. Cuanto mayor sean estos factores mayor será la ganancia por generación.

a) Variabilidad: Es importante considerar para la población base individuos procedentes de la mayor amplitud biogeográfica de la especie. Aunque cuando se tiene identificada una característica deseable, como la resistencia a la sequía en *E. camaldulensis*, se debe concentrar la elección en áreas que sean productoras de dichos rasgos. Es necesario realizar una evaluación del valor promedio de los rasgos de interés, debido a que no se puede esperar una ganancia genética muy alta en una población con un valor promedio bajo. Luego no es conveniente considerar individuos de bajo valor ya que disminuirá el desarrollo de la procedencia. Cuanto mayor es la variabilidad mayores son las posibilidades de una ganancia permanente y sostenida, sustentada en una estrategia sea de corto o largo plazo.

b) Heredabilidad: La heredabilidad en sentido restringido es la cantidad de variabilidad genética que puede ser heredada y es definida en términos estadístico como el cociente entre la varianza genética y la varianza fenotípica. La heredabilidad en sentido amplio es utilizada como un sinónimo de repetibilidad clonal, mide la ganancia esperada al realizar una selección clonal y se expresa como el cociente entre la varianza genotípica (aditiva más no aditiva) y la varianza fenotípica.

En el Cuadro 2 se indican valores de heredabilidad para algunos rasgos de diversas especies de *Eucalyptus*. Esta información es frecuentemente variable.

La razón de estas divergencias radica en la naturaleza de la heredabilidad, es un cociente de varianzas, es decir, es dependiente de todas las fuentes de variación de un experimento: diseño, tamaño de las parcelas, número de repeticiones y variabilidad ambiental. Comúnmente se estima la heredabilidad en etapas juveniles de las plantas y se piensa que dichos valores son válidos para plantas adultas. Esto es sólo válido si se conoce con una buena aproximación la correlación juvenil-adulta (r) de un rasgo determinado.

Cuadro 2
 VALORES DE HEREDABILIDAD EN SENTIDO RESTRINGIDO (h^2)
 Y EN SENTIDO AMPLIO (H^2) PARA LOS CARACTERES ALTURA,
 DIAMETRO, DENSIDAD DE LA MADERA Y FORMA DE LOS ARBOLES.

ALTURA	H^2	h^2	REFERENCIA
<i>E. globulus</i>		0.07 - 0.17*	Volker, et al (1990)
<i>E. regnans</i>		0.04 - 0.38*	Eldridge (1971)
<i>E. urophylla</i>		0.1 - 0.62*	Seizo, et al (1988)
<i>E. tereticornis</i>		0.17	Krishnasuwami (1986)
<i>E. grandis</i>		0.33 - 0.59	Brune (1983)
<i>E. grandis</i>		0.11 - 0.36*	Kageyama y Vencovsky (1983)
<i>E. grandis</i>	0.45		Malan (1988)
DAP			
<i>E. globulus</i>		0.17 - 0.31*	Volker, et al (1990)
<i>E. regnans</i>		0.1 - 0.4*	Eldridge (1971)
<i>E. urophylla</i>		0.1 - 0.35*	Seizo, et al (1988)
<i>E. grandis</i>		0.21 - 0.47*	Kageyama y Vencovsky (1983)
<i>E. obliqua</i>	0.96*	0.57*	Matherson, et al (1986)
<i>E. grandis</i>	0.30*		Malan (1988)
DENSIDAD DE LA MADERA			
<i>E. grandis</i>		0.7 - 1.0	Kageyama, et al (1983)
<i>E. obliqua</i>	0.12*	0.84*	Matherson, et al (1986)
<i>E. grandis</i>	0.45 - 0.54*		Malan (1988)
<i>E. citradora</i>	0.91*		Almeida, et al (1981)
FORMA			
<i>E. globulus</i>		0.15 - 0.29*	Volker, et al (1990)
<i>E. grandis</i>		0.28 - 0.36*	Kageyama y Vencovsky (1983)

* heredabilidad entre árboles individuales

heredabilidad entre medias de familias

+ heredabilidad entre procedencias

Debido a estas consideraciones la heredabilidad permite decidir si seguir una estrategia de reproducción asexual o sexual. El rasgo densidad de la madera, por ejemplo, es muy heredable, lo que indica que la vía sexual, sería muy apropiada, recomendación que al respecto realizan muchos autores.

c) Intensidad de selección: Con algunas estrategias la ganancia genética es una función monótona de la intensidad de selección. Por otro lado, el número de individuos seleccionados disminuye cuando aumenta la intensidad de selección.

El principal dilema en la elección de una estrategia, es decidir si explotar la aptitud de combinación general o la específica en un conjunto de progenitores. La selección recurrente es una de las variantes que permite escoger la primera de ellas. Con la selección recurrente se mejora la frecuencia de genes positivos con efectos aditivos en la población, por sobre los efectos no aditivos de las interacciones de dominancia y epistasia, por lo que es posible, a través de este método, concentrar genes para una característica cuantitativa conservando una variabilidad genética amplia.

Para mejorar una sola especie la estrategia más efectiva y más sencilla es la selección recurrente simple, en cambio si el objetivo de mejora es el híbrido entre dos especies, una posibilidad es la selección recurrente recíproca de las dos especies progenitoras.

COMPONENTES DEL PROGRAMA

En la Figura 1 se muestra un esquema con las principales líneas que se desarrollarán en el programa. En el diagrama destacan ciertos elementos entre los que se encuentran; la población base, la población de mejora, las poblaciones de producción y las pruebas genéticas.

Para la mayoría de las especies la **población base inicial** la constituyen, como se mencionó anteriormente, los ensayos combinados de procedencias y progenies. Esta población presenta la virtud de poseer una base genética amplia lo que posiblemente se traducirá en una alta variabilidad entre los individuos. En la medida que los caracteres de interés presentan mayor variabilidad es de esperar una mayor ganancia al realizar la selección.

Cuadro 3
 ESPECIES, PROCEDENCIAS Y NUMERO DE ARBOLES MADRES
 PRESENTES EN ENSAYOS ESTABLECIDOS EN EL PAIS

ESPECIE	LUGAR DE ORIGEN	Nº DE PROCEDENCIAS	Nº DE ARBOLES MADRES
<i>E. globulus</i> <i>ssp globulus</i>	Victoria	10	97
	Tasmania	25	128
<i>E. camaldulensis</i>	Victoria	9	108
	Southern Australia	1	10
	Northern Territory	2	25
	Queensland	11	60
<i>E. nitens</i>	Victoria	6	100
	New South Wales	10	87

Es muy importante determinar la cantidad y la naturaleza de la variación (genética aditiva y no aditiva, ambiental e interacciones), de modo de orientar adecuadamente las estrategias de mejora. Parte de esta información es extraída directamente de estas poblaciones, debido a que se establecen bajo la forma de ensayos de progenies.

Para especies que han sido introducidas al país en el pasado, como es el caso de *E. globulus ssp globulus*, se considerarán en forma adicional las plantaciones artificiales existentes. De este modo se explotarán las eventuales razas locales desarrolladas en las diferentes zonas. Por lo tanto, para estas especies la población base la constituirán tanto los ensayos de procedencias y progenies recientemente establecidos, como los bosques comerciales y otros rodales existentes con anterioridad (ensayos de introducción de especies y procedencias).

La **población de mejora** consiste en un subconjunto de individuos de la población base, el cual se seleccionará por sus cualidades para servir de progenitores en la siguiente generación de mejora genética (Zobel y Talbert, 1984). Los individuos seleccionados son cruzados entre sí, regenerando la variabilidad genética a través de la

recombinación de genes, y las plántulas obtenidas producto de estos cruzamientos se establecen en ensayos de progenies. Con la inducción de recombinación de genes entre genotipos superiores se busca crear nuevos genotipos que reúnan los mejores atributos de sus árboles padres (White, 1987). Los ensayos de progenies pasarán a ser la población base para una nueva generación al seleccionar los mejores individuos que en estos se presenten.

Las **poblaciones de producción** están representadas en el programa por las áreas productoras de semillas, los huertos semilleros y áreas de multiplicación de clones, desde donde se obtendrán semillas y propágulos vegetativos, para su utilización en labores operacionales de plantación comercial.

Finalmente, las **pruebas genéticas** constituyen un componente muy importante para el éxito del programa en el corto y largo plazo. Estas pruebas establecen las bases para la toma de decisiones respecto al manejo de los huertos semilleros (raleo de clones indeseables), y proporcionan el material y la información que será la base de los esfuerzos de mejora genética en generaciones avanzadas (Zobel y Talbert, 1984).

Los objetivos que persiguen las pruebas genéticas se pueden separar de la manera siguiente:

a) Ensayos de progenie: la mejor forma de afirmar que un árbol progenitor tiene una calidad genética superior, es comparar el rendimiento de su progenie con el rendimiento de la progenie de otros árboles. Estos ensayos se utilizan para separar las diferencias genéticas de las ambientales, sometiendo a todas las progenies a un ambiente similar.

El valor genético de los progenitores se expresa en términos de aptitudes combinatorias. La aptitud combinatoria general (ACG) refleja el rendimiento promedio de la progenie de un individuo cuando se cruza con otros individuos de una población (Falconer, 1981) y a su vez mide los efectos genéticos aditivos. Esta información es de gran utilidad para ralear los huertos, reteniendo los clones que produzcan las mejores descendencias.

b) Estimación de parámetros genéticos: la elección de las características a mejorar, depende del grado de heredabilidad de ellas. Esta elección sólo se puede realizar cuando el genetista forestal ha determinado la contribución relativa del componente genético en la variación total (Zobel y Talbert, 1984). Los parámetros genéticos de utilidad se ilustran en el cuadro siguiente.

Cuadro 4
PARAMETROS GENETICOS DE UTILIDAD A CONSIDERAR

Parámetros genéticos	
1.	Variación de las procedencias
2.	Varianza aditiva
3.	Varianza no aditiva
4.	Varianza fenotípica
5.	Heredabilidad
6.	Interacción genotipo-ambiente
7.	Correlación juvenil-adulto
8.	Correlación entre caracteres
9.	Potencial de hibridación
10.	Estabilidad
11.	Endogamia
12.	Ganancia realizada

c) Estimación de la ganancia genética: la única forma de determinar con precisión los logros obtenidos en un programa de mejoramiento es comparar el rendimiento relativo de las líneas mejoradas con las no mejoradas. Esta comparación, expresada por medio del diferencial de selección y la heredabilidad del carácter, constituye la ganancia genética.

d) Producción de una población base para las siguientes generaciones de selección y cruzamiento: una de las funciones más importantes de las pruebas genéticas, a largo plazo, es la de proporcionar una fuente de material a partir del cual puedan hacerse selecciones para la siguiente generación (Zobel y Talbert, 1984). Para esto es fundamental efectuar las pruebas genéticas adecuadas, de modo de manejar correctamente la depresión por endogamia y la pérdida de alelos que pudiesen ser de utilidad en el futuro (Bridgwater, 1990).

ESTRATEGIA A CORTO Y LARGO PLAZO

Con el fin de asegurar el éxito de un programa de mejora genética en el tiempo, se debe tener siempre presente el logro de dos objetivos básicos:

a) Obtener la mayor ganancia en el menor tiempo posible a través de la selección y producción de material mejorado.

b) Mantener una base genética amplia y diversa, que permita alimentar de material mejorado los huertos de producción de generaciones avanzadas, asegurando

ganancias sostenidas y progresivas en el tiempo.

Línea de corto plazo

La línea de corto plazo, en sentido amplio, se refiere a la implementación de líneas de acción a fin de contar con semilla mejorada lo más pronto posible.

a) *Áreas productoras de semillas*

Con el fin de obtener semilla local y con cierto grado de mejora, se crearán áreas productoras de semillas (APS) a partir de rodales establecidos en el programa de introducción de especies y procedencias (Fig. 1).

En la elección de los ensayos, se debe considerar la localización del rodal respecto a fuentes externas de polen, de modo de evitar contaminación, especialmente de otras especies con las que eventualmente la especie escogida pudiese tener afinidad para hibridar. Además, se debe poner atención al número de árboles padres que dieron origen al rodal, a fin de conocer el posible nivel de parentesco entre los individuos y considerar los efectos sobre sus descendencias.

En estos ensayos se efectuarán raleos selectivos dejando en pie los árboles de mejores características. A partir de la revisión realizada se han escogido por el momento los siguientes ensayos:

Cuadro 5
ENSAYOS DE INTRODUCCION DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS
DESTINADOS A AREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS

PREDIO	TIPO DE ENSAYO	ESPECIE
Jauja	Procedencias	<i>E. nitens</i>
San Antonio de Loncoche	Introducción de especies	<i>Eucalyptus delegatensis</i>
Mel - Mel	Procedencias	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
Los Copihues	Introducción de especies	<i>E. nitens</i>

b) Fuentes externas de semillas

A corto plazo (4 - 5 años) se espera contar con información sobre las fuentes de semillas naturales más adecuadas para su introducción y establecimiento en el país. Esto se obtiene a través de la evaluación de los ensayos de progenies/procedencias. Con esta información los forestadores podrán adquirir semilla de las procedencias de mejor adaptación a los diferentes sitios en el país, mientras no se cuente con fuentes internas más apropiadas.

Por otra parte, con esta información será posible encargar una nueva colección de semillas con el objeto de incrementar el número de familias de las mejores procedencias. Por esta vía se espera ampliar la base genética disponible, aumentando las perspectivas de ganancia como resultado de una mayor participación de aquellas poblaciones naturales que presentan una mayor frecuencia de genes deseables.

c) Huerto semillero clonal

A la edad de 5 o 6 años (Fig. 1) se realizará una evaluación de los ensayos con el objeto de seleccionar los mejores individuos de las mejores familias, para alimentar los huertos de mejora y los huertos de producción. Para este fin se empleará un índice de selección que considere la información genética rescatable de los ensayos.

Cada zona de crecimiento debe contar con sus propios huertos de producción y mejora. Esto debido a las interacciones genotipo-ambiente que resultan de la mayor o menor adaptación de un genotipo específico a un sitio determinado.

Cuadro 6
**ENSAYOS COMBINADOS DE PROCEDENCIA
 Y PROGENIES ESTABLECIDOS EN EL PAIS
 DURANTE LOS AÑOS 1989 Y 1990**

ESPECIE	PROPIETARIO	PREDIO	UBICACION
<i>E. camaldulensis</i>	Instituto de Educación Rural	Escuela Agrícola Longotoma	La Ligua V Región
<i>E. camaldulensis</i>	Sr. Fernando Lira V.	Mel - Mel	Casablanca V Región
<i>E. globulus ssp globulus</i>	Bosques de Chile	San Agustín	Cauquenes VII región
<i>E. globulus ssp globulus</i>	Forestal Arauco	Los Hermanos	Cañete VIII Región
<i>E. globulus ssp globulus</i>	Forestal Valdivia	Los Copihues	Valdivia X Región
<i>E. nitens</i>	Forestal Millalemu	El Durazno	San Carlos VIII Región
<i>E. nitens</i>	Forestal Condor	San Lorenzo	Quilleco VIII Región
<i>E. nitens</i>	Agrícola Forestal JCE	El Morro	Mulchen VIII Región
<i>E. nitens</i>	Forestal Valdivia	Vista Alegre	Mafil X Región
<i>E. nitens</i>	Forestal Mininco	El Bajo	Mañihuales XI Región

La selección (figura 1) se inicia al escoger un número reducido de árboles, los mejores 40 ó 60 individuos, desde la población base. Estos individuos pasarán a constituir una población de producción, cuyo objetivo principal será la producción de semillas. Su traslado se efectuará mediante injertos y se instalarán en un huerto semillero clonal.

Figura 1
ESTRATEGIA GENERAL PARA LA MEJORA GENETICA DE ESPECIES DEL
GENERO EUCALYPTUS

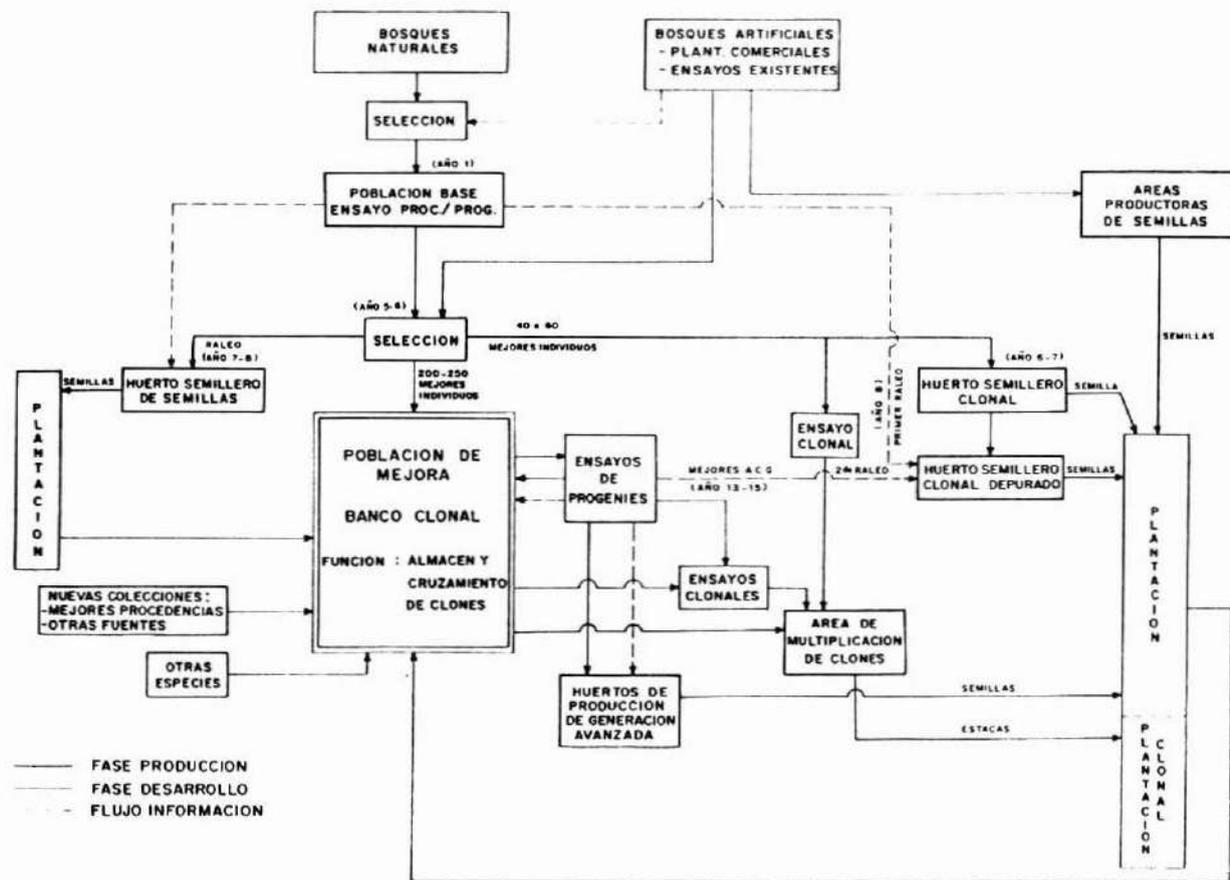


Figura 2
UBICACION GEOGRAFICA DE LOS ENSAYOS DE
PROCEDENCIAS Y PROGENIES



A su vez, estos individuos selectos son llevados, también vía injerto, a un huerto de mejora donde se realizarán cruzamientos controlados. Producto de los cruzamientos se obtendrán nuevas familias que serán establecidas en ensayos genéticos. Luego en estos ensayos se evaluará el desarrollo de las progenies a fin de estimar la calidad de los árboles padres como productores de descendencias de buenas características, lo que se obtiene a través del cálculo de la aptitud combinatoria general (ACG) de cada progenitor.

Si se presenta floración y si operativamente es factible, se iniciarán los cruzamientos controlados en la población base. De este modo será posible acortar el tiempo necesario para reunir la semilla y así establecer cuanto antes los ensayos de progenies.

Las especies del género *Eucalyptus*, en general, son precoces, alcanzando comúnmente la edad reproductiva en estados juveniles. En especies de climas templados es factible esperar floración entre los 5 y 7 años (Griffin, 1988).

El huerto semillero clonal se raleará aproximadamente 3 años después de establecido, de acuerdo a una nueva evaluación del ensayo original de procedencias y progenies. Este será un raleo de baja intensidad en el que se extraerán los clones de peor desarrollo. Luego, y una vez que se cuente con resultados de los ensayos de progenie por polinización controlada, se efectuará un raleo final, dejando en pie los clones que hayan demostrado tener mejores aptitudes combinatorias generales, es decir, los clones que generan en promedio las mejores progenies al ser cruzados con los otros clones. Se estima que esta información se obtendrá aproximadamente 9 años después de efectuada la selección y probablemente coincidirá con el momento en que el huerto esté pasando a una etapa de mayor producción de semillas.

El huerto semillero clonal de *Eucalyptus globulus ssp globulus* contará probablemente con individuos escogidos tanto en los ensayos de procedencias y progenies como en plantaciones artificiales. Esto dependerá en gran medida de los resultados obtenidos en los ensayos de progenies donde se compararán familias de árboles seleccionados en el área de distribución natural y familias de árboles seleccionados en las plantaciones comerciales existentes en el país.

d) Area de multiplicación de clones

Los mismos 40 ó 60 individuos selectos serán probados en ensayos clonales con el objeto de multiplicar vegetativamente los mejores para su uso en plantaciones comerciales. La ventaja que presenta el empleo de la propagación vegetativa se debe al aprovechamiento de los efectos genéticos no aditivos, y por consiguiente, la obtención de

una mayor ganancia genética.

El método de propagación más difundido en el mundo, con fines operativos, es el de enraizamiento de estacas. Uno de los problemas que comunmente surge en la aplicación de esta técnica, es el crecimiento anormal o plagiotrópico de los clones una vez establecidos en terreno. Este crecimiento anormal, que se produce aun cuando los propágulos son genéticamente idénticos al progenitor, comunmente se relaciona con la posición del propágulo en el árbol original y con la edad del donador al momento de ser cosechado.

Una forma de reducir o eliminar este efecto es utilizar material juvenil. Por lo tanto será necesario estudiar el comportamiento de las estacas enraizadas a la edad de selección (5 ó 6 años) y si se advierte la presencia de crecimiento plagiotrópico, se debe buscar el método de rejuvenecimiento del material.

Un mecanismo es talar los árboles selectos de los ensayos de procedencias y progenies y trabajar con los rebrotes del tocón. Al aplicar esta práctica surgen algunos inconvenientes puesto que interfiere con las labores de polinización y con futuras evaluaciones de los ensayos. Otros métodos utilizados son el cultivo de tejidos y la extracción de estacas, una vez injertado el material adulto. Este último sistema ha demostrado ser efectivo en algunas especies (*Acer rubrum*), en donde estacas enraizadas obtenidas de injertos, responden como si fueran juveniles, aun cuando el injerto original provenga de un árbol de mayor edad.

La capacidad de enraizamiento de estacas difiere enormemente entre las especies del género *Eucalyptus*. Hay especies fáciles de propagar como: *E. camaldulensis*, *E. deglupta*, *E. grandis*, *E. tereticornis* y especies difíciles de enraizar como: *E. globulus*, *E. nitens*, *E. citridora*, *E. maculata* y *E. cloeziana* (Campihnos, 1983; Chaperon, 1987). Se ha llegado a determinar que existe una fuerte relación entre la habilidad para enraizar y el clon de donde se extrajeron las estacas (Chaperon, 1987; Graca, 1987).

Dado que en el programa se trabajará con varias especies de *Eucalyptus*, es muy probable que se deban realizar cambios en esta actividad. En *E. camaldulensis* seguramente será posible utilizar la mayor parte de los individuos seleccionados, en cambio en *E. globulus* y *E. nitens*, sólo se podrá contar con un grupo de ellos y será necesario recurrir a otros árboles sobresalientes, no incluidos inicialmente en esta línea de mejoramiento a corto plazo.

En base a los resultados obtenidos de los ensayos de clones se escogerán los

mejores y se llevarán a los bancos de multiplicación clonal. Desde aquí se obtendrán los propágulos vegetativos, que una vez enraizados bajo invernadero serán llevados a plantaciones comerciales.

Estos bancos de multiplicación clonal son áreas destinadas a la producción de estacas y se manejan con la finalidad de producir abundantes rebrotes de tocón. Su superficie va a estar determinada por las características de la especie, la capacidad de invernadero y las metas de producción de plantas.

e) Huerto semillero de semillas

Por otra parte, se dispondrá de semilla mejorada cosechada directamente de los ensayos de procedencias y progenies. En otras palabras, estos ensayos o poblaciones base originales serán transformados en huertos semilleros de polinización abierta realizando en ellos raleos selectivos.

Con el fin de evitar el cruzamiento entre hermanos se dejará un individuo en cada parcela o repetición de la familia. Sólo se eliminarán familias o procedencias completas cuando estas sean notoriamente inferiores a las demás. Con esto se intentará mantener una base genética importante e inducir un amplio intercambio de genes entre los individuos de la población.

Uno de los objetivos perseguidos es fomentar la hibridización entre procedencias, de modo de crear genotipos no existentes en forma natural. Posteriormente, estos individuos serán plantados en diferentes sitios con el fin de enriquecer las razas locales desarrolladas en el país hasta esa fecha.

En estos bosques, a futuro, se harán nuevas selecciones y se incorporarán los ejemplares escogidos en el programa para su utilización en sus diferentes fases.

Estos huertos semilleros serán los primeros en proveer material mejorado para fines operacionales, lo que podría ocurrir, dependiendo de la especie, entre los años 7 y 10.

Línea de largo plazo

En la Línea de largo plazo se busca garantizar el éxito del programa a futuro, para lo cual es fundamental contar con una base genética inicial amplia y variable. Sólo de esta manera, se podrán obtener, a través de ciclos de selección y cruzamiento, ganancias

genéticas sostenidas en el tiempo.

Se prevé que el material genético presente en las poblaciones base constituye un sólido punto de partida para el programa. Esto se debe a que es una muestra bastante completa de las poblaciones naturales de las especies, que asegura no sólo la identificación de las mejores fuentes de semillas para el país, sino que además, la participación de un número bastante elevado de árboles padres no emparentados, lo que permitirá una mayor flexibilidad en el manejo de la endogamia.

El huerto de mejora y las pruebas genéticas (Fig. 1) son los elementos claves en el mejoramiento a largo plazo. En ellos se efectuarán las cruces del material seleccionado, se evaluarán los atributos de los árboles progenitores y se seleccionarán nuevos individuos para su utilización en generaciones avanzadas.

Como se mencionó anteriormente, alrededor de los años 5 ó 6 se efectuará la selección de árboles sobresalientes en la población base. Por una parte, un grupo pequeño de ellos, los mejores 40 ó 60 individuos, serán destinados al huerto de producción de primera generación. Por otra parte, un grupo más grande, los 250 ó 300 mejores árboles, se establecerán en un huerto de mejora y pasarán a ser la base de la mejora a largo plazo.

El huerto de mejora tiene por objetivo el almacenamiento y cruzamiento de los clones selectos. Debido a esto, debe ser establecido en sitios que aseguren una fructificación temprana y abundante y, a su vez, permitan la ejecución de las actividades de polinización en forma eficiente y a bajo costo.

Los individuos escogidos en la población base serán trasladados al huerto de mejora a través de injertos. Si esto no es posible, dependerá de la especie, se buscará otro método de propagación vegetativa, como enraizamiento de estacas o micropropagación. Una vez establecidos los clones selectos en el huerto de mejora se iniciarán los cruzamientos controlados bajo un diseño de apareamiento adecuado. De estos ensayos se generará la información requerida para evaluar las características y atributos de los árboles progenitores (ACG y ACE) y para calcular los parámetros genéticos (varianzas y heredabilidad) con los que se estimarán las ganancias genéticas.

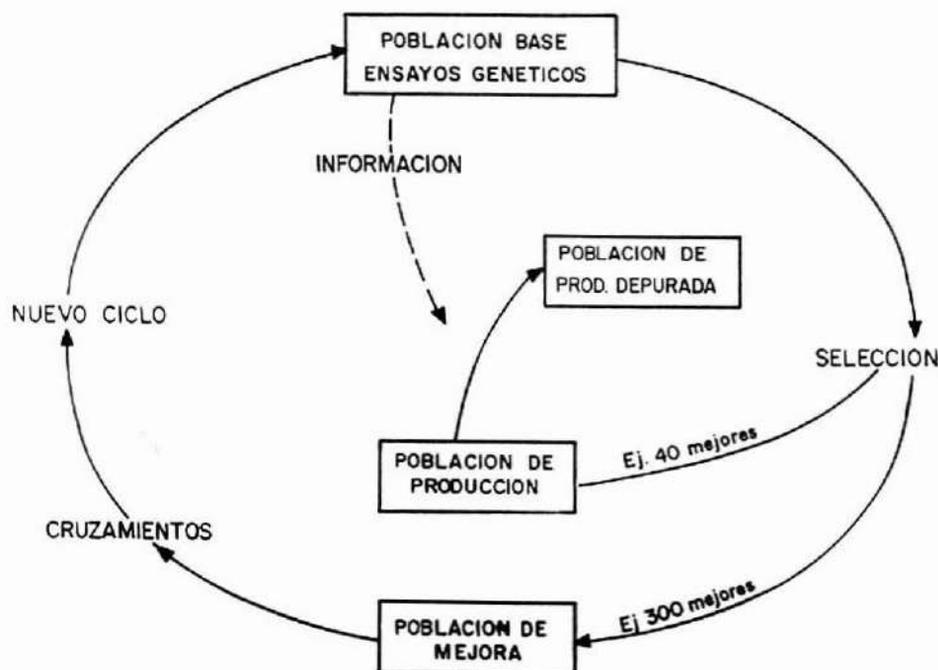
A su vez los ensayos de progenies pasan a constituir la población base para una nueva generación. Esto se logra escogiendo en ellos los mejores individuos dentro de las mejores familias y trasladando los ejemplares selectos a huertos de producción y mejora considerados de segunda generación. Posteriormente, los individuos selectos de este

nuevo grupo serán cruzados entre sí, estableciendo su descendencia en nuevos ensayos de progenies que serán la base para los huertos de tercera generación.

La selección de individuos realizada sobre la descendencia de progenitores selectos, supone un aumento en ganancia respecto a la selección inicial. Este método de selección, que involucra ciclos continuos de selección y cruzamientos a partir de una población original, se conoce como selección recurrente y es el sistema más empleado en programas de mejoramiento genético forestal (Figura 3).

Finalmente, en la medida que se obtengan individuos sobresalientes, en cada generación de mejoramiento se usará la reproducción vegetativa a fin de maximizar las ganancias genéticas (Figura 1). El estudio de la heredabilidad de los caracteres a mejorar, especialmente la estimación de la varianza genética no aditiva, será fundamental en la justificación del empleo de esta estrategia.

Figura 3
SELECCION RECURRENTE EN LA OBTENCION DE GENERACIONES AVANZADAS



EXPLORACION DE HIBRIDOS

En la actualidad muchos programas de mejora genética de especies de eucalipto en el mundo consideran como un aspecto importante el desarrollo de híbridos para su utilización en plantaciones comerciales.

La principal ventaja de la hibridación es que permite al genetista crear combinaciones de genes no existentes en forma natural reuniendo de esta forma, en una progenie, características que se presentan en poblaciones o especies por separado. Esta técnica es de gran utilidad cuando existen limitaciones ambientales que impiden el buen desarrollo de una especie en un sitio determinado. Son comunes las combinaciones entre especies de rápido crecimiento con especies resistentes a enfermedades, a las bajas temperaturas o al déficit hídrico.

El desarrollo de esta técnica en Chile crea interesantes expectativas, ya que permitiría aumentar las superficies potenciales de plantación empleando híbridos producto de la cruce de dos o más especies de eucalipto. A modo de ejemplo y considerando resultados obtenidos en trabajos realizados en el exterior, es factible pensar en combinar las altas tasas de crecimiento que muestra *Eucalyptus globulus ssp globulus* con la resistencia a las bajas temperaturas que presenta *Eucalyptus viminalis* (Potts y Cauvin, 1988). A su vez, se debe considerar que la recombinación de genes se produce para todos los caracteres, transmitiendo los progenitores al híbrido tanto rasgos positivos como negativos.

En ocasiones también se produce lo que se denomina vigor híbrido o heterosis. Este fenómeno ocurre cuando el individuo resultante supera los rasgos presentes en los árboles originales. Por lo general este término se asocia a una superioridad en crecimiento del híbrido respecto de sus progenitores.

El vigor híbrido no siempre ocurre, lo importante está en la capacidad del genetista forestal para reproducir este efecto. En ocasiones, la producción de plantas híbridas, ya sea empleando polinización libre o controlada, es dificultosa y comunmente se obtienen bajos rendimientos de semilla viable. Es en estos casos cuando la reproducción vegetativa adquiere relevancia, al permitir la reproducción masiva del híbrido obtenido.

Una de las mayores dificultades en la aplicación de esta técnica se refiere a la incompatibilidad entre especies. En la medida que las especies son taxónomicamente más cercanas mayores son las probabilidades de éxito. La incompatibilidad se puede presentar

debido a muchas razones, entre las que se encuentran barreras de tipo anatómicas, químicas y fisiológicas (Zobel, 1984). En la figura siguiente se entregan resultados de cruza realizadas entre especies del género *Eucalyptus* (Pardos, 1988).

Figura 4
CRUZAMIENTOS INTERESPECIFICOS EN EL GENERO *Eucalyptus*

		diversa piperita radiata linearis lindleyana obliqua regina	canadensis tereticornis rupestris	globulus strobilata macarthuri rubida terrestris moldavi	gamboccephala ornata elaeagnifolia salmonophloea occidentalis ostringens	diversicolor resinifera robusta granata boliviana	fruticetorum viridis leucosylon sideroxylon melaleuca paniculata crebra siderophloea	citriodora maculata torelliana estraylita
RENANTHERIA	Piperitas	diversa piperita radiata linearis lindleyana obliqua regina						
	Oblicua							
EXERTARIA	Tereticornis	canadensis tereticornis rupestris	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o
MAIDENARIA	Viminata	globulus strobilata macarthuri rubida viminalis cinerea moldavi	o o	o o	o o	o o	o o	o o
BISECTARIA	Comutae Oleosae Salmonophloea Occidentales Ostringens	gamboccephala sarnalis oleosae salmonophloea cladocarpa occidentalis ostringens	o o	o o	o o	o o	o o	o o
TRANSVERSARIA	Diversicolor Saligna	diversicolor resinifera robusta saligna granata boliviana	o o	o o	o o	o o	o o	o o
ADNATARIA	Oleosae Paniculatae Prunoseae	fruticetorum viridis leucosylon sideroxylon melaleuca paniculata crebra siderophloea	o o	o o	o o	o o	o o	o o
OCHRARIA	Maculatae Torellianae	citriodora maculata torelliana						o o o o o o o o o o o o
RIPARIA	Gumíferas	estraylita						o o o o o o o o o o o o

o = descendencia estant . = híbridos conocidos
 x = Pueden hibridar teóricamente * = hibridan = descendencia vigorosa



Las expectativas que se crean con la hibridación, tanto interespecífica como intraespecífica, son bastante grandes y en cierto modo sintetizan los esfuerzos del programa a largo plazo. La técnica permite, como se dijo anteriormente, reunir en uno o más individuos las mejores características presentes en los progenitores y se deben considerar como cruzamientos específicos de material distinto y mejorado, con el objetivo de incrementar los rendimientos y las características tecnológicas de los árboles.

Para justificar los esfuerzos humanos y económicos envueltos en esta línea, el programa debe contar con una base sólida capaz de entregar material altamente seleccionado a través del tiempo. Además, se deben realizar fuertes inversiones en investigación, principalmente en torno al estudio de la biología reproductiva de las especies.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo desean agradecer en especial la revisión crítica y recomendaciones realizadas por el Doctor Claudio Balocchi L., Director Cooperativa Mejoramiento Genético, UACH/CONAF/Empresas Forestales, y el Doctor Ricardo Alfá M., Departamento de Sistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), Madrid, España.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Balocchi, C.E. 1990. Cancore Tree Improvement Program. Bulletin on Tropical Forestry N° 7. North Caroline State University.
- Bridgwater, F. 1990. Mating Designs and Breeding Strategies for Forest Trees. En: Forest Tree Improvement Short Course. North Carolina State University. Raleigh. March 1990.
- Campinhos, E. 1987. Propagacao Vegetativa de Eucalyptus ssp. por Enraizamiento de Estacas. En: Simposio de Silvicultura y Mejoramiento Genético. CIEF. Buenos Aires. pp 209-214.
- Chaperon, H. 1987. Vegetative Propagacao of Eucalyptus. En: Simposio de Silvicultura y Mejoramiento Genético. CIEF. Buenos Aires. pp 215-231.
- C. de Almeida, C.M. et al. 1981. Estimativas de Herdabilidades e Correlacoes en Progenies Jovens de Eucalyptus citridora Hook. Revista Arvore. Vol. 5 N° 2. pp. 250-268.
- Cooper, M.A. y M.E. Graca. 1987. Perspectivas para Maximizacao de Enraizamiento de Estacas de Eucalyptus dunnii Maid. Circular Técnica N° 12. Embrapa. 9 p.

- Eldridge, K.G. 1971.** Genetically Improved Eucalypt Seed for Australian Pulpwood Forests. *Appita*. Vol. 25 N° 2. pp 105-109.
- Falconer, D.S. 1981.** Introduction to Quantitative Genetics. Logman. London and New York. 340 p.
- Griffin, A.R. 1988.** Flowering and Seed Production Processes in Eucalyptus. En: Eucalypt Breeding. Tree Breeding Course. Breeding Strategies. Department of Forestry. Australian National University, November 1988.
- Infor-Corfo. 1986.** Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Gerencia de Desarrollo AF 86/32. Santiago, Chile. 168 p.
- Kageyama, P.Y. y R. Vencovsky. 1983.** Variacao Genética em Progenies de uma Populacao de Eucalyptus grandis (Hill) Maiden. IPEF. Vol. 24. pp. 9-26.
- Krishnasuwami, S. et al. 1986.** Studies on Variance Components an Heritability one-parent families of Eucalyptus tereticornis. Kerala Forest Research Institute. India. pp. 297-300.
- Malan F.S. 1988.** Genetic Variation in Some Growth and Wood Properties among 18 full-sib families of South African Growth Eucalyptus grandis: A Investigation South African Forestry Journal. N° 146. pp. 38-43.
- Matherson, A.C. 1986.** Genetic Variation in the Pulp Qualities of Eucalyptus obliqua L'Hérit. *Appita*. Vol. 39. N. 3. pp. 205-212.
- Pardos, J.A. 1988.** Mejora Genética de Especies Arboreas Forestales. FUCOVASA. Madrid. 410 p.
- Potts, B.M. y B. Cauvin 1988.** Inbreeding and Interspecific Hybridisation un Eucalyptus. En: Proc. International Forestry Conference for the Australian Bicentenary. Albany. Wodonga. 17 p.
- Pryor, L.D. 1976.** The biology of Eucalyptus. Edward Arnold. London. 82 p.
- Seizo, E. et al, 1988.** Variacao Genetica e Interacao Progenies x Locais em Eucalyptus urophylla. IPEF. Vol. 39. pp 53-63.
- Volker, P.W. et al. 1990.** Genetic Parameters an Gains expected from Selection in Eucalyptus globulus in Tasmania. *Silvae Genetica*. Vol. 39. pp. 18-21.

Volker, P.W. 1988. A mating Design to Study the Role of Hibridization in Eucalypt Breeding. Tree Breeding Course. Breeding Strategies. Department of Forestry. Australian National University. November 1988.

White, T. 1987. A Conceptual Framework for Tree Improvement Programs. New Forest Vol. 4: pp. 325-342.

Wright, J. W. 1976. Introduction to Forest Genetics. Academic Press. New York. 463 p.

Zobel, B. J. y J. Talbert 1984. Applied Tree Improvement. Wiley. New York. 521 p.

CONTROL INTEGRADO DE *Sirex noctilio*. Roberto Ipinza Carmona y María Paz Molina, Ingenieros Forestales, División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Santiago. Braulio Gutierrez, egresado de Ingeniería Forestal.

INTRODUCCION

En Chile, las exportaciones forestales se sustentan fundamentalmente en las plantaciones de Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don), cuya superficie alcanza a aproximadamente a 1.200.000 ha. En 1990, las exportaciones llegaron a alrededor de 800 millones de dólares, demostrando un aumento sostenido a partir de 1985. Las proyecciones para el año 2000 indican una cifra superior a los 2000 millones de dólares.

El desarrollo actual y futuro de la actividad forestal exhibe una marcada dependencia en la especie pino insignie, esto obliga a extremar las medidas de seguridad en torno a la sanidad de esta especie forestal. Todo programa de protección sanitaria debe estar basado en un profundo conocimiento tanto de los agentes bióticos como abióticos causantes de daños, y particularmente de aquellos agentes bióticos exóticos que no poseen enemigos naturales. El insecto *Sirex noctilio* F. o *Avispa de la madera* se incluye dentro de éste grupo, pudiendo transformarse en una plaga de extraordinaria gravedad, como lo demuestran los niveles de ataque alcanzado en países donde se ha introducido. Uno de ellos es Australia, en el que debido a la similitud de características climáticas y de crecimiento del pino insignie con respecto a Chile, merece una especial atención.

A pesar de que las características climáticas y de crecimiento del pino en Chile son similares a las de Australia, es difícil predecir el impacto económico que causaría el comportamiento epidémico de *Sirex noctilio*.

Por lo general las cifras de daño entregadas por la bibliografía no aclaran si el insecto realizó una labor de raleador natural, o si el daño provoca efectivamente una pérdida financiera. Para Australia, por ejemplo, se sostiene que *Sirex* ha provocado un 10% de pérdidas absolutas en volumen de producción (Casals, 1988), aunque algunos autores consideran que estas cifras son sólo el resultado de evaluaciones hechas en las particulares condiciones de una epidemia. Aún así, se perdieron miles de árboles explotables y estas pérdidas no se pueden considerar como raleo benéfico.

Contribuye a dificultar la determinación del daño económico, el hecho de que existe demanda para cualquier tipo de madera de pino. Incluso los árboles recién muertos por ataque de *Sirex* pueden usarse para producción de chapa (Casals, 1988), aunque si ya han pasado unos meses la madera sólo será apropiada para ser usada como fuente de

energía (Emater/Paraná, 1989).

Un impacto económico directo de la presencia de *Sirex* en Chile, sería su efecto sobre la exportación de madera. Sin duda esta se resentiría, pues muchos países importadores podrían dejar de serlo debido a sus disposiciones cuarentenarias.

En el sureste Australiano, *Sirex*, fue introducido accidentalmente desde Nueva Zelanda, adonde posiblemente había ingresado en importaciones de madera. Primero se le detectó en Tasmania en 1950 y 10 años más tarde en Victoria, desde entonces se ha difundido gradualmente a casi todas las áreas donde crece *Pinus radiata*. En 1980 ya había extendido su distribución hasta New South Wales y Southern Australia, y aunque desde 1970 se han venido aplicando medidas de control biológico, ultimamente completadas con tratamientos silvícolas, la avispa se sigue expandiendo hacia el noreste, a una tasa promedio de 30 a 40 km/año.

Una peligrosa particularidad del ataque de este insecto es que durante sus primeras fases puede pasar inadvertido, al concentrarse en pequeñas cantidades sólo en árboles suprimidos, pero una vez establecido en ellos puede expandirse rápidamente como consecuencia de condiciones climáticas adversas para sus hospedantes, especialmente después de un período de sequía.

La detección, relativamente reciente, de *Sirex noctilio* en Uruguay, Brasil y especialmente en Argentina, constituye un riesgo potencial muy grande para Chile y ha provocado una creciente preocupación en el Sector Forestal Nacional. Más aún por la existencia de información escrita que indica que el insecto ya se encuentra en el país (Bedding, R., 1991).

En virtud de lo anterior, se ha creído conveniente realizar una revisión de los antecedentes bibliográficos relacionados con *Sirex noctilio*, de modo que estos puedan contribuir al conocimiento de esta plaga, y así estar en condiciones de enfrentar adecuadamente su accionar epidémico.

BIOLOGIA DE *Sirex noctilio*

Características generales

La Avispa taladradora de la Madera (*Sirex noctilio*) es un insecto originario del Hemisferio Norte, específicamente de Europa y Norte de África, lugares donde normalmente se le considera sólo como una plaga de carácter secundario, asociada a coníferas

de la familia Pinaceas. Efectivamente se han encontrado hembras de esta especie realizando oviposición sobre *Larix*, *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga*, pero sólo se ha comprobado la emergencia de adultos desde especies del género *Pinus*, señalándose a *Pinus radiata* como su hospedante principal (Eldridge y Simpson, 1987; Holsten 1970; Talbot, 1977).

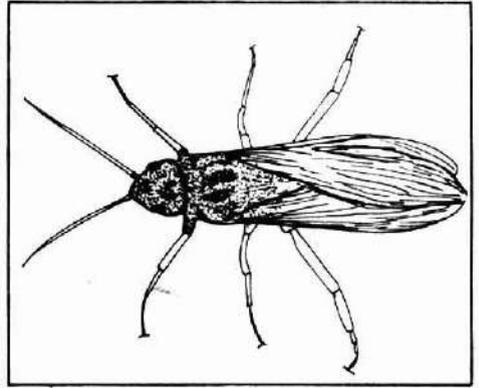
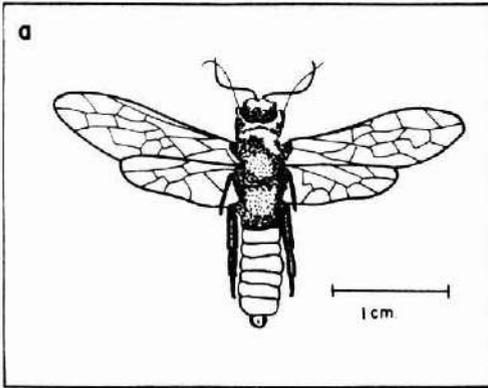
Los daños más serios y las pérdidas económicas más considerables se han producido en Australia y Nueva Zelanda, lugares donde han sido introducida, y han llegado a establecerse exitosamente como consecuencia de la similitud climática con su lugar de origen, la abundancia de árboles hospedantes producto de las extensas plantaciones de *Pinus radiata*, y también por la ausencia de sus enemigos naturales (Aguilar y Lanfranco, 1988; Eldridge y Simpson, 1987; Eldridge y Taylor, 1989; Hall, 1968; Neuman y Minko, 1981; Talbot, 1977).

En los últimos años se ha informado de daños considerables debido a esta Avispa en Uruguay, Argentina y Brasil (Aguilar y Lanfranco, 1988; Echeverría, 1985; Espinoza et al, 1986; Aguilar, Lanfranco y Puentes 1990).

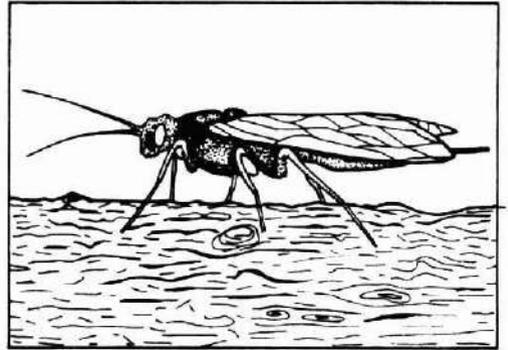
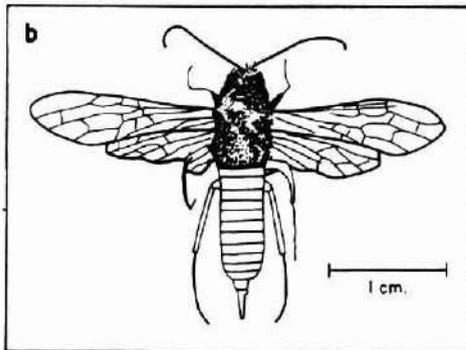
En los países sudamericanos se le ha encontrado sobre *Pinus elliottii* y *P. taeda*, pero la mayor cantidad de antecedentes e investigación se genera en Australia y Nueva Zelanda, donde fue introducida accidentalmente a principios de siglo y se ha difundido ampliamente atacando específicamente a *Pinus radiata*.

Las avispas adultas son grandes de cuerpos cilíndrico y robusto. El cuerpo de la hembra es de 2,5 - 4 cm, mayor tamaño que el del macho, de color azul metálico con patas de color pardorrojizo. Poseen antenas setáceas de 20 segmentos levemente pubescentes, caracterizándose por un grueso aguijón en el extremo del abdomen que le sirve como vaina para un ovipositor robusto, dotado de órganos especiales para contener esporas de un hongo simbionte asociado. El macho tiene la misma figura y básicamente es del mismo color, con excepción de los segmentos abdominales III y VII que son café amarillento, y las patas posteriores que son más oscuras. Las antenas son similares a las de las hembras pero con 21 segmentos. Ninguno de los dos sexos puede picar al hombre (Aguilar, Lanfranco 1988; Eldridge y Taylor 1989; Holsten, 1970). En la figura 1 se muestran los estados adultos de *S. noctilio*.

Figura 1
INDIVIDUOS ADULTOS DE *Sirex noctilio*



♂



♀

(Fuente : Neumann y Minko, 1981 Eldrige y Taylor, 1989)

Todas las especies del género *Sirex* tienen una asociación simbiótica con una especie de *Amylostereum*, un pequeño género de hongos saprófitos de gimnospermas. En el caso de *Sirex noctilio*, la relación es con *Amylostereum areolatum* con el que le une una simbiosis obligada (Eldridge y Simpson, 1987).

Ciclo biológico

Normalmente, el ciclo biológico de *Sirex noctilio* se produce en el transcurso de un año, pero algunos individuos pueden completarlo en 2 ó 3 meses, especialmente cuando el ataque se concentra en árboles de diámetro pequeño y las condiciones climáticas le son favorables. Este ciclo corto se presenta entre Verano y mediados de Otoño, cuando existe alto déficit hídrico (Aguilar, Lanfranco 1988; Espinoza et al 1986). Por otra parte el ciclo biológico puede extenderse por más de 12 meses, cuando las condiciones le son adversas. En este sentido Neumann y Minko (1981) afirman que normalmente cerca de un 9% de la población experimenta un ciclo de dos años, pero que en el más frío clima de Tasmania, este porcentaje puede llegar al 50% y que incluso puede requerirse de un tercer año para que se complete. Por su parte Holsten (1970) indica que el 70% de la población emerge al primer año y el 30% restante en el segundo año, señalando que si la temperatura es baja, la duración del ciclo aumenta y la emergencia es menos uniforme.

Los adultos generalmente emergen desde Diciembre hasta finales de Abril, alcanzando un máximo de población a mediados de Verano (Aguilar y Lanfranco, 1988). Taylor (1981) señala que en Tasmania la emergencia de los adultos presenta cierto desfase, extendiéndose desde Enero hasta Mayo y con una cima poblacional en Enero y Marzo.

En ambos casos los machos emergen antes que las hembras y forman enjambres en torno a los ápices de los árboles más altos, donde se produce el apareamiento. Machos y hembras emergen sexualmente maduros y por tratarse de una especie partenogenética, la hembra puede ovipositar inmediatamente, sin necesidad de aparearse.

La dispersión se produce a través de poderosos vuelos de corta duración, extendiéndose sólo en unos pocos kilómetros por año, durante la época de Verano, probablemente debido a que el lapso de vida de las hembras rara vez excede los 5 días y el de los machos 12 días, y a menos de una semana para ambos sexos durante la temporada de Otoño (Neuman y Minko, 1981). Después de este vuelo inicial, las hembras comienzan la oviposición en árboles apropiados, taladrando agujeros a través de la corteza hacia la

albura y persistiendo en esta actividad hasta que mueren, lo que ocurre cuando se agotan las reservas de su cuerpo, puesto que en estado adulto no se alimentan (Holsten, 1970; Taylor, 1981).

Junto con los huevos, las hembras introducen mucus fitotóxico y esporas del hongo simbiote *Amylostereum areolatum*. Las esporas germinan antes de la eclosión de los huevos, acondicionando la madera para el desarrollo de las larvas.

Los huevos normalmente eclosionan dentro de 14 días después de la oviposición, aunque Holsten (1970) afirma que el período de incubación es de 16 a 28 días. Independiente de esta discrepancia, se reconoce que estos pueden permanecer latentes por mucho más tiempo, incluso varios meses, cuando la temperatura es baja, y que la eclosión se ve favorecida por las condiciones creadas por la acción del hongo y del mucus fitotóxico que la hembra inyecta en los túneles de oviposición (Eldridge y Taylor, 1989).

Taylor (1981) afirma que las larvas nacen de los huevos sólo cuando las perforaciones que los contiene son invadidas por hifas del hongo simbiote. Aunque Coutts (1969) señala que este estímulo no siempre es necesario.

Los huevos están encerrados en una vaina blanca suelta y lisa, son elipsoides y de color blanco, con una longitud de 1,3 a 1,6 mm por 0,3 a 0,35 mm de ancho. Son puestos en forma individual o de pares, en un número promedio de 200 por hembra, e insertados a unos 8 mm bajo la corteza.

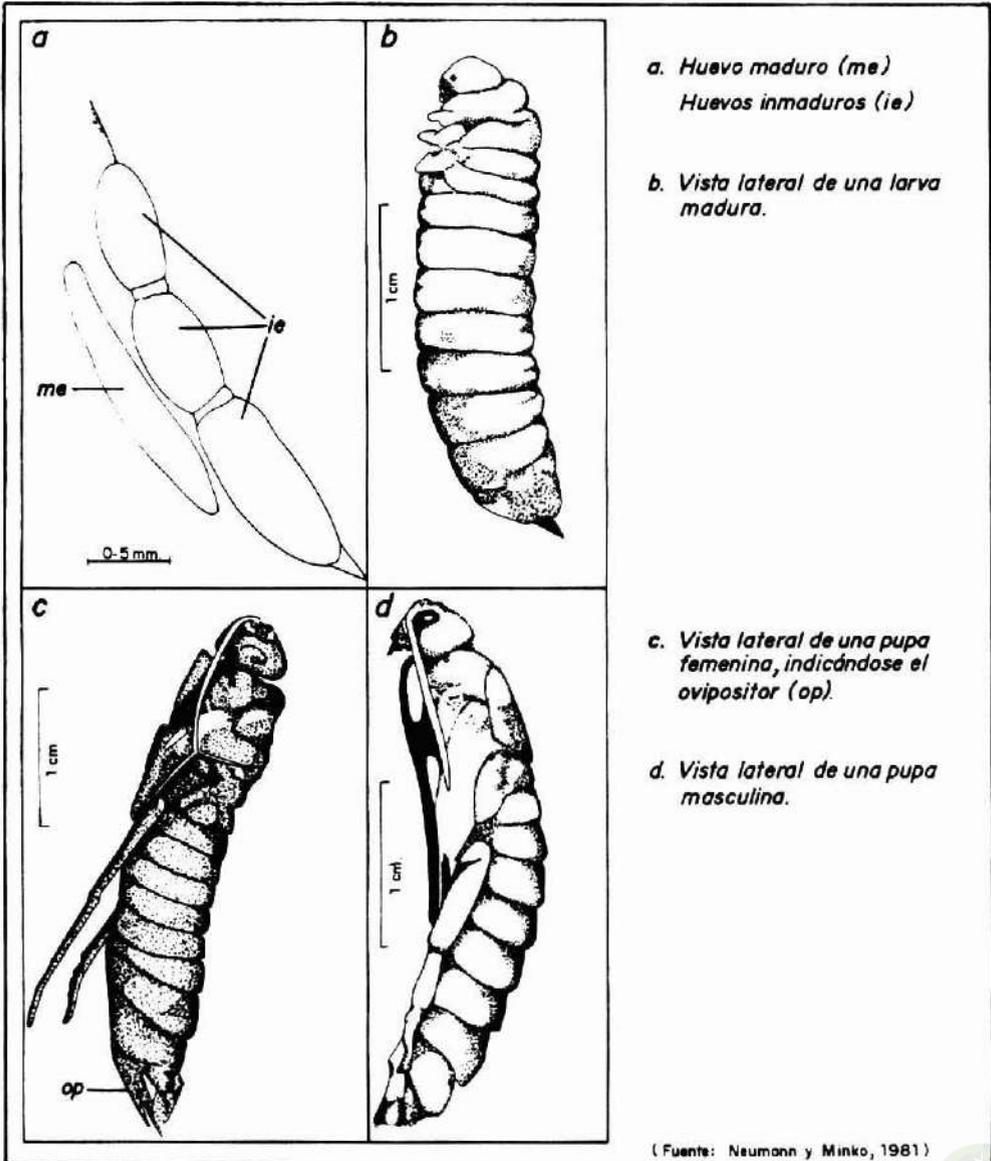
Después de la eclosión de los huevos, aparece una larva, la que mastica la madera alimentándose del hongo, el que para entonces, ha invadido las células de la madera que rodea el sitio de la oviposición. El período de desarrollo larval dura un año, durante el cual la larva crece, sin cambiar de forma, pasando por 6 ó 7 estados, en el mayor de los cuales alcanza 3 cm de longitud. Neuman y Minko (1981) destacan que se han observado larvas que pasan hasta por 12 estados, indicando que aparentemente se requieren 5 mudas para que pueda alcanzarse el estado de pupa.

A pesar de esto, en Victoria, Australia, pueden emerger pequeños individuos machos después de tan sólo 3 estados larvarios, en un ciclo biológico de 2 a 3 meses que se presenta en árboles de diámetro pequeño.

Las larvas son blandas y de color blanco, con una cabeza redonda, bien desarrollada y dotada de fuertes mandíbulas oscuras y dentadas. Poseen tres pares de patas

torácicas, fuertemente pigmentadas pero muy rudimentarias, y un prominente aguijón oscuro o espina supraanal esclerosada en la punta del abdomen, la que retiene en todos sus estados y tal como se indica en la figura 2.

Figura 2
ESTADOS INMADUROS DE *Sirex noctilio*



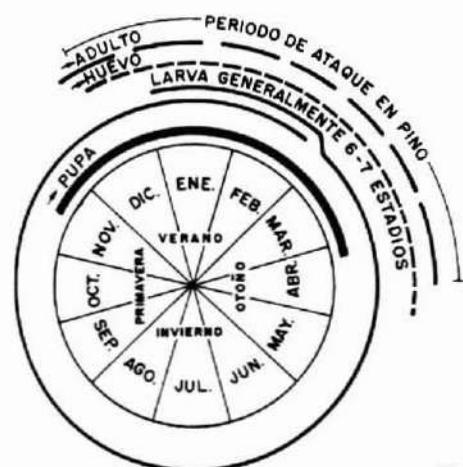
Durante las primeras etapas la larva permanece en la albura, avanzando en la madera hacia el duramen. Al terminar la tercera etapa alcanza una longitud de 6 a 8 mm y ha penetrado 15 a 20 mm en la madera. En el cuarto estado la galería se orienta hacia el duramen, mediante un sistema de túneles serpenteantes que posteriormente se dirigen otra vez hacia el exterior, a la zona cambial, para pupar en la albura, a unos 5 centímetros de la superficie de la corteza (Holsten, 1970; Eldridge y Taylor, 1989; Taylor 1981).

El período de prepupa es corto, alrededor de 2 semanas, seguido de una fase pupal de 20 a 28 días, los que se extienden entre Agosto y Septiembre según Espinoza et al (1986), o desde mediados de Noviembre hasta comienzos de Abril según Aguilar y Lanfranco (1981) citando a Neuman y Minko (1981).

Las pupas tienen una longitud promedio de 25 mm, son de color blanco marfil y gradualmente van adquiriendo el color del adulto.

Al finalizar esta fase se ha originado el imago, el que emerge de la cámara pupal en Verano u Otoño, a través de un agujero circular de 3 a 8 mm de diámetro perforado en la madera, y así da comienzo el ciclo nuevamente (Figura 3).

Figura 3
CICLO DE VIDA *Sirex noctilio*



CICLO DE BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* OBSERVADO EN EL SURESTE DE AUSTRALIA Y POSTULADO PARA CHILE EN CASO DE UNA EVENTUAL INTRODUCCION.

(Fuente: Aguilar y Lanfranco, 1988)

Potencial reproductivo, mortalidad y dispersión

La hembra adulta puede poner entre 50 y 500 huevos, dependiendo de su tamaño y longevidad. Según estudios de correlación citados por Neumann y Minko (1981), la hembra de tamaño medio tiene una disponibilidad de 212 huevos (fecundidad potencial). Tomando este valor como fecundidad, asumiendo una proporción de hembras en la población de 0,25, con un ciclo de vida anual y cero mortalidad en los estados intermedios, se llega a que el potencial reproductivo anual es de 53 hembras por cada una. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$PR = P (H Q) n$$

donde,

PR = Potencial reproductivo o biótico

P = Población original (Empieza en uno)

H = Número de huevos que produce cada hembra.

Q = Proporción de hembras en la población o razón sexual

n = Número de generaciones en un año.

En condiciones de campo no se produce la oviposición de todos los huevos y normalmente se produce mortalidad en algunos estados intermedios de desarrollo.

Según experimentos realizados en las condiciones ideales de oviposición (23°C y 45% H.R.), hembras encerradas en jaulas junto con enjambres de machos, en pinos verdes recién cortados pusieron en promedio el 82% de su contenido estimado de huevos, mientras que otras encerradas sobre trozos cortados con 3 ó 4 semanas de anticipación murieron sin ovipositar.

Las causas más comunes de muerte de los estados inmaduros de *Sirex* son:

a) Parasitismo de los huevos en los ovarios de la hembra adulta por progenie del nematodo *Deladenus siricidicola*, parasitismo de los huevos y/o larvas jóvenes por avispa *Ibalidae* y parasitismo de larvas maduras por avispa *Ichneumonidae* y *Stephanidae*.

b) Muerte por inanición de la larva, debido a escasez de nutriente fúngico, como consecuencia del antagonismo con hongos lignimaculans causante del azulado o bacterias que producen toxinas o competencia con estados micetófagos de *D. siricidicola*.

c) Incapacidad del adulto para emerger desde el material hospedante.

d) Abundantes cantidades de resina o niveles de humedad extremos en la madera, también pueden provocar la muerte de larvas jóvenes y huevos.

e) Condiciones climáticas, especialmente precipitaciones primaverales superiores al promedio, tienden a reducir la supervivencia del insecto dentro del árbol.

Después de completada su metamorfosis, el clima sigue influyendo en la emergencia de los imágos. La mayor emergencia de adultos se produce en los días en que la temperatura está sobre el promedio y la presión barométrica ha descendido.

Se señala que los adultos pueden permanecer varios días en el árbol esperando condiciones apropiadas para salir. Potencialmente las hembras pueden volar hasta 160 km, predominantemente a favor del viento, pero cuando la velocidad de éste se aproxima a los 10 kms/hr, dejan de volar deteniéndose sobre los árboles (Taylor, 1981).

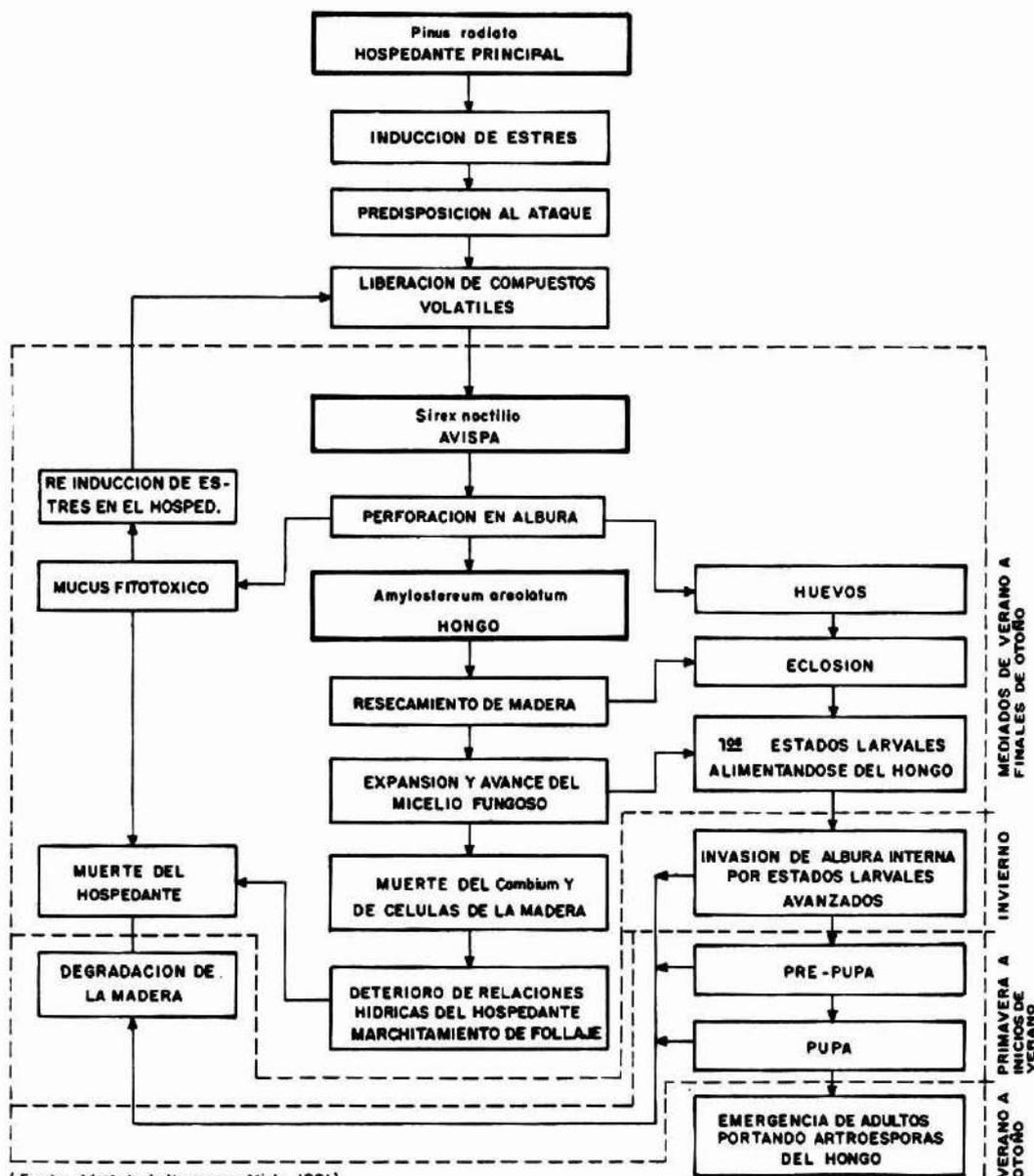
A pesar de su autonomía potencial de vuelo, en Australia su dispersión anual se realiza a una tasa que no supera los 30 a 40 km/año.

SIMBIOSIS

En todas las especies del género *Sirex* la hembra adulta lleva al hongo simbiote en un par de bolsas intersegmentales invaginadas, que sobresalen hacia el interior del cuerpo y que se conectan mediante ductos con el extremo interno del aparato ovipositor (Talbot, 1977).

Las relaciones simbióticas no se limitan al sirícido y el hongo. El nemátodo parásito de *Sirex*, *Deladenus siricidicola*, es totalmente dependiente en la naturaleza, tanto del hongo como de la avispa. Por otra parte las avispas parasitoides de *Sirex*, la localizan al menos parcialmente por el olor del hongo activo. A pesar de esta compleja trama de relaciones, la simbiosis principal es la que se verifica entre el hongo y la avispa, la que por la complejidad de los mecanismos involucrados constituye un notable ejemplo de coevolución (Taylor, 1981) (Figura 4).

Figura 4
ESQUEMA DE RELACION *Pinus* - *Sirex* - *Amylostereum*



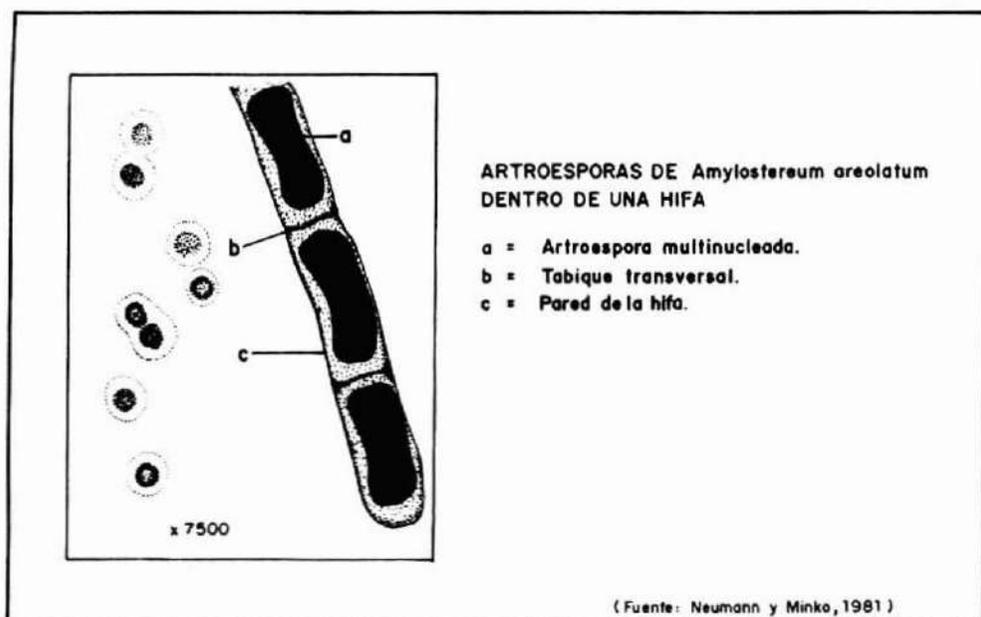
Identificación del hongo simbiote

Los hongos que se asocian con *Sirex* son Basidiomicetes (Corticiciales) del género *Amylostereum*. En el caso de *Sirex noctilio* se trata de *Amylostereum areolatum*, el cual constituye un simbiote obligado de la avispa. En otras asociaciones de especies de *Sirex* que atacan a *Cupresaceas*, *Taxaceas* y *Podocarpaceas* la simbiosis no es estricta (Eldridge y Simpson, 1987).

Frecuentemente ha habido desacuerdo en la identificación del hongo que se asocia con cada especie particular de *Sirex*. Es así como en un comienzo el simbiote de *Sirex noctilio* fue identificado como *Stereum sanguinolentum*, pero tras constatar que algunas de sus características, como las incrustaciones cristalinas del cistidio, no correspondían a este hongo, se hizo una nueva identificación que lo clasificó como *Amylostereum chailletii*. Posteriormente estudios más rigurosos determinaron definitivamente que la especie asociada a *Sirex noctilio* es *Amylostereum areolatum*.

Se sugiere que *Stereum sanguinolentum* y *Amylostereum chailletii* (sinonimia de *Stereum chailletii*), pueden estar asociados, en Alemania a *Sirex juvencus* y *Sirex noctilio*, aunque otros autores afirman que en ese país ambas avispas portan a *Amylostereum areolatum*. También se ha afirmado que algunas avispas no se han adaptado a un hongo en particular, asociándose con distintas especies de ellos, donde algunas son más dominantes que otras para establecer la relación. Esta última aseveración no es correcta, pues tras estudios realizados en diversas avispas y en distintas localidades geográficas, se ha concluido que éstas llevan siempre el mismo hongo (Talbot, 1977). Aunque podría haber diferentes cepas del hongo con distintos niveles de agresividad, En la figura 5 se muestran las artrosporas de *Amylostereum areolatum*.

Figura 5
HONGO SIMBIONTE DE *Sirex noctilio*



Beneficios de la asociación

El hongo simbiote *Amylostereum* se beneficia de la asociación con *Sirex* al ser ubicado en la madera de un hospedante adecuado, sin tener que penetrar por sí mismo a través de ningún tejido protector, además su crecimiento se ve favorecido por las secreciones glandulares del insecto. Con este eficiente medio de dispersión, el hongo no necesita producir cuerpos frutales. Efectivamente estas estructuras pocas veces se desarrollan en la naturaleza, lo que sumado a la escasez de aquellos producidos artificialmente en aislamientos en cultivos, ha dificultado la identificación del hongo por los taxónomos.

Por otra parte el hongo simbiote reduce el contenido de humedad de la madera verde a niveles más favorables para la eclosión de los huevos (30 - 70%), aporta nutrientes esenciales a la larva y provoca una pudrición blanca (tanto de naturaleza oxidativa como hidrolítica) en la madera, facilitando así la actividad perforadora del insecto durante sus etapas larvales (Gilmour, 1965; Neuman y Minko, 1981; Talbot, 1977, Coutts y Dolezal, 1966). En estos aspectos la avispa depende del hongo para su supervivencia.

Relaciones entre la anatomía de *Sirex* y el transporte del hongo

A diferencia de los machos, las hembras adultas y las larvas femeninas, a partir del segundo estado larval, poseen estructuras especiales para el transporte del hongo asociado.

En la base del ovipositor de la hembra adulta hay dos sacos intersegmentales internos, los cuales contienen en su interior pequeños fragmentos del micelio del hongo. Cada saco está conectado por un ducto al tubo bajo el cual pasa el huevo durante la oviposición. En esta vía, cada huevo es inoculado con el hongo inmediatamente antes de pasar del ovipositor al árbol (Neuman y Minko, 1981; Gilmour, 1965).

En la larva existen unas estructuras llamadas órganos hipopleurales, los que se sitúan externamente uno a cada lado del cuerpo, entre el primer y segundo segmento abdominal; ellos consisten en unas especies de bolsillos formados por profundos pliegues de la piel. Estos órganos están llenos de artroesporas, o cortas hebras (hifas) de micelio, las que están retenidas en una serie de cavidades encajadas en frágiles plaquetas de cera. (Taylor, 1981; Talbot, 1977; Neuman y Minko, 1981, Gilmour, 1965).

No está claro como la larva llega a infectarse con el hongo, ni como lo transmite al individuo adulto. Talbot (1977) postula que los órganos hipopleurales reciben fragmentos del micelio del hongo desde las paredes del túnel, cuando las larvas comienzan su actividad horadora. Por su parte Taylor (1981) señala que el hongo es descargado desde los órganos hipopleurales al final de la exuvia larval por movimientos reflejos del ovipositor mientras la hembra adulta emerge de la piel pupal (muda).

Curiosamente en la etapa pupal parecen no haber órganos para portar el hongo, el que está ausente en este período, o presente sólo como una pequeña hifa en la última etapa de la pupa femenina (Talbot, 1977).

No es hasta después que la piel pupal ha sido mudada y que el adulto comienza a perforar su agujero de salida, que se inoculan los hongos en sus sacos intersegmentales (Gilmour, 1965).

Se postula que las placas cerosas que contienen al hongo se sueltan en los bolsillos de los órganos hipopleurales en la última etapa larval. La arrugada piel de la larva y de la pupa permanece unida al ovipositor del adulto, hasta el momento de su emergencia. Las placas se liberan y rompen por movimientos punzantes y reflejos de la hembra que comienza a horadar su camino de salida del árbol. De esta manera algunas partículas de

las placas cerosas entran en contacto con el ovipositor y, debido a su superficie pegajosa, quedan adheridas a él. Posteriormente los movimientos alternados del ovipositor hacen que estas partículas se deslicen hacia afuera, a través de la abertura genital, y entren a los sacos intersegmentales (Gilmour, 1965; Talbot, 1977; Taylor, 1981).

Una vez dentro del saco intersegmental, que probablemente posee un medio favorable, el hongo crece rompiendo las placas cerosas y proliferando hasta formar una masa de filamentos hifales. Al emerger el adulto, los sacos están llenos con estos filamentos y listos para inocular a un árbol vivo (Gilmour, 1965).

Talbot (1977) sugiere un método más simple de transmisión del hongo desde la larva al adulto. Postula que el hongo puede pasar directamente desde las paredes del túnel larval a los sacos intersegmentales de la hembra adulta, pero reconoce que parece más probable que el hongo sea adquirido por el adulto, desde paquetes cerosos que se localizan sobre el ovipositor y que debido a movimientos reflejos de éste, se dañan o rompen liberando el hongo.

Por otra parte, aunque se sugiera que los paquetes cerosos puedan ubicarse directamente en los sacos intersegmentales, no se han encontrado restos de ellos en las bolsas. Aún así en condiciones experimentales se han podido infectar sacos intersegmentales con hongo tomado directamente de los órganos hipopleurales, lo que sugiere que las secreciones de la larva y del adulto son similares químicamente y en su efecto sobre el hongo (Talbot, 1977).

COMPORTAMIENTO Y FORMA DE ATAQUE

Atracción y selección de los hospedantes

Existe consenso entre los distintos autores para afirmar que *Sirex noctilio* generalmente no produce daño masivo en el bosque, sino que presenta un efecto aislado sobre los árboles de menor vigor. En este sentido, es especialmente atraído por los árboles suprimidos, faltos de vigor por competencia o directamente por sequía, privados de nutrientes o debilitados por insectos u hongos desfoliadores. Los árboles dañados por el viento o por faenas de poda o raleo, también le son atrayentes. Se ha observado además, una marcada preferencia por árboles vivos más que por volteados. Por su parte Coutts (1965) indica que el insecto tiende a evitar la madera con mayor contenido de humedad, lo que demostró experimentalmente al ofrecer simultáneamente trozas con contenido de humedad de 100% y 200% a avispas enjauladas, observando que éstas se mostraban reacias a atacar la troza más húmeda, pero que no dudaban en clavar repetidamente su

ovipositor en la de menor contenido de humedad. Análogamente Talbot (1977), indica que cuando la presión osmótica de la sabia del floema es alta, como ocurre en un árbol dominante y vigoroso, la avispa normalmente lo rechaza.

A pesar de lo anterior, cuando la población del insecto es alta, puede atacar y destruir árboles vigorosos (Neumann y Minko, 1981; Aguilar y Lanfranco, 1988). En estos casos el daño se inicia en los árboles débiles y se extiende posteriormente a aquellos más saludables, evitando por lo general a los de diámetro inferiores a 7 cm. (Holsten, 1970; Neumann y Minko, 1981).

La atracción que ejerce el árbol sobre el insecto depende de la severidad y persistencia del estrés fisiológico. De acuerdo a esto, Neuman y Minko (1981) distinguen las siguientes características en los árboles más atractivos para *Sirex*.

a) Baja tasa de división celular en el cambium, pero valores sobre el promedio en transpiración y respiración.

b) Alta tensión hídrica en el sistema vascular, asociada con una baja turgencia celular y baja presión de resina en la madera.

c) Floema con deficiencias nutritivas, parcialmente deshidratado, pobremente aireado y con baja presión osmótica.

d) Permeabilidad de la corteza superior al promedio, lo que se asocia a altas tasas de emisión de sustancias volátiles que atraen a *Sirex*.

Algunos compuestos volátiles producidos en el cambium son importantes en la atracción de *Sirex*.

La base de la atracción parece estar en la liberación de los hidrocarburos monoterpénicos, lo que ocurre a través de la corteza de árboles fisiológicamente estresados con presión osmótica reducida y detención de crecimiento (Taylor, 1981; Talbot, 1977).

El 95% de los compuestos volátiles no acuosos, que emanan de las trozas de pino recién cortados, se componen de 11 hidrocarburos monoterpénicos y el 5% restante se compone de cetonas y de alcohol transpinocarveol. De este amplio rango de compuestos, los vapores de la cetona, del alcohol y de algunos monoterpenos (alfa-pineno, beta-pineno, 3.mirceno y beta-felandreno) han despertado las mayores respuestas en atracción

de hembras de *Sirex* mediante estimulación de su sistema nervioso (Neumann y Minko, 1981).

Talbot (1977) señala que los árboles dañados que exudan resina, son especialmente atractivos para *Sirex*, afirmando que son las sustancias volátiles las que constituyen el atrayente principal para la avispa. Además de esto, el contenido de humedad y presión de resina bajos, unidos a un follaje agonizante, puede llegar a constituir una segunda fuente de atracción.

En forma artificial se ha podido atraer a *Sirex* haciendo uso de árboles cebo. Estos se preparan realizando una poda alta y un anillado bajo las ramas remanentes del árbol. La sección del tronco bajo el anillado atrae a las hembras de *Sirex* en 10 a 12 días después de la intervención. El árbol cebo retiene esta capacidad por periodos variables pero significativamente más largos que árboles similares sin anillamiento. Maden e Irvine (1971) verificaron que los árboles tratados, que sobrevivían a la intervención y al ataque de una estación, seguían siendo atractivos a la temporada siguiente. Resultados similares se han obtenido inyectando árboles con soluciones de herbicidas (Neumann et al, 1982).

Coutts y Dolezal (1967) extrayendo franjas longitudinales de corteza y floema en Pino Insigne lograron concentrar significativamente el ataque de *Sirex* sobre la sección desnuda del tronco.

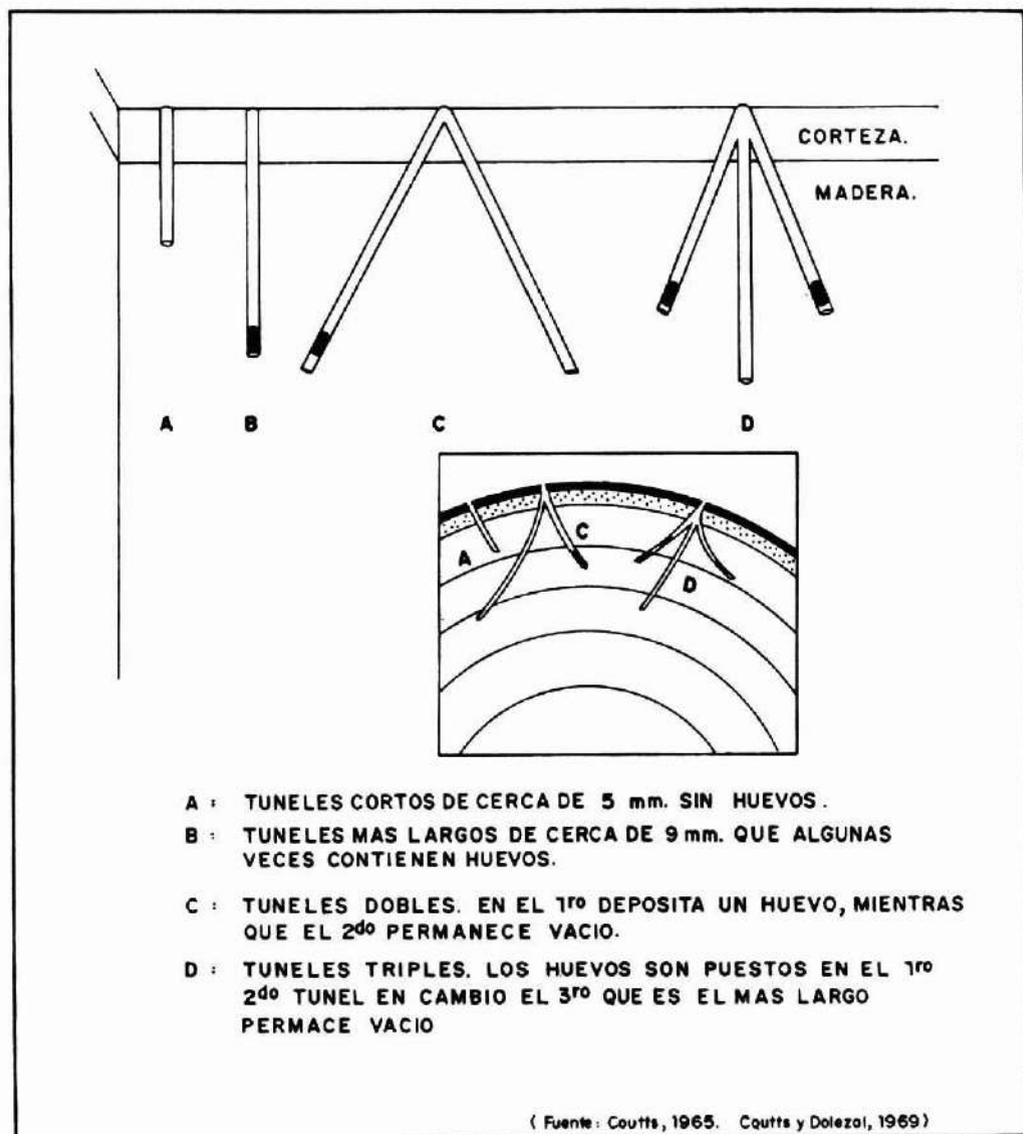
Los experimentos descritos tienen en común la atracción del insecto sobre árboles, o porciones de árboles, artificialmente debilitados lo que confirma la especial predilección que tiene el insecto por ese tipo de material.

Oviposición

La oviposición normalmente es precedida por una perforación exploratoria del posible hospedante (Eldridge y Taylor, 1989; Coutts y Dolezal, 1969). Si el árbol es vigoroso la hembra inyectará mucus fitotóxico y esporas del hongo. La postura de huevos la realiza sólo si se detecta que el árbol es poco vigoroso (Eldridge y Taylor, 1989; Coutts y Dolezal, 1969).

Se denomina sitio de oviposición a las perforaciones simples o múltiples que la hembra realiza a través de un agujero en la corteza (Figura 6).

Figura 6
ESQUEMA DE SITIOS DE OVIPOSICION



La proporción de túneles sencillos, dobles, triples etcétera, se denomina patrón de oviposición (Coutts, 1965) y está relacionado con la condición fisiológica del árbol (Coutts y Dolezal, 1969).

Para construir túneles múltiples, después de cavar el primer agujero, el insecto retira su ovipositor hasta que la punta está en el orificio de entrega y vuelve a cavar formando un ángulo con el túnel primitivo, de modo que ellos divergen a partir de un agujero de entrada común (Coutts y Dolezal, 1966; 1969).

Cuando la avispa taladra un túnel sencillo puede depositar o no, un huevo en él. Si los túneles son dobles normalmente coloca un huevo sólo en el primero, aunque en ambos deposita esporas del hongo. En cambio, cuando los túneles son triples, deposita un huevo en el primero y en el segundo, pero en el tercero, que está entre los otros dos y es el más profundo, suele depositar sólo esporas.

Se ha observado que cuando el contenido de humedad de la madera es muy alto o muy bajo, un gran porcentaje de los sitios de oviposición tiene sólo túneles sencillos, en cambio a medida que este parámetro se acerca a las condiciones apropiadas para el insecto, aumenta la proporción de túneles triples (Coutts, 1965).

En forma similar Neumann y Minko (1981) sostienen que los agujeros sencillos son hechos principalmente donde la presión osmótica del floema es alta (mayor de 12 atm), mientras que las perforaciones múltiples ocurren donde la presión es baja (2 a 8 atm).

Se afirma que las perforaciones sencillas contienen sólo mucus y artroesporas y que normalmente el insecto las practica para evaluar o predisponer a un árbol para su ataque posterior, en el que depositará sus huevos en perforaciones múltiples (Coutts y Dolezal, 1969; Taylor, 1981; Neumann y Minko 1981).

Forma de ataque y patogénesis

Sirex noctilio puede iniciar su ataque en las ramas de los árboles, particularmente en aquellos dañados por el viento, menos vigorosos o moribundos. En este material el insecto puede mantener latente una población baja por muchos años.

El incremento poblacional depende de la disponibilidad de material apto para desarrollarse, pues cuando *Sirex* está en bajas densidades no puede concentrar ataques de suficiente magnitud para matar árboles vigorosos.

En Australia el ataque de *Sirex* suele concentrarse entre mediados de Verano y de Otoño, es decir en el período en que la humedad del suelo generalmente es limitante y cuando la tasa de crecimiento del hospedante, al igual que el nivel de carbohidratos del floema están declinando rápidamente. De esta forma la inoculación del hongo y del mucus ocurre justo cuando los árboles presentan la menor tolerancia. Por estas razones experimentan una rápida mortalidad, la que incluso puede producirse en 6 a 8 semanas en algunos sectores de Victoria.

Al momento de avipositar la hembra deposita simultáneamente mucus fitotóxico y esporas de *Amylostereum areolatum*. El mucus causa clorosis en el follaje al alterar el flujo de nutrientes, creando un debilitamiento del árbol que lo hace más susceptible al ataque del hongo. A su vez la acción del hongo favorece la eclosión de los huevos y la alimentación de las larvas (Turnbull et al, 1972; Neumann y Minko, 1981; Eldridge y Taylor, 1989; Aguilar y Lanfranco, 1988; Espinoza et al, 1986).

La rápida traslocación del mucus hacia el follaje, produce un síndrome complejo de reacciones adversas en el árbol, de acuerdo con Neumann y Minko (1981) algunas de ellas son:

a) Cesa la mitosis y el crecimiento.

b) Se incrementa la actividad enzimática asociada a la conversión de nutrientes almacenados en forma de azúcares simples.

c) Aumento de la actividad respiratoria, lo que provoca un rápido agotamiento de los niveles de azúcares.

d) Destrucción de clorofila seguida del colapso del sistema vascular, lo que causa clorosis y caída prematura del follaje.

Las condiciones creadas por la acción del mucus fitotóxico, favorecen la germinación y crecimiento de *Amylostereum areolatum*. Con el desarrollo de este patógeno comienza la muerte de las células del floema, cambium, radios leñosos y también la desecación del tejido leñoso que se encuentra próximo al micelio (Eldridge y Taylor, 1989; Coutts y Dolezal, 1966).

Las hifas invaden los tejidos vasculares y traqueidas, ya sea por perforación o al disolver las paredes celulares en los puntos de contacto. Dentro de la traqueida, la difusión del hongo es significativamente más rápida a lo largo de la fibra que en sentido radial o

tangencial a ella (Neumann y Minko, 1981).

Como resultado de estos procesos las relaciones hídricas del hospedante se desmoronan completa e irreversiblemente.

Después que muere el árbol se produce una significativa degradación de la madera, como resultado de la actividad horadora de las larvas (Neumann et al, 1982; Neumann y Minko, 1981), para terminar con su desintegración por la acción conjunta de factores climáticos, insectos y hongos lignícolas.

En un comienzo se atribuyó la muerte del árbol a la acción del hongo, argumentando que éste cortaba el suplemento de agua hacia la copa, pues al secar la madera impedía que esta cumpliera la tarea conductora, y agregando además que podría liberar toxinas que afectarían al follaje (Coutts 1965; Coutts y Dolezal, 1966). Pero si bien, el desarrollo del hongo puede bloquear el flujo de savia, a través de una traqueomicosis, y así explicar la muerte al árbol, no justifica los rápidos cambios fisiológicos que se manifiestan durante las dos primeras semanas del ataque, cuando este aún no se ha difundido (Talbot, 1977).

Para explicar este fenómeno Coutts (1969) postula que alguna sustancia es translocada desde el sitio del ataque y que ella tiene un poderoso efecto sistémico sobre el árbol completo. Indica que es posible que se trate de una secreción del insecto la que está involucrada en la patogénesis.

Actualmente se reconoce que la muerte del árbol se debe a la acción del hongo sobre un individuo previamente debilitado por la acción del mucus fitotóxico, y que normalmente ni el hongo ni el mucus, son capaces de matar al árbol por sí solos, debiendo necesariamente actuar en combinación (Talbot, 1977; Neumann y Minko, 1981). La larva horadora no toma parte en la muerte del vegetal y solamente daña la madera.

Experimentos puntuales, señalan que *Amylostereum areolatum* es capaz de matar por sí solo a plantas de pino cultivadas a partir de explantos in vitro, pero no a árboles mayores en terreno. Efectivamente después de inyectar artificialmente el hongo en árboles de *Pinus radiata*, no se observaron efectos tóxicos. Sin embargo, al inyectar mucus de *Sirex noctilio*, los cambios fisiológicos tomaron lugar rápidamente (Talbot, 1977).

SINTOMATOLOGIA Y SIGNO

En síntesis, las características sintomatológicas del ataque de *Sirex noctilio* son:

clorosis progresiva e irreversible de las acículas, marchitez repentina del follaje adulto, y posteriormente del follaje de la estación, y una marcada caída de las acículas al iniciarse el período caluroso del verano (Neumann y Minko, 1981). Estos síntomas fisiológicos del ataque de *Sirex* son evidentes en la copa después de 5 a 10 días de la oviposición y son consecuencia de la rápida translocación al follaje del mucus fitotóxico inyectado por la hembra durante el ataque.

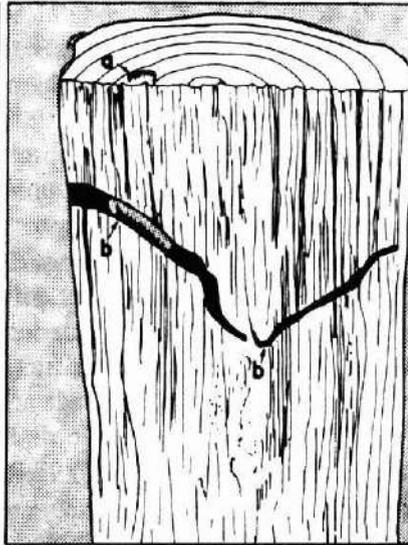
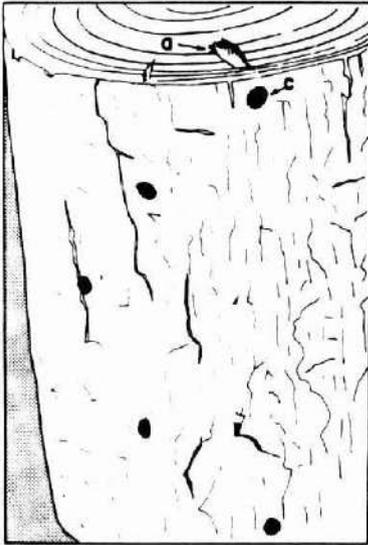
Una característica clásica en los árboles atacados por *Sirex noctilio* es la aparición de pequeñas gotas de resina que escurren por el tronco desde todos los puntos de oviposición (Aguilar y Lanfranco, 1988; Cassals, 1988; Espinoza et al, 1986; Neumann y Minko, 1981). Estos pequeños flujos de resina, que adoptan un color blanquecino sobre la superficie de la corteza, son según Eldridge y Taylor (1989) una evidencia que confirma que ha sido *Sirex* el agente de daño (figura 7)

El examen de la superficie de la madera inmediatamente bajo la corteza con flujo de resina, puede revelar una mancha vertical alrededor del diminuto agujero de postura (Eldridge y Taylor, 1989). Estas manchas oscuras, de forma oval o como bandas estrechas de color pardo grisáceo, corresponden a la acción del hongo que se manifiesta degradando la madera, principalmente a lo largo de la fibra en la albura más externa (Neumann y Minko, 1981; Aguilar y Lanfranco, 1988), y que al extenderse la infección eventualmente cubrirán el tronco del árbol.

A nivel del follaje se observa clorosis progresiva que se manifiesta después de 2 a 4 semanas, comenzando por las acículas viejas unidas al tronco y en las partes más bajas de las ramas. La porción basal de las hojas es la primera en mostrar el efecto. Posteriormente, si el árbol no es capaz de neutralizar el ataque, la clorosis y caída prematura se extiende a las acículas de las yemas, acompañándose del marchitamiento repentino de las hojas nuevas de las puntas de las ramas y la parte superior de la copa (Coutts, 1969). Durante este proceso se puede observar un gradual cambio de coloración hacia distintos matices del rojo, de modo que antes de la total caída de las acículas, el árbol se puede distinguir fácilmente por el acentuado color pardorrojizo que manifiesta.

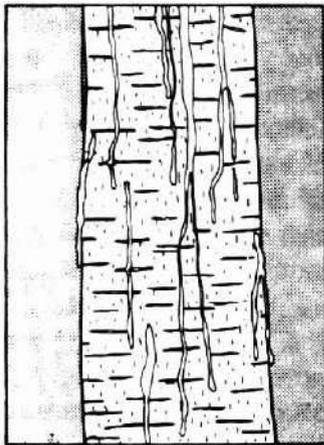
Otros elementos de diagnóstico son perforaciones circulares de 3 a 7 mm de diámetro en la corteza, las que corresponden a los agujeros de salida de los adultos (Aguilar y Lanfranco, 1988; Neumann y Minko, 1991). Estas aparecen después de 12 meses en toda la longitud del tronco, aunque en árboles grandes pueden estar sobre 4 a 6 metros de altura, por lo que son difíciles de ver a simple vista (Eldridge y Taylor, 1989).

Figura 7
EVIDENCIAS DEL ATAQUE DE *Sirex noctilio*

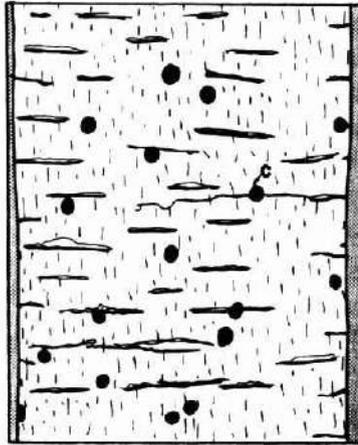


DEGRADACION TIPICA DE LA MADERA Y SINTOMAS DE DAÑO EN *Pinus radiata* DEBIDO AL ATAQUE DE *Sirex noctilio*.

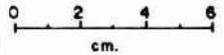
- a = Galería larval en sección transversal.
- b = Galería larval en sección radial.
- c = Orificios de emergencia.



GOTAS DE RESINA ESCURRIENDO EN ARBOLES AFECTADOS.



ORIFICIOS DE EMERGENCIA DE INSECTOS ADULTOS



(Fuente : Neumann y Minlo, 1981 Lavaderos, 1987)

La presencia de pequeños agujeros, con un diámetro aproximado de 0,14 mm, lo mismo que las galerías larvales y cámaras pupales vacías son elementos que permiten identificar al agente de daño. En el caso de las galerías larvales del fuste, estas son transversales y longitudinales con una extensión de hasta 20 cm, caracterizándose por contener en su interior un aserrín granular y compacto (Espinoza et al 1986; Neumann y Minko, 1981).

Los árboles atacados y muertos resultan evidentes en Otoño hasta fines de Invierno. Las grandes áreas afectadas son claramente observables desde el aire, aunque el daño normalmente comienza por los árboles suprimidos, los que no son detectables en inspecciones aéreas (Eldridge y Taylor, 1989).

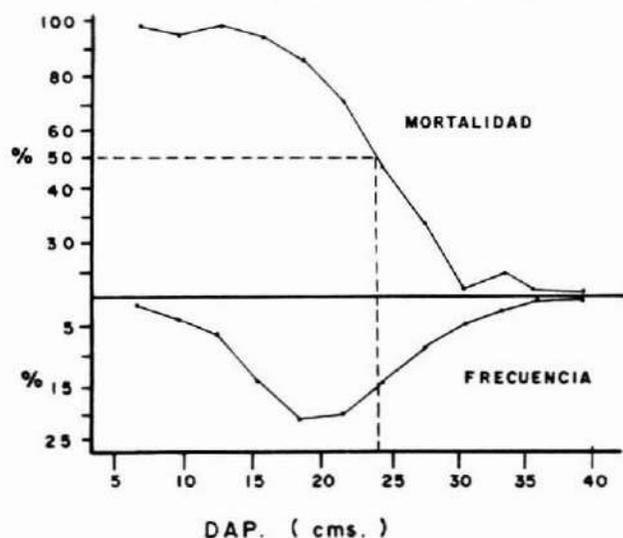
Eventualmente puede ocurrir que los árboles afectados no presenten síntomas externos, por esta razón en Nueva Zelanda es común el tener que observar secciones transversales del fuste. En ellas aparecen franjas radiales con manchas blancas y oscuras donde ha penetrado el hongo. Estas observaciones, además han permitido detectar que el ataque de *Sirex noctilio* comunmente evita la formación de las últimas capas de la madera de verano, en el anillo de crecimiento, dañando el cambium y a los radios leñosos, lo mismo que las traqueidas, las que se ven corroidas y repletas de hifas.

SUSCEPTIBILIDAD Y RESISTENCIA DEL HOSPEDANTE

Generalmente los árboles con la mejor capacidad para tolerar el ataque de *Sirex noctilio* son saludables, sin daño y presentan un crecimiento vigoroso, sobre buenos sitios y en rodales con regímenes de manejo apropiados.

Como norma se afirma que los individuos vigorosos con mayor desarrollo de copa, como los dominantes del rodal, son los más resistentes, mientras que aquellos suprimidos son los más vulnerables. Efectivamente, al analizar una plantación infectada se concluyó que el nivel de mortalidad se correlaciona significativamente con el DAP, determinándose adicionalmente que en términos de diámetro el umbral está entre los 23 y 26 cm. Bajo ese diámetro la mayoría de los individuos muere, en cambio sobre él, el número de supervivientes es significativamente superior. De acuerdo a Neumann y Minko (1981) los individuos con DAP superior a 29 cm permanecen sanos (figura 8).

Figura 8
RELACION ENTRE MORTALIDAD CAUSADA POR ATAQUE DE *Sirex noctilio*
Y DIAMETRO DE LOS HOSPEDANTES



(Fuente: Neuman y Minko, 1981)

Coutts (1968) agrega que parece existir una determinación genética de la resistencia al ataque, lo que es confirmado por Neumann y Minko (1981), quienes afirman que el follaje de algunos clones de *Pinus radiata* no es afectado adversamente por el mucus fitotóxico, y que incluso pueden neutralizar el ataque cuando este aún se manifiesta vigoroso en árboles cercanos de igual tamaño y edad.

La susceptibilidad del árbol se relaciona con la tasa de respiración del tejido floemático, estableciéndose que bajo condiciones de estrés, la respiración total del árbol aumenta, lo que produce un agotamiento del sustrato respiratorio y declinación de la presión osmótica. Estos fenómenos comienzan a manifestarse en la porción donde la tasa respiratoria es máxima, siendo esa zona la primera y más atacada por *Sirex noctilio*, con esto se explica además por qué se produce variación en la intensidad del ataque a lo largo del tronco.

La máxima tasa de respiración se produce a una altura que es proporcional al tamaño del árbol, y es ahí donde en individuos estresados se liberan los hidrocarburos monoterpénicos que atraen a *Sirex*. Al contrario, en árboles que crecen en buenos sitios, y con mayor precipitación, la declinación de la presión osmótica se produce en lugares muy localizados que no se relacionan con el tamaño del árbol.

Los árboles sanos y vigorosos tienen reservas adecuadas para resistir el ataque de *Sirex noctilio*, lo que realizan a través de dos mecanismos. El primero consiste en la inundación con resina de los agujeros de oviposición, lo que produce mortalidad de larvas y huevos, además de ejercer un efecto inhibitorio o tóxico sobre el hongo. El segundo mecanismo contempla la compartimentalización de la madera infectada por el hongo mediante una barrera de polifenoles fungiestáticos (Taylor, 1981; Coutts y Dolezal, 1966; Coutts, 1970). Ambos métodos dependen de la constitución genética y vigor del hospedante.

Otros mecanismos involucrados en los fenómenos de tolerancia, además de los mencionados, son: la capacidad del árbol para eliminar prematuramente el follaje adulto que concentra gran cantidad de mucus fitotóxico, y la capacidad para desarrollar nuevos tejidos funcionales de floema, cambium y xilema en torno a las lesiones (Neumann y Minko, 1981).

La resina es un elemento de gran incidencia en los mecanismos de tolerancia de las coníferas a numerosos hongos patógenos e insectos plagas. En pinos se ha correlacionado positivamente la resistencia a hongos con la capacidad del árbol para movilizar resina y se ha determinado también que los compuestos volátiles y las propiedades físicas de esa sustancia se relacionan con la resistencia al ataque de insectos (Kile y Turnbull, 1972).

Particularmente en el caso de *Sirex noctilio*, Gilmour (1965) indica que el árbol puede resistir el ataque secretando resina en los agujeros de oviposición, señalando además que esta respuesta del árbol depende de su contenido de humedad y del número de perforaciones por unidad de área. En esta situación el flujo de resina es la primera respuesta que se observa en el árbol, precediendo a la síntesis de polifenoles en las zonas donde la madera es afectada, y actuando como una barrera físico mecánica o química que limita la dispersión de *Amylostereum areolatum*. Por su parte Coutts (1965) señala que la capacidad de un árbol para sobrevivir a un ataque de *Sirex* depende, entre otros factores, de la presión y densidad de resina, como también de la cantidad y tamaño de los canales resiníferos. Adicionalmente se menciona que los árboles que producen grandes flujos de resina, tienen menos posibilidades de morir que aquellos que sólo producen pequeñas gotas o burbujas de ella (Coutts y Dolezal, 1966).

Los componentes volátiles y no volátiles de la resina de *Pinus radiata* inhiben el crecimiento de *Amylostereum*. Los efectos inhibitorios de esta sustancia se asocian con los compuestos terpenicos y con los alcoholes terpenoides presentes en la oleoresina.

Posiblemente sean el alfa y beta pineno los compuestos volátiles más importantes en esta inhibición. Estos comprenden el 98% de la fracción de aguarrás en la oleoresina de pino. Otros compuestos volátiles son más inhibidores, pero aparentemente se presentan en cantidades muy bajas como para ser efectivos (Kile y Turnbull, 1972).

Experimentalmente se ha confirmado que la resina es tóxica para los hongos degradadores de la madera, ya sea cuando se agrega al medio de cultivo o cuando el hongo es expuesto a sus vapores. Particularmente la resina y ácidos resinosos no volátiles, incorporados al medio de cultivo en concentraciones inferiores al 1%, inhiben el crecimiento de *Amylostereum areolatum*.

Además de secretar resina, los árboles que resisten el ataque de *Sirex* crean una barrera de polifenoles que encierra al hongo y detiene su crecimiento. En esta barrera participan componentes como la pinosilvina, etermonometílico de pinosilvina y vanilina. Los dos primeros compuestos tienen reconocidas propiedades fungitóxicas e inhibitoras de numerosos hongos de pudrición de la madera, incluido *Amylostereum areolatum* (Coutts, 1970).

Los polifenoles se concentran en cantidades apreciables dos semanas después de la oviposición, sugiriéndose que son productos a partir de alimentos translocados desde la copa o desde otros lugares almacenados.

Al iniciarse el ataque, el árbol con posterioridad a la emisión de resina comienza a concentrar polifenoles. Si esta respuesta la manifiesta con rapidez podrá controlar al hongo, pero también es posible que sea superado por la intensidad del ataque y no pueda seguir reaccionando. Esto puede deberse a que existe un límite a la cantidad de polifenoles que un árbol puede producir o porque la intensidad del ataque deteriora la salud general del árbol (Coutts y Dolezal, 1966).

La producción de resina está fuertemente influenciada por características fenotípicas como tamaño y vigor del árbol, la dependencia de la disponibilidad de carbohidratos para la producción de polifenoles entrega un nexo mayor entre vigor y resistencia al ataque de *Sirex*.

Existe por supuesto un control genético en los árboles para tolerar el ataque de la avispa. Es así como la gran variación en la capacidad de los árboles para resistir inyecciones de mucus, permite realizar estudios de resistencia genética con el objeto de cultivar clones resistentes (Taylor, 1981). En este sentido Turnbull et al (1972), reconociendo que existe una relación entre la reacción experimentada por ramas verdes

de pino sumergidas en solución acuosa de mucus extraído de avispas hembras y la resistencia al ataque del árbol del cual proviene la rama, han desarrollado un “ensayo de mucus”. Esta prueba permite evaluar la tolerancia de los árboles a *Sirex noctilio* y así identificar a aquellos que pueden constituir una fuente de material para propagar clones o progenies resistentes al ataque de la avispa taladradora de la madera.

CONTROL INTEGRADO

El control integrado es un programa de manejo de una plaga y/o enfermedad donde se combinan o integran varias técnicas de control. La efectividad de dos o más técnicas de control no sólo se observa en el efecto sinérgico, sino también en el costo total, que es menor que si cualquiera de cada una de ellas se aplicase por separado. En resumen, el objetivo básico de esta técnica es mantener, en un marco de factibilidad social, la interacción hombre, plaga y ambiente en un estado en que la ecología y la economía sean compatibles.

Se analizan los aspectos de exclusión, erradicación, control químico, silvícola y biológico, y como estos pueden integrarse para optimizar el esfuerzo de control a un costo mínimo.

Exclusión

Esta alternativa de control está destinada a excluir el territorio de Chile del *Sirex*. La estrategia para evitar la introducción de la avispa al país se basa en una estructura de severas cuarentenas.

En Chile, *Sirex noctilio* aún no ha sido oficialmente detectado, pero constituye un riesgo importante, considerando que actualmente más del 90% del recurso boscoso existente está constituido por *Pinus radiata*. Por otra parte su existencia en Argentina, Uruguay y Brasil acrecenta este riesgo, principalmente por el gran flujo comercial y turístico con estos países.

Especial preocupación existe por la situación en la frontera con Argentina, pues en ese país no se han llevado a cabo programas de control de plagas forestales. Particularmente en Bariloche, existen 5.000 hectáreas en condiciones de susceptibilidad a *Sirex* y la posibilidad de avance del insecto desde esa ciudad hacia territorio chileno es totalmente factible, porque si bien no hay plantaciones en todo el trayecto, si hay plantaciones lineales o cortinas, árboles aislados y bosquetes por los cuales podría pasar de la misma forma que lo hizo la Polilla del Brote (Forestal Celco, 1991).

La exclusión consiste en restringir el movimiento de material que probablemente pueda transportar al insecto, para esto existe una normativa que lleva a cabo el S.A.G. (Servicio Agrícola y Ganadero) y que se refiere a aspectos cuarentenarios y también de detección temprana o precoz, estas últimas son consideradas en las medidas de erradicación.

Las medidas legales tendientes a evitar el ingreso de *Sirex* (Casals, 1988; Forestal Celco, 1991) se refieren a las mercaderías que ingresan al país: madera aserrada y trozas. Los cuerpos legales son: La resolución 14 (1990) del SAG sobre internación de madera y la resolución 696 (1990) sobre tránsito de madera por Chile.

Estas resoluciones prohíben la internación de coníferas provenientes de países con presencia del insecto, además obliga a los países que presenten este ataque y que deban transitar por Chile, a hacerlo en contenedores cerrados y solamente por puntos habilitados en las regiones I, II y III. Pero lamentablemente esta normativa no incluye los embalajes de madera, así que en este momento puede estar ingresando al país una variadísima fauna. Además de lo anterior, se está implementando un programa de inspección de embalajes, en el cual al detectar algún agente cuarentenario vivo, se procede a la destrucción de su elemento portador con fuego o a fumigarlo con bromuro de metilo.

Las medidas de cuarentenas son totalmente inútiles si la plaga se encuentra en un estado incipiente en el país. Esto mueve a realizar algunas reflexiones sobre si la onda u ola primaria de la plaga ha penetrado en el país. Esta onda primaria aunque se sepa la causa, no es perceptible sobre los árboles hasta que aparecen los síntomas o se captura un insecto, es decir, se hace evidente la presencia de una onda visible. Entonces imponer una cuarentena estricta es factible siempre y cuando ésta se lleve a cabo antes de la llegada de la ola de infección.

La cuarentena no puede detener la ola de síntomas porque esta no es, en absoluto, una ola real, sino solamente una serie de acontecimientos que tienen lugar independientemente al cabo de un tiempo más o menos fijo después del paso de la ola real. Estas reflexiones son las que explican en parte el fracaso generalizado de la expansión regional de una plaga.

Erradicación

Estos programas deben ser destinados hacia la detección temprana o destrucción del material infectado. El SAG ha establecido un sistema de detección precoz sobre la base de que los cuerpos legales no surtan el efecto previsto, para esto se localizaron rodales de alto riesgo cerca de puertos marítimos y a sectores de aforo del físico de aduana, los que

se cree serán los primeros en ser atacados. También se ha contemplado un programa de inspección de embalajes.

Otro componente de la estrategia preventiva es la mejora de la calidad de las plantas de vivero, prevención y control del fuego, aplicación de raleos oportunos y selectivos, además de la detección temprana de síntomas efectuada por personal entrenado en terreno y familiarizado con las condiciones locales. Esto último suplementado con la inspección rutinaria de plantaciones y detallada vigilancia de la plaga.

La erradicación de *Sirex noctilio* desde grandes plantaciones bien manejadas no es posible ni necesaria, pues ellas proveen condiciones que sólo permiten el desarrollo de pequeñas poblaciones del insecto. Ocasionalmente podrían presentarse aumentos localizados de la población, pero debido a la ausencia de hospedantes adecuados, el daño declinará en forma natural. Además pequeñas poblaciones de *Sirex*, en plantaciones bien manejadas, pueden ayudar a la propagación natural y dispersión de sus agentes de control biológico (Neumann y Minko, 1981).

Desafortunadamente, en extensas plantaciones sobredensas existe una gran cantidad de individuos suprimidos con baja tolerancia a *Sirex noctilio*, los que pueden sustentar poblaciones mayores del insecto, y al presentarse condiciones adversas, como sequías o deficiencias nutritivas permitirán la expansión de la avispa hacia el resto de los árboles, complicando la situación de esas áreas y justificando por lo tanto la adopción de medidas de control.

Aplicación de tratamientos químicos

Sirex puede ser controlado al usar una combinación de medidas silviculturales y biológicas, pero no es posible hacerlo sólo mediante tratamientos químicos.

Los insecticidas de contacto, que se utilizan cubriendo la superficie de la corteza de los árboles, reducen considerablemente la longevidad y fecundidad de hembras, pero no evitan la oviposición ni la supervivencia de la progenie.

El uso de insecticidas sistémicos, es una alternativa posible para reducir la supervivencia de la descendencia del insecto. Cuando el producto queda bien distribuido dentro de la madera puede asegurar un contacto efectivo con los primeros estados de desarrollo de la avispa, así como también, la ingestión del producto por parte de la larva cuando se alimenta.

El insecticida se inyecta en forma aislada, en agujeros hechos en el tronco, lo más cerca posible del suelo, desde allí debe dispersarse en todas las direcciones, especialmente hacia arriba, tangencial y radialmente, y trasladarse hasta 25 mm de profundidad en la madera, para alcanzar la zona donde normalmente se depositan los huevos.

Morgan et al (1971), al aplicar los insecticidas fosforados y sistémicos, Fosfamidon y Bidrín en Pino Insigne, determinaron que ambos hacen disminuir la longevidad y fecundidad de *Sirex noctilio*. También señalan que los efectos sobre las larvas y huevos son destacables, especialmente en el caso de Bidrín, que ofrece un control absoluto en todas las dosis ensayadas. Agregan que ninguno de los dos productos inhibe el crecimiento del hongo dentro del árbol, encontrándose en la mayoría de los agujeros de oviposición gran cantidad de hifas.

Considerando que las larvas de *Sirex* tienen al menos una fase en que son micetófagas, la anulación del hongo con aplicaciones de antibióticos o fungicidas pueden ser otra forma de control químico de la avispa. Desafortunadamente los productos asperjados en las zonas basales de los fustes se difunden suficientemente en la madera como para inhibir el crecimiento del hongo, mientras que las inyecciones en el tronco producen una translocación en forma espiralada, sin un movimiento lateral del producto químico en la madera del árbol (Talbot, 1977).

Eldridge y Taylor (1989) destacan que las larvas de *Sirex noctilio* pueden sobrevivir al tratamiento de la madera cuando esta se impregne con sales C.C.A. (Cobre, Cromo, Arsénico) y que posteriormente emergen de ella como adultos viables. Por el contrario, señala que las fumigaciones con bromuro de metilo son efectivas para matar a las larvas dentro de la madera. Este último tratamiento, debido a la alta toxicidad del producto, debe realizarse bajo estrictas normas de seguridad, manteniendo la madera en una atmósfera confinada durante la aplicación y permitiendo una adecuada ventilación para disipar el gas al término del tratamiento.

Opción silvícola

Existe acuerdo en el valor de mejorar las prácticas silvícolas como un medio de controlar los ataques de *Sirex noctilio* sobre plantaciones de *Pinus radiata*, ya que el ataque ocurre principalmente en rodales con árboles débiles suprimidos, sobredensos y dañados por el fuego, heladas o sequía (Talbot, 1977).

Algunos tratamientos silvícolas que incrementan el vigor del rodal son apropiados para mejorar su resistencia a los ataques de *Sirex noctilio*. Es así como los raleos,

al incrementar el diámetro de los árboles, reduce la resistencia del daño sobre los individuos seleccionados. La fertilización sin embargo, no parece tener efectos tan importantes (Coutts, 1965).

Experimentos realizados en Nueva Zelanda confirman que la avispa taladradora puede atacar y matar a los árboles cuando estos son podados en los meses de Verano. Las cifras derivadas de ese ensayo indican que un 39 a 60% de los individuos podados entre Septiembre y Febrero, son atacados por la avispa, mientras que en los testigos sin podar, este valor no excede de 28% (Zondag, 1964; Coutts, 1965).

Espinoza et al (1986) señalan como apropiado para prevenir el daño, realizar los raleos en forma oportuna. Ellos recomiendan que estas intervenciones se hagan en forma sistemática y selectiva, extrayendo hileras completas de la plantación, y también los individuos menos desarrollados, o atacados por *Sirex*, en las hileras remanentes. La faena se debe completar con la eliminación total de los residuos. Destacan que usando este esquema no se produce daño significativo, y que al no ralear el nivel de ataque puede superar el 60% de los árboles, tal como se señala en la figura 8.

De acuerdo con Eldridge y Taylor (1989), en sectores donde *Sirex* ya está establecido, se puede minimizar el riesgo adoptando las siguientes medidas:

- a) Evitando la plantación en terrenos de fuerte pendiente donde no se realizarán raleos.
- b) Restringiendo las podas altas y raleos, al período entre Mayo y Noviembre, es decir fuera de la estación de vuelo del insecto.
- c) Raleando en forma selectiva para mantener el vigor de los árboles del rodal durante la rotación.
- d) Evitando dañar los árboles por fuego o tratamientos silviculturales.
- e) Eliminando rápidamente los árboles dañados por causas naturales.
- f) Manteniéndose un alto nivel de higiene en los rodales eliminando los árboles enfermos y muertos.

Un efecto lateral no esperado en ensayos realizados en Victoria, Australia, donde se probaban herbicidas para raleo químico no comercial de *Pinus radiata*, mediante

inyecciones a la base del tronco, fue que los árboles tratados podían atraer a gran cantidad de avispas, aunque la población de ellas en el sector fuera baja. Este hecho observado en Australia vino sólo a corroborar el principio del árbol cebo descubierto hace muchas décadas. Los árboles cebo localizados estratégicamente son de gran utilidad para la detección temprana, vigilancia periódica y el control de *Sirex noctilio* en plantaciones de pino susceptibles (Neumann et al, 1982). Se han detenido efectos análogos al anillar a los árboles para convertirlos en cebos.

Otra alternativa de control silvícola es la implementación de programas de mejora genética que permitan cultivar individuos resistentes a *Sirex*. En este sentido, se ha observado que un individuo vigoroso produce más etileno cuando es atacado por la avispa, de modo que esta variable puede servir como indicador del grado de resistencia (Talbot, 1977). De igual forma se puede identificar al material más tolerante utilizando las "Pruebas de Mucus" y posteriormente propagar a aquellos más promisorios.

Alternativa biológica

Las medidas de control biológico contemplan la introducción desde su lugar de origen y el establecimiento en el lugar de control, de enemigos naturales sean estos parásitos o predadores del insecto plaga que se pretende regular.

Este tipo de control se propone como una solución al problema de *Sirex noctilio*, tanto en rodales sobredensos (Neumann y Minko, 1981) como en aquellas plantaciones bien manejadas, las que pueden hacerse susceptibles al ataque de la avispa cuando las condiciones climáticas le son adversas, como ocurre durante los períodos de sequía (Eldridge y Taylor, 1989).

En el sudeste Australiano se ha utilizado esta estrategia de control, introduciendo y liberando avispas y nemátodos parásitos de *Sirex noctilio*, con lo que se han obtenido distintos grados de regulación de su población (Neumann et al, 1982). En Tasmania el control ha sido satisfactorio y las poblaciones de *Sirex* han declinado rápidamente a niveles muy bajos, mientras que en Victoria los nemátodos y avispas no siempre han sido capaces de prevenir el daño a las plantaciones, probablemente como consecuencia de la muy baja tasa de dispersión de estos agentes (Neumann y Minko, 1981).

Los principales agentes de control biológico de *Sirex* incluyen al nemátodo *Deladenus siricidicola* (*Neotylenchidae*) y a varias avispas parásitas de las familias *Ichneumonidae*, *Ibaliidae* y *Stephanidae* (Neumann y Morey, 1984; Eldridge y Taylor, 1989; Talbot, 1977; Neumann y Minko, 1981).

Algunos parásitos australianos nativos también infectan ocasionalmente a *Sirex*, pero no en grado significativo. Es el caso *Certonotus tasmanensis* (*Ichneumonidae*) que ha alcanzado niveles de parasitismo en Victoria y Tasmania de hasta 15%. Aún así su presencia es esporádica, resultando poco probable que juegue un papel importante en el control (Taylor, 1981). Adicionalmente, Talbot (1977) indica que las aves silvestres pueden tener un pequeño efecto en el control de la población de *Sirex*, pero que puede llegar a ser importante en algunas áreas específicas.

De entre los principales parásitos de *Sirex*, las avispas *Rhyssa persuasoria* (*Ichneumonidae*) e *Ibalia leucospoides* (*Ibaliidae*) fueron las primeras en ser introducidas a Nueva Zelanda, desde Inglaterra. Posteriormente se intentó introducir otras especies, pero sólo algunas de ellas se criaron con éxito, llegando a establecerse definitivamente las especies *Ibalia rufipes drewsewi* (*Ibaliidae*), *Megarhyssa nortoni nortoni*, *Odontocolon geniculatus* (*Ichneumonidae*) y *Schlettererius cinctipes* (*Stephanidae*) (Taylor, 1981). Ultimamente se ha confirmado la aclimatación en áreas de New South Wales de *Rhyssa hoferi*, procedente de norteamérica (Eldridge y Taylor, 1989).

La acción de estas avispas parasitarias es sinérgica, pues más que competir por las larvas de *Sirex noctilio*, se complementan entre sí.

Las especies *Ibalia leucospoides* e *I. rufipes drewseni* atacan a *Sirex* antes y después de la eclosión de los huevos, pudiendo parasitar el primer o segundo estado larval (Eldridge y Taylor, 1989). Ambas son endoparásitos hasta el tercer estado después emergen de la larva hospedante para transformarse en ectoparásitos.

I. leucospoides emerge más o menos en el mismo período que su hospedante, de manera que sólo puede atacar a *Sirex* cuando los huevos eclosionan en pocas semanas después de la oviposición. La subespecie *I. leucospoides ssp ensiger* emerge un poco más tarde en el Verano y por lo tanto mejora la eficiencia del control. Por Otra parte *I. rufipes drewseni* emerge en Primavera de modo que sólo puede atacar a *Sirex* cuando la eclosión de los huevos está retrasada. Por lo tanto no hay competencia entre ellas, aunque atacan al hospedante en el mismo estado de desarrollo (Taylor, 1981).

Las especies de *Rhyssa*, *Megarhyssa* y *Schlettererius* atacan a las larvas de *Sirex* en etapas más avanzadas de desarrollo (Eldridge y Taylor, 1989). estas emergen tarde en la Primavera o a comienzos de Verano, cuando la madera se ha resecado y muchas larvas de *Sirex* están retornando hacia la corteza para pupar. Todas las hembras de estos parásitos poseen un largo ovipositor, el que insertan a través de la madera para pinchar la larva del síricido y paralizarle. El huevo del parásito se deposita sobre la larva hospedante y el

individuo que emerge de él se alimenta ectoparasíticamente sobre el estado inmaduro de *Sirex*. Como consecuencia, la larva hospedante es destruida en pocas semanas. Después el parásito, especialmente *Megarhyssa*, puede pupar, y emergen adultos que atacan otra vez a la misma generación de hospedantes de la cual recién han emergido (Taylor, 1981).

Odontocolon geniculatus es un insecto pequeño que emerge en Primavera y que por poseer un avipositor corto, complementa el control, atacando a las larvas de *Sirex*, que por desarrollarse tardíamente se encuentran cerca de la superficie.

Neumann y Morey (1984) afirman que de las avispas mencionadas, sólo *Ibalia* puede ofrecer posibilidades de impacto sobre la población de *Sirex* del Norte de Victoria. Esto contrasta con antecedentes obtenidos en Tasmania, donde *Rhyssa*, especialmente *Rhyssa persuasoria*, tiene un comportamiento superior al de *Ibalia leucospoides*. Coincide, sin embargo con Talbot (1977), quién indica que *Rhyssa* es insuficiente para controlar a *Sirex* por sí sola, requiriendo complementarla con *Ibalia*, para obtener elevados porcentajes de parasitismo.

El escaso control alcanzado por algunas avispas puede deberse a las dificultades que tienen para localizar a su hospedante. En este sentido el hongo simbiote de *Sirex*, *Amylostereum areolatum*, juega un papel importante en la atracción de esos parásitos, los que responden a distintas concentraciones de estos en la madera, permitiéndoles encontrar a la larva de *Sirex* para parasitarla (Talbot, 1977; Taylor 1981).

El más efectivo agente de control biológico de *Sirex* es el nemátodo *Deladenus siricidicola* (Eldridge y Simpson, 1987; Eldridge y Taylor, 1989).

Talbot (1977) señala también como muy provisorio a *D. wilsoni*, pero agrega que ellos presentan el inconveniente de afectar a las avispas parásitas, especialmente a la de los géneros *Ibalia* y *Rhyssa*. Esta última aseveración es refutada por Neumann y Morey (1984), quienes señalan que la eficacia de los parásitos no se altera por efecto de *Deladenus siricidicola*, agregando que los niveles de emergencia de las avispas parásitas, al igual que sus proporciones de sexos, son independiente de la acción del nemátodo y que por lo mismo ambos agentes son complementarios.

Efectivamente, en lugares donde el nemátodo y las avispas parásitas se han introducido juntos e intensivamente, se han logrado tasas de control de hasta 90% (Eldridge y Taylor, 1989).

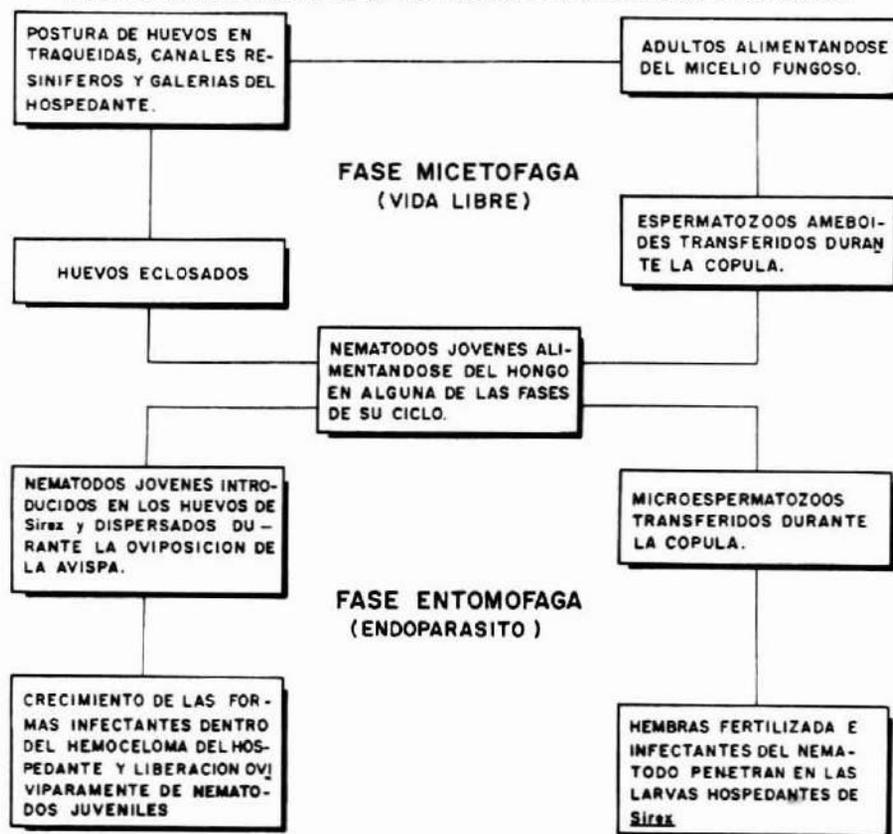
El nemátodo es superior a las avispas parasitarias como agente regulador, lo que

sugiere que el control de *Sirex* debe orientarse a la supresión de su capacidad reproductiva más que al parasitismo de sus estados inmaduros (Neumann y Morey, 1984).

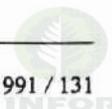
Deladenus siricidicola es un nemátodo que se caracteriza por su extraordinario dimorfismo, la hembra presenta una fase de vida libre, de alimentación micetófaga y otra forma endoparásita de alimentación entomófaga. Al infectar a *Sirex noctilio* produce en los individuos adultos una atrofia de huevos y ovarios y una hipertrofia de testículos, como consecuencia de esto, las hembras son esterilizadas, aunque no afecta a la fertilidad de los machos (Talbot, 1977; Taylor, 1981; Neumann y Morey, 1984; Zondag, 1979; Eldridge y Taylor, 1989). En la figura 9 se indica un diagrama del ciclo de vida del nemátodo *Deladenus siricidicola*.

Figura 9

DIAGRAMA DEL CICLO DE VIDA DE *Deladenus siricidicola*



(Fuente: Taylor, 1981)



Una larva de *Sirex noctilio* parasitada por una cepa efectiva de *Deladenus*, llega a contener hasta cien nemátodos. Al comenzar la pupación, la reproducción del parásito se incrementa rápidamente, liberándose los nemátodos juveniles en forma ovovivípara dentro de la hemoceloma de la pupa hospedante, para posteriormente migrar hacia sus órganos reproductivos. Al emerger la avispa hembra parasitada, oviposita normalmente, pero junto con el mucus y el hongo simbionte, deposita sólo cáscaras de huevos, las que contienen hasta 200 nemátodos jóvenes. Estos migran a la madera alimentándose del hongo que allí se desarrolla, posteriormente crecen y ponen sus huevos en la zona próxima al agujero de oviposición de las avispas, quedando a la espera de que otra hembra sana los siga dispersando (Taylor, 1981).

Neumann y Morey (1984) demuestran experimentalmente que la presencia del nemátodo no tiene efecto significativo sobre la mortalidad de huevos de *Sirex noctilio* y tampoco influencia en el número de adultos que emergen ni en su proporción de sexos. Además concluyen que el parásito no produce mortalidad de estados juveniles de la avispa y que tampoco incide sobre el tamaño de los adultos. Esto último difiere de otros antecedentes que indican que las larvas de *Sirex* pueden morir de hambre, antes de alcanzar el tercer estado larval, cuando la densidad del nemátodo en la madera es alta, o que como consecuencia de la competencia entre la larva y la fase micetófaga del nemátodo, se producen avispas adultas más pequeñas (Taylor, 1981).

Deladenus siricidicola puede ser rápida y efectivamente introducido en las plantaciones donde no se presenta en forma natural. Para ello el método más adecuado es cultivarlo masivamente sobre *Amylostereum areolatum* y posteriormente inyectarlo con una jeringa en árboles que poseen larvas de *Sirex noctilio* (Zondag, 1979). Este procedimiento permite cultivar millones de nemátodos y almacenarlos en frío por más de cuatro meses. En el anexo 1 se incluye la metodología utilizada por la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) para la preparación, almacenamiento, transporte y aplicación de inóculos de nemátodos (Tadeu, E. 1989).

La dispersión de nemátodos después de su inoculación artificial, depende del grado de actividad de las avispas, si este es bajo la posibilidad de establecimiento y dispersión de *Deladenus* es reducida.

Manejo integrado de *Sirex*

Es evidente que en un momento en que se empieza a tomar conciencia sobre el valor del ambiente y por la necesidad de fomentar las exportaciones forestales se debe procurar un razonable equilibrio entre las tecnologías contaminantes para controlar el

Sirex y la efectividad del control. En un intento de contribuir hacia la optimización del control de esta plaga se deberá construir una matriz de actuaciones por áreas sensibles o zonas de riesgo. En cada una de estas áreas se deberá tener presente los esquemas básicos de manejo que las distintas compañías realizan en esas zonas. Se deberá tener especial cuidado con los esquemas de manejo para producir fibra debido a que las plantaciones localizadas en estas zonas son las que exhiben el mayor nivel de riesgo del *Sirex*. Esto no significa que se deben descuidar las plantaciones con una silvicultura intensiva, ya que recientes observaciones en Brasil (Rusiñor, 1991) indican la presencia de *Sirex* en plantaciones manejadas en forma intensiva.

Una vez definida los estratos de riesgos se deben realizar inspecciones y vigilancia continuas y permanentes. El éxito de las medidas que aconseja el control integrado dependen fuertemente de la temprana detección de los árboles afectados. La intensidad del muestreo en los estratos definidos es una función del nivel de riesgo y el costo de reposición del cultivo.

Después de la detección será necesario evaluar rápidamente el o los focos, para proceder inmediatamente a cumplir el calendario de manejo integral de la plaga.

La moderna investigación en regulación de poblaciones de *Sirex noctilio* prescribe como forma de control la combinación del efecto de los reguladores biológicos con la localización estratégica de grupos de árboles, que mediante inyecciones de herbicidas se han hecho artificialmente atractivos y susceptibles a *Sirex* (Neumann y Minko; Neumann y Morey, 1984).

Se puede mejorar rápidamente el control de *Sirex* en plantaciones de pino sin raleo, donde el nemátodo y las avispas parásitas están establecidas, al usar un sistema de árboles cebo por al menos dos años seguidos. El sistema consiste en grupos de 10 árboles emplazados estratégicamente para que sean de fácil acceso, y separados entre grupos por aproximadamente un kilómetro. Ellos son inyectados con una solución del herbicida Dicamba al 20% durante comienzos de Octubre a Noviembre (Neumann y Morey, 1984). En el anexo 2 se describe la metodología para establecer árboles cebos utilizados por la Empresa Brasileira de Investigaciones Agropecuarias (EMBRAPA) (Tadeu, E., Pentead, S. y machado, D. s/f).

Los árboles tratados emiten poderosas sustancias volátiles que atraen a *Sirex*, constituyéndose en un habitat ideal para el insecto y sus enemigos naturales. *Sirex* oviposita abundantemente sobre estos árboles, además el desarrollo, maduración y la subsecuente emergencia de imagos de la avispa taladradora y de sus parásitos, lo mismo

que la capacidad infectiva del nemátodo no se ven afectadas adversamente por el tratamiento con herbicida (Neumann et al, 1982; Neumann y Morey, 1984).

El control biológico puede ser mejorado al voltear los árboles trampa después del período de vuelo de *Sirex*, e inyectarlos con una preparación de *Deladenus*, a razón de 4 ó 5 descargas de 1 ml, con 2.500 nemátodos, cada una por metro de tronco. Con esto se asegura que las hembras de *Sirex* se esterilizarán antes de emerger. Posteriormente se espera que la hembra estéril disperse al nemátodo, durante su actividad ovipositora, y con esto contribuya al rápido colapso de la población de *Sirex* en la plantación (Neumann y Minko, 1981; Neumann y Morey, 1984).

En síntesis, esta forma de control facilita las relaciones implicadas en la regulación biológica, pues concentra a *Sirex* y a sus enemigos sobre una mayor cantidad de árboles lo que facilita que se produzcan las interacciones entre ellos (Neumann y Morey, 1984).

Esta breve descripción del control integrado en ningún caso implica que no se deben usar insecticidas, sino que su alto costo y su aún escasa efectividad, por lo difícil que es su implementación, ligada al alto costo ambiental lo hacen una alternativa aplicable en situaciones muy específicas.

Finalmente, para el correcto manejo sanitario de la avispa se debe recordar además que:

a) El pino insigne es la especie más susceptible a su ataque.

b) Las plantaciones sobre suelos pobres de la VII y VIII Regiones, en condiciones de alta temperatura, son apropiadas para el desarrollo de *Sirex*.

c) El manejo inadecuado realizado por los pequeños propietarios constituye una vía para la dispersión de la plaga. Así como también los actuales esquemas de producción de fibra de las grandes empresas, particularmente en sus rodales con gran densidad de árboles por hectárea en la VI, VII y VIII Regiones.

d) Sin considerar el daño que pueda producir, su sola presencia en el país puede ser un tropiezo para las futuras exportaciones.

Frente a este tipo de consideraciones se destaca la importancia de manejar la información necesaria para enfrentar adecuadamente un eventual brote epidémico, o

mejor aún, para adoptar las medidas que eviten que este se produzca.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Sr. Nelson Vergara, Jefe de Proyectos de Forestal CELCO y al Sr. Ricardo Rusiñor, Jefe de la Unidad de Protección Fitosanitaria de la misma empresa por los valiosos comentarios y sugerencias para mejorar el documento. A Don Sergio Fuenzalida por la traducción del idioma portugués al español de los anexos 1 y 2. También expresamos nuestro reconocimiento a Don Emilio Benavides por la paciencia en la confección de diagramas y dibujos.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, A.; Lanfranco, D. (1988): La avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) y las implicancias de su introducción potencial en Chile; Tema: Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae). Concepción, Corporación Nacional Forestal. 13 p.

Akhurts, R. J. (1975) Cross-breeding to facilitate the identification of *Deladenus* spp., nematode parasites of woodwasp. *Nematologica* (21): 267-272.

Allgemeine Forstzeitung (1981) Der burgenländische wald: Die urbarialgemeinden.

Australia, Forestry Commission, Tasmania (1976) Forest Pest and Diseases, Leaflet, Forestry Commission, Tasmania.

Bedding, R.A. (1968) *Deladenus wilsoni* N. sp. and *D. siricidicola* N. sp. (Neotylenchidae), entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasps, *Nematologica* (14): 515-525.

Bedding, R.A. (1972) Biology *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-mycetophagous nematode parasitic in siricid woodwasp. *Nematologica* (18): 482-493.

Bedding, R.A. (1974) Five new species of *Deladenus* (Neotylenchidae), entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasp. *Nematologica* (20): 204-225.

Bedding, R.A. (1991). Controlling the woodwasp *Sirex noctilio*. Nematode Group. Csiro Division Entomology 7 p.

Bedding, R.A.; Akhurst, R.J. (1974) Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the

biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of the Australian Entomological Society 13:129-135.

Bedding, R.A.; Akhurst, R.J. (1978) Geographical distribution and host preferences of *Deladenus* species (nematoda: Neotylenchidae) parasitic in siricid woodwasp and associated Hymenopterous parasitids. Nematologica (24): 286-291.

Benz, G.; Aizawa, K.; Jaques, R.P.; Harper, J.D.; Pinnock, D.E. (1976) Proceedings of the first international colloquium on invertebrate pathology and IXth annual meeting. Canadá, Society for Invertebrate Pathology Queen's University at Kingston. iii-461 pp.

Bowling, P.J.; Dolezal, J.E. (1970) Initial note on the development of a "mucus test" to determine resistance of *Pinus radiata* to attack by *Sirex noctilio*. Australian Forest Res. 5 (1) : 57-62.

Cameron, E.A. (S/F) Californian Station The Siricinae (Hym: Siricidae) and their parasites. Bulletin Tecnical Commonwealth Institute of Biology Control. pp. 1-31.

Casals, B.P. (1988) Seminario: La avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) y las implicancias de su introducción potencial en Chile; Tema: *Sirex noctilio* una plaga potencial de peligro económico, Concepción, Corporación Nacional Forestal. 7 p.

Commonwealth Scientific Industrial Research Organization (1973) A setback to *Sirex* Rural Research Nº 81 : 28-32.

Coutts, M.P. (1965) *Sirex noctilio* and the Physiology of *Pinus radiata*; some studies of interactions between the insect, the fungus, and the tree in Tasmania. Bulletin Commonwealth of Australia Department of National Development Forestry and Timber Bureau, Bulletin Nº 41, 79 p.

Coutts, M.P. (1968) Rapid physiological change in *Pinus radiata* following attack by *Sirex noctilio* and its associated fungus, *Amylosterum* spp. Australian Journal Science 30 (7): 275-276.

Coutts, M.P. (1969) The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*; I. Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. Australian Journal Biological Science 22: 915-924.

Coutts, M.P. (1969) The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*; II Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. Australian Journal Biological Science 22:915-924.

Coutts, M.P.; DOLEZAL, J.E. (1965) *Sirex noctilio*, its associated fungus, and some aspects

of wood moisture content. *Australian Forest Research* 1 (4) : 14-22.

Coutts, M.P.; Dolezal, J.E. (1966) Polyphenols and resin in the resistance mechanism of *Pinus radiata* attacked by the wood wasp, *Sirex noctilio*, and its associated fungus. Leaflet (101) 19 p.

Coutts, M.P.; Dolezal, J.E. (1966-67) Some effects of bark cincturing on the physiology of *Pinus radiata*, and on *Sirex* attack. *Australian Forest Research* 2 (2) : 17-26.

Coutts, M.P.; Dolezal, J.E. (1969) Emplacement of fungal spores by the woodwasp, *Sirex noctilio* during oviposition. *Forest Science* 15 (4) : 412-416.

Dolezal, J.E. (1966-67) Some observations on behaviour of *Sirex noctilio* when used for artificial attack on *Pinus radiata*. *Australian Forest Research* 2 (4) : 26-30.

Echeverria, N.E. (1985) Informe sobre *Sirex noctilio*. Instituto Nacional Forestal. Ministerio de Economía, Uruguay. 13 p.

Eldridge, R.H.; Simpson, J.A. (1987) Development of contingency plans for use against exotic pests and diseases of trees and timber; 3. Histories of control measures against some introduced pests and diseases of forest and products in Australia. *Australian Forestry* 50 (1) : 24-36.

Elliott, D.A. (1976) The influence of disease and insect problems on management practice in Kaingaroa Forest. *New Zealand Journal of Forestry Science* 6 (2) : 188-192.

Emater/Paraná. 1989. Video: Vespa da madeira inimigo do pinos. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa Florestal. Brasil. 24 minutos.

Eriksson, K.B. (1965) Crossing experiments with races of *Ditylenchus dipsaci* on callus tissue cultures. *Nematologica* (11) : 244-248.

Eriksson, K.B. (1974) Intraspecific variation in *Ditylenchus dipsaci*; 1. Compatibility test with races. *Nematologica* (20) : 147-162.

Espinoza, Z.H.; Lavanderos, V.A.; Lobos, A.C. (1986) Informe reconocimiento de la plaga de *Strex noctilio* en plantaciones de pinos de Uruguay y Argentina. Santiago de Chile, s.e. 20 p.

FAO (1986) Uruguay. *Sirex noctilio* on conifers. *Plant Protection Bulletin* 34 (3) 164.

Forest Research Institute (1974) *Sirex*, a situation report. What's new in forest research (13) : 4 p.

- Forest Research Institute, New Zealand. (1978)** Report for 1 January to 31 December 1977. Report Forest Research Institute. New Zealand 133 pp.
- Forestal Celco S.A. 1991.** Día de Trabajo en Control Biológico de Plagas y Enfermedades Forestales. Informe Final. Constitución, Marzo 1991. 103 p.
- Gilmour, J.W. (1964).** The life cycle of the fungal symbiont of *Sirex noctillo*. New Zealand Microbiological Society Conference, May 1964. 80-89 pp.
- Groves, R.H.; Cullen, J.M. Maelzer, DA. Geier, P.W.; Briese, D.T. (1981)** The ecology of pests Some Australian case histories. VIII, 254 p.
- Grujic, D. (1979)** Contribution to the knowledge of woodwasp (Hymenoptera: Siricidae) from localities in Serbia. Archiv Bioloskih Nauka 28 (3-4) : 169-174.
- Hall, M.J. (1968)** A survey of siricid attack on Radiata Pine in Europe. Australian Forestry (32) 155-162
- Haugen, D.A.; Bedding, R.A.; Underdown, M.E.; Neumann, F.G. (1990)** National strategies for control of *Sirex noctillo* in Australia. Australian Forest Grover 13 (2) 8 p.
- Haugen, D.A. (1990).** Control procedures for *Sirex noctillo* in the green triangle: review from detection to severe outbreak (1977-1987). Australian Forestry 53 (1) : 24-32.
- Haugen, D.A.; Underdown, M.E. (1990)** *Sirex noctillo* control program in repose to the 1987 green triangle putbreak. Australian Forestry 53 (1) : 33-40.
- Hocking, H. (1967)** Parasitims of *Sirex noctillo* by *Certonotus tasmaniensis*. Journal Australian Entomological Society (6) : 57-60.
- Holstein, H.E. (1970)** La avispa taladradora de madera; un insecto foráneo, plaga potencial del pino insigne. El forestal (4) 4 p.
- Hosking, G.P. (1977)** Insect survey in the Canterbury windthrow. What's New in Forest Research (48) : 4 pp.
- Kazmierczak, T. (1979)** The European species of the tribe rhyssini (Hymenoptera, Ichneumonidae). Acta Agraria et Silvestris (18) : 103-119; 127-137.
- Kile, G.A. (1974)** Drying in the sapwood of Radiata Pinus after inoculation with *Amylostereum* and *Sirex mucus*, Australian Forest Research 6 (4) : 35-40.

- Kile, G.A.; Bowling, P.J.; Dolezal, J.E.; Bird, T. (1974) The reaction of *Pinus radiata* twigs to the mucus of *Sirex noctilio* in relation to resistance to *Sirex* attack, Australian Forest Research 6 (3) : 25-34.
- Kirk, A.A. (1974) Bioclimates of Australian *Pinus radiata* areas and *Sirex* localities in the Northern Hemisphere. Australian Forestry (37) : 126-131.
- Klitscher, J.A. (1987) Mortality trends in *Pinus radiata* in Rotorua región. New Zealand Forestry (2) : 23-25.
- Lavanderos, V.A. (1988) Seminario: la avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) y las implicancias de su introducción potencial en Chile; Tema: factores que predisponen su presencia, métodos de prevención. Concepción, Corporación Nacional Forestal. 11 p.
- Lee, B. (1981) Pests control pests: but at what price?. New Scientist 89 (1236): 150-152.
- Madden, J.L. (1972) Host finding mechanism in *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) and two groups of Siricid parasites. In: Rafees, P.M. ed. XIII International Congress of Entomology, Moscow, 2-9 August, 1968. Proceeding v. 3 66 p.
- Madden, J.L. (1975) An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research (65) : 491-500.
- Madden, J.L. (1977) Direct evaluation of cambial activity in trees. Australian Forest Research 7 (3) : 145-150.
- Madden, J.L. (1977) Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Bulletin of Entomological Research 63 (3) : 405-426.
- Madden, J.L. (1981) Egg and larval development in the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Australian Journal of Zoology 29 (4) : 493-506.
- Madden, J.L. (1982) Avian predation of the wasp, *Sirex noctilio* F., and its parasitoid complex in Tasmania. Australian Wildlife Research 9 (1) : 135-144.
- Madden, J.L. (1968) *Sirex* in Australasia. In: Berrymann, Alan A. ed. Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications. p. 407-429.
- Madden, J.; Bashford, R. (1977) 1. The life history and behaviour of *Chlenias* sp., a geometrid defoliator of radiata pine in Tasmania. 2. Population biology of *Chlenias* sp., a geometrid defoliator of *Pinus radiata* in Tasmania. Journal of the Australian Entomological Society 16 (4) : 371-378.

- Madden, J.L.; Coutts, M.P. (1974)** The role of fungi in the biology and ecology of woodwasps (Hymenoptera: Siricidae). In: Batra ed. Insect. Fungus Symbiosis. Allanheld. pp. 165-174.
- Madden, J. L.; Irvine, C.J. (1971)** The use of lure trees for the detection of *Sirex noctilio* in the field. Australian Forestry 35 (2) : 164-166.
- Marsden, J.S.; Martin, G.F.; Parham, D.J.; Smith, T.J.R. (1980)** Returns on Australian agricultural research. The joint Industries Assistance Commission-CSIRO benefit-cost study of the CSIRO Division of Entomology. viii, 107 p.
- McKimm, R.J.; Walls, J.M. (1980)** A survey of damage caused by the *Sirex* wood wasp *Sirex noctilio* in the radiata Pine plantation at Delatite, north-eastern Victoria, between 1972 and 1979. Forestry Technical Papers, Forests Commission, Victoria (28) : 3-11.
- Minko, G. (1981)** Chemicals for non-commercial thinning of *Pinus radiata* by basal stem injection. Australian weeds 1 (1) : 5-7.
- Morgan, David F. (1968)** Bionomics of Siricidae. Ann. Review of Ent. N^o 13: 239-256.
- Morgan, F.D.; Stewart, N.C.; Horwood, D.W. (1971)** Translocations of insecticides in radiata pine and effectiveness on *Sirex noctilio*. Australian Forestry 35 (3) : 133-142.
- Mucha, S. (1965)** The establishment and spread of *Sirex noctilio* F. in Tasmania from 1950 to 1964. Australian Forest research 3 (1) : 3-23.
- Neumann, F.G. (1970)** Abnormal *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Australian Entomological Society (9): 168-169.
- Neumann, F.G. (1979)** Insect pest management in Australian Radiata Pine plantations. Australian Forestry 42 (1) : 30-38.
- Neumann, F.G.; Harris, J.F.; Kassaby, F.Y.; Minko, G. (1982)** An improved technique for early detection and control of the *Sirex* wood wasp in Radiata Pine plantations. Australian Forestry 45 (2) : 117-124.
- Neumann, F.G.; Minko, G. (1981)** The *Sirex* woodwasp in Australian Radiata Pine plantations. Australian Forestry 44 (1) : 46-63.
- Neumann, F.G.; Morey, J.L. (1984)** Influence of natural enemies on the *Sirex* woodwasp in herbicide treated trap trees of radiata pine in North Eastern Victoria. Australian Forestry 47 (4) : 218-224.

- Neumann, F.G.; Morey, J.L.; Mckimm, R.J. (1987). The *Sirex* wasp in Victoria. Conservation. Forest Lamts & Melbourne Bulletin 29, 40 p. Conservation.
- New Zealand Forest Research Institute. (1978) Report for 1 January to 31 December 1977. Review of Applied Entomology A, 67, 3399.
- Nuttall, M.J. (s.f) *Rhyssa lineolata* (Hymenoptera: Ichneumonidae), as a parasite of *Sirex noctilio* in New Zealand. New Zealand Journal Forest Science 4 (3) : 487-494.
- Nuttall, M.J. (1980) *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidas) Nematode parasite of *Sirex*. Forest and Timber Insects in New Zealand (48) : 7 p.
- Nuttall, M.J. (1980) Insect parasites of *Sirex* (Heminoptera: Ichneumonidae, Ibalidae, and Orussidae). Forest and Timber Insects in New Zealand (47) : 11 p.
- Ohmari, C.P. (1980) Insect pests of *Pinus radiata* plantations: present and possible future problems. Australian Forestry 43 (4) : 226-232.
- Paton, R.; Creffield, J.W. (1987) The tolerance of some timber insect pests to atmospheres of carbon dioxide and carbon dioxide in air. International Pest Control 29 (1) : 10-12.
- Pinnock, D.E. (1976) Research on microbial control of insects in Australia. Proceedings of the 1st International Colloquium on Invertebrate Pathology and IXth Annual Meeting, Society for Invertebrate Pathology Queen's University at Kingston, Canada. 74-77 pp.
- Rawling; G.B. (1949) Recent observations on the *Sirex noctilio* population in *Pinus radiata* forest in New Zealand. In: Seventh Pacific Congress, Auckland. pp. 411-421.
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne; informe final de consultoría. Santiago de Chile. 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantas de pino insigne, informe final de consultoría. Anexo 1, Calendario detallado de la misión. Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 2, Importancia de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne, informe final de consultoría. Anexo 3 - 4, Ciclo de vida de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).

- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 5, Factores que regulan las poblaciones de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 6, Control de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne, informe final de consultoría. Anexo 7, Problemática que pueden presentar diversas plagas foráneas en Chile y línea general de acción cuarentenaria. Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 8, Algunos aspectos de la acción cuarentenaria de contenedores Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).
- Rusiñor, R. (1991)** Comunicación Personal.
- Schopf, R. (1987)** On the importance of animals as vectors of plant pathogenic microorganisms in forest ecosystems. Allgemeine Forst - und Jagdzeitung 158 (1) : 1 - 11.
- Shain, L.; Hillis, W.E. (1972)** Ethylene production in *Pinus radiata* in response to *Sirex - Amylostereum* attack. Phytopathology 62 (12) 1407 - 1409.
- Simpson, R.F.; McQuilkin, R.M. (1976)** Identification of volatiles from felled *Pinus radiata* and the electro and tennograms they elicit from *Sirex noctilio*. Entomologia Experimentalis et Applicata 19 (3) : 205-213.
- Sirex Foundation Committee (s.f.)** A guide to WASP threat to our softwood forests. 6 p.
- Spradbery, J.P. (1977)** The oviposition biology of siricid in Europe. Ecological Entomology 2(3) : 225-230.
- Spradbery, J.P.; Kirk, A.A. (1978)** Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera : Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bulletin of Entomological Research 68 (2) : 341-359.
- Spradbery, J.P.; Kirk, A.A. (1981)** Experimental studies on the responses of European siricid woodwasps to host trees. Annals of Applied Biology 98 (2) : 179-185.
- Stillwell, M.A. (1960)** Decay Associated with woodwasp in balsam fir weakened by insect attack. Forest Science 6 (3) : 225-231.

- Sydney, New South Wales (1978)** Forestry Abstracts. Australia, Forestry Commission of New South Wales. Forestry Protection Series.
- Tadeu, E.I. (1989)** Preparação do inóculo de nematóide armazenamento, transporte e aplicação. Centro nacional de Pesquisa do Florestas. CNPF/EMBRAPA, Paraná. 3 p.
- Tadeu, E.I.; Penteado, S.; Machado, D. (S/F)** Seleção e instalação de arvores - armadilha para detecção da vespa - da madeira. CNPF/EMBRAPA, FUNCEMA 1 p.
- Talbot, P.H. (1977)** The *Sirex Amylostereum Pinus*. Association. Annals Review Phytopatology (15) : 41-54
- Taylor, K.L. (1976)** The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga 21 (4) : 429-440.
- Taylor, K.L. (1978)** Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera : Siricidae) in Tasmania. Oecologia (32) : 1-10.
- Taylor, K.L. (1980)** Studies with *Sirex noctilio* 1 (Hymenoptera: Siricidae) and its parasites that illustrate the importance of evaluating biological control attempts. Acta ecológica, Oecológica Applicata (2) : 181-187.
- Taylor, K.L. (1981)** The *Sirex* woodwasp: Ecology and control an introduced forest insect. In: Kiching, R.L.; Jones, R.E. The ecology of pest. 213-242 pp.
- Titze, J.F. (S/F)** Some aspects of the metabolism of *Amylosterum aerolatum*, the fungal symbiont of *Sirex noctilio*, in cultures on wood of *Pinus radiata*. Australian Forest Research 4 (4) : 19-22.
- Titze, J.F. (1965)** Physiological suppression in Pine radiata and its susceptibility to *Sirex*. Australian Forest Research 1 (3) : 51-55.
- Titze, J.F. (1968)** *Sirex* Wasp and its effect on productivity. In: 5th I.F.A. Conference Perth, (mimeog.) 9 p.
- Titze, J.F. Turnbull, R.A. (1970)** The effect of club gland secretions of *Sirex noctilio* on the growth of the symbiotic fungus *Amylosterum areolatum*. Australian Forest Research 4 (4) : 27-29.
- Titze, J.F.; Mucha, S. (1965)** Testing of vigorous regrowth trees for resistance to *Sirex* by infestation with caged insect. Australian Forest Research 1 (4) : 14-22.

- Titze, J.F.; Stahl, W. (1969) Inoculation of *Pinus radiata* trees with *Amylosterum areolatum* the symbiotic fungus of *Sirex noctilio*. Australian Forest Research 4 (4) : 3-14.
- Titze, J.F.; Turnbull, C.R.A. (1970) The development of *Sirex noctilio* in *Pinus radiata* logs in an oxygen-enriched atmosphere. Australian Forest Research 4 (1) : 39-40.
- Webster, J.M. (1980) Biocontrol : The potencial of entomophilic in hincinematodes insect management. Journal of Nematology 12 (4) : 270-278.
- Zondag, R. (1964) *Sirex* in pruning and thinning operations. New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Forest Pathology Branch report N° 10.
- Zondag, R. (1969) A nematode infection of *Sirex noctilio* (F) in New Zealand. New Zealand Journal of Science (12) : 732-747.
- Zondag, R. (1973) Introduction and establishment on *Deladenus siridicola* Bedding. A new nematode parasite of *Sirex noctilio* F. in New Zealand. Forest Entomology Reports (35) : 35-38.
- Zondag, R. (1975) Controlling *Sirex* with a nematode. In: Proceedings of the 28th N.Z. Weed and Pest Control Conference. pp. 196-199.
- Zondag, R. (1979) Control of *Sirex noctilio* F. with *Deladenus siridicola* Bedding; part 2. Introductions and establishments in the South Island 1968-75. N.Z. Journal of Forestry Science 9 (1) : 68-76. Journal of Forestry Science 9 (3) 268-276.
- Zondag, R. (1982) Insect of the exotic forest of the Central North Island New Zealand. New Zealand Entomology 7 (3); 276-280.
- Zondag, R.; Nuttall, M.J. (1977) *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) *Sirex*. Forest and Timber Insect in New Zealand N° 20 7 p.

ANEXO 1

PREPARACION, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y APLICACION
DE INOCULO DE NEMATODO

Se considera que una mezcla de alrededor de 100.000 nemátodos es adecuada para la aplicación en 50 árboles.

PREPARACION DEL INOCULO

La preparación del inóculo para la aplicación de los nemátodos debe seguir el siguiente procedimiento :

- 1.- Hierba medio litro de agua.
- 2.- Pesar 150 grs. de gelatina en polvo sin sabor y disolverla con una pequeña cantidad de agua fría, esperar 2 a 3 minutos y agregar agua caliente revolviendo constantemente.
- 3.- Batir la gelatina con una batidora a una velocidad media hasta quedar completamente disuelta (por lo menos 2 minutos) y dejar enfriar por 10 minutos.
- 4.- Preparar un volumen de un litro de agua fría (1 ó 2°C) y agregar a la gelatina disuelta.
- 5.- Batir la mezcla a velocidad más alta hasta alcanzar el volumen máximo de la mezcla (aproximadamente 2 minutos).
- 6.- Cuando se haya alcanzado el volumen máximo, reducir la velocidad y vaciar el contenido de 5 tubos de ensayo con nemátodos (5 millones) y agregar algunas gotas de colorante líquido. Continuar batiendo, hasta que el colorante quede bien distribuido (aproximadamente 1 minuto). Se pueden utilizar diferentes colorantes para cada día de la semana para así asegurar que el inóculo es fresco.
- 7.- Vaciar la mezcla dentro de bolsas plásticas resistentes y recuperar el máximo posible de mezcla del recipiente y de las espas de la batidora.
- 8.- Lavar inmediatamente con agua caliente las espas, el recipiente y los tubos, éstos pueden ser luego reutilizados.

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

- 1.- El inóculo con gelatina debe ser almacenado y transportado en cajas de espuma plástica o térmica a una temperatura entre 5°C y 15°C.
- 2.- La suspensión concentrada de nemátodos debe ser almacenada a 5°C, pero nunca congelada.
- 3.- Evite almacenar el inóculo con gelatina de un día para otro. En caso de que esto fuera necesario, almacene a 5°C. El producto en estas condiciones debe ser usado al comienzo del día siguiente.

PROCEDIMIENTO PARA LA INOCULACION DE LOS NEMATODOS

Objetivo

Obtener la máxima cantidad de adulto de *Sirex* parasitados. Para la inoculación la dosis aproximada es 1.000 nemátodos esparcidos a cada 30 cm en árboles recientemente muertos por *Sirex*.

Materiales

- Inóculo de gelatina
- Martillo aplicador
- Jeringa de inoculación de 50 ml.

Métodos

- 1.- Para hacer las inoculaciones es necesario seleccionar árboles infectados recientemente por *Sirex*, por ejemplo los que exhiben presencia de manchas de hongos y los que no presentan orificios de salida o emergencia.
- 2.- Derribar el árbol y retirar todas las ramas de la copa, ésta operación facilita el acceso al fuste del árbol para realizar la inoculación.
- 3.- Hacer orificios de inoculación usando un martillo, usarlo correctamente para que regrese libremente sin ser empujado para afuera evitando dañar el vaciador, cuando el martillo queda atorado al orificio, procure tirarlo perpendicularmente al tronco, la profundidad del orificio deberá tener una media de 10 mm.

4.- La distancia entre los orificios deberá ser la siguiente:

a) Trozas con diámetro de 5 a 15 cm una simple hilera de orificios cada 30 cm de distancia.

b) Troncos con diámetro superior a 15 cm dos hileras de orificios a lo largo del tronco, cada 30 cm de distancia. Una hilera en la posición de las 18:00 hr y otra en una posición de las 14:00.

5.- El inóculo con gelatina es transportado en bolsas plásticas de polietileno inyectado de 6 litros, dentro de una caja de espuma plástica con bolsas de hielo. Cuando la gelatina no ha sido utilizada déjela en la caja, con la tapa cerrada para mantener la temperatura entre 5 y 15 °C.

6.- Para llenar la jeringa, haga un pequeño orificio en el canto de bolsa plástica y presione la gelatina dentro de la misma, evite hacer bolsas de aire en la jeringa.

7.- Coloque el émbolo en la jeringa e inserte la misma en el orificio de inoculación, presione el émbolo para que la gelatina penetre en el orificio.

8.- Cuando el orificio esté lleno de gelatina, haga una leve presión con el dedo. Esta compactación es necesaria para tener la certeza que la gelatina está íntimamente en contacto con la parte interna del orificio.

9.- La jeringa de inoculación debe ser lavada con agua después del uso para evitar obstrucciones.

OBSERVACIONES

- La inoculación de los nemátodos debe ser realizada entre Febrero y mediados de Agosto.

- Los mejores árboles para hacer la inóculación son aquellos recientemente muertos, con presencia de manchas fúngicas de color parda y de forma regular.

- El tenor de humedad de la madera debe estar sobre el 40%, aunque esto no es siempre posible.

- La temperatura ambiente para la inoculación debe estar bajo los 20 °C, ya que a temperaturas altas tiende a secarse la gelatina causando la muerte de los nemátodos.

- Es muy importante asegurar que los bordes del vaciador del martillo de aplicación permanezcan afilados ya que si el vaciador esta con los bordes irregulares los nemátodos serán incapaces de entrar en la traqueidas de la madera. El cambio de vaciadores deberá ser hecho cuando sea necesario, de todas manera deberá ser cambiado al final del día.

PORCENTAJE DE ARBOLES A SER INOCULADOS

- En sectores con 1 a 5 árboles infestados de *Sirex* por hectárea, se deben colocar los árboles cebos en redes de 500 m e inocularlos con nemátodos cuando estos sean infectados por el *Sirex*. Todos los árboles infestados naturalmente podrán ser inoculados.

- En áreas con 6 a 25 árboles infestados por *Sirex* por hectárea se inoculan 5 árboles por ha, bien distribuidos. Se establecen los árboles cebos en mallas de 500 m y se inoculan con los nemátodos durante el año subsiguiente.

- Cuando se contabilicen 25 ó más árboles infestados de *Sirex* por ha, se inoculan el 20% de ellos, por ejemplo todos los árboles infestados de *Sirex* en cada cinco líneas de plantación.

ANEXO 2

SELECCION E INSTALACION DE ARBOLES CEBOS PARA LA DETECCION DE LA AVISPA DE LA MADERA.

1.- Epoca: 1 de Agosto al 30 de Septiembre, dos meses antes de la cima poblacional de adultos de la avispa de la madera que ocurre generalmente entre Noviembre y Diciembre.

2.- Objetivos: Los árboles cebos son establecidos para:

- Detectar la presencia de *Sirex* en plantaciones con índices poblacionales bajos, del insecto, principalmente en plantaciones con riesgo de contagio.

- Proporcionar puntos de inoculación de nemátodos, que son los agentes de control biológico más eficaces.

- Fortalecer los puntos de liberación precoz de insectos parasitoides.

3.- Métodos: Para que un árbol funcione como cebo, este debe estar debilitado, ya que de esta forma puede atraer a la avispa de la madera. El "estrés" puede ser provocado por un anillamiento, retirando una banda de corteza de 5 cm de ancho y que alcance en profundidad al xilema, y a una altura de 5,5 m.

Registrar: fecha, lugar de instalación, diámetro medio de los árboles, etcétera.

La instalación de los grupos de árboles cebos debe seguir las recomendaciones expuestas más abajo:

- Decidir anticipadamente el lugar y el número de grupos que deberán ser instalados.

- Los grupos deben ser de 5 árboles, de preferencia con DAP entre 10 y 20 cm.

- En poblaciones sin manejo silvícola, el grupo debe colocarse en una línea; en poblaciones con manejo debe estar esparcido.

- Colocar los grupos de los árboles seleccionados como cebos.

- Eliminar los árboles muertos dentro de un grupo.

4.- Número de grupos de árboles cebos y su distribución: En áreas donde el *Sirex* está presente, hasta una distancia de 10 km, deberán ser instalados grupos de 5 árboles cada 500 m. Para distancias de 11 a 50 km los grupos serán espaciados cada 1000 m, sobre los 50 km principalmente en área de límites los grupos serán distanciados cada 10 km.

Instalar unos grupos, procurando cubrir toda el área de reforestación y en lugares de fácil acceso.

5.- Revisión de los grupos de árboles cebos: Revisar los grupos de árboles cebos en Enero y Mayo para verificar o no la presencia del ataque del insecto.

FORESTACION EN ZONAS ARIDAS Y SEMIARIADAS

Los pequeños propietarios frente al D. L N° 701

Santiago Barros Asenjo, Ingeniero Forestal. División Silvicultura. Instituto Forestal. Huerfanos 554 Casilla 3085 Santiago.

INTRODUCCION

Durante los últimos 20 o 30 años diferentes organismos e instituciones del Estado han desplegado múltiples esfuerzos orientados a la forestación en las zonas áridas y semiáridas del país. Se ha reunido una cantidad de información y una no despreciable experiencia, pero los resultados, en términos prácticos, han sido negativos o no se han aplicado masivamente.

Se enfrenta un problema aparentemente insoluble. Bajas e irregulares precipitaciones, suelos severamente degradados, altas poblaciones de animales silvestres dañinos, fuertes cargas de ganadería caprina y la falta de interés y conciencia de la población rural, son algunos de los factores que atentan contra la posibilidad de creación de recursos forestales en esta extensa región de Chile.

Posiblemente los únicos resultados positivos hasta ahora estén representados por las plantaciones de *Prosopis tamarugo* (Tamarugo) y *Prosopis alba* (Algarrobo) realizadas en la Pampa del Tamarugal en la década de los sesenta, que llegaron a sumar unas 25 mil hectáreas y por las plantaciones de arbustos forrajeros (*Atriplex repanda* y *Atriplex nummularia*) efectuadas en la zona costera de la IV Región, principalmente desde 1975, que cubren actualmente una superficie cercana a las 40 mil hectáreas.

Otras iniciativas de forestación han fracasado sistemáticamente y las razones de esto han sido las descritas; precipitaciones escasas e irregulares, prolongados e impredecibles períodos de sequía y otros factores, han terminado con los más entusiastas planes de forestación.

El análisis que parece necesario efectuar después de estas experiencias se relaciona con los objetivos y aspiraciones que la forestación debe concebir para estas zonas. Parece razonable reflexionar sobre qué productos se buscan, porque en tanto se pretenda la producción de madera para usos industriales, como aserrío, pulpa y papel o similares, con seguridad se estarán forjando falsas y desproporcionadas expectativas en sitios cuya potencialidad es definitivamente inferior.

A lo anterior se agrega que en estas zonas existen necesidades básicas y prioritarias que se deben satisfacer en un marco de expectativas más modestas. Existe una fuerte e incuantificada demanda por combustible que, aun cuando no está satisfecha, está llevando progresivamente a la desaparición de las formaciones vegetales naturales. A su vez esta demanda, sumada a la sobrecarga ganadera, los incendios y otras presiones sobre el recurso, explican la existencia de grandes extensiones de terrenos desforestados y en acelerado proceso de degradación.

Es de urgente necesidad entonces encontrar las formulas técnicas para crear nuevos recursos forestales en estas zonas del país e iniciar del algún modo la recuperación de las empobrecidas formaciones naturales que aún sobreviven, ya que es el único camino para recuperar los suelos, mejorar el ambiente y generar recursos.

Es importante tener presente, que las zonas áridas y semiáridas cubren desde el extremo norte del país hasta la VII Región, e incluso algunos sectores interiores de la VIII Región. Resulta evidente que en uno y otro extremo las limitantes no son las mismas. En términos generales se puede definir como limite entre la zona árida y la semiárida al río Choapa, al norte del cual las posibilidades forestales son muy limitadas y localizadas, en tanto que al sur es posible trabajar si se utilizan las técnicas apropiadas. Cabe destacar que dentro de la zona semiárida sólo los sectores de secano interior representan una superficie cercana a los dos millones de hectáreas y que en esta zona se concentra más del 50 % de la población del país.

El Instituto Forestal, desde su creación, ha desarrollado diversos trabajos de investigación relacionados con el tema; se han seleccionado especies y procedencias de semilla adecuadas para las condiciones de la zona semiárida, se han probado técnicas silviculturales para la recuperación de las formaciones naturales, se han realizado estudios sobre productos secundarios de los bosques naturales y las plantaciones, se han ensayado diversas técnicas de establecimiento de plantaciones, etc. Sin embargo, la experiencia reunida no se ha podido aplicar aún en forma masiva, debido principalmente a que faltan una adecuada difusión de lo logrado y los incentivos necesarios para fomentar la forestación y el manejo de los recursos naturales.

En lo que se relaciona con la información reunida, básicamente se pueden mencionar especies y procedencias de semilla utilizables en la zona y técnicas para el establecimiento de plantaciones. La difusión se ha intentado por la vía de publicaciones técnicas, seminarios, días de campo y otros medios y, en lo que se refiere a los incentivos, en la legislación forestal actual estos existen para las plantaciones, pero son insuficientes, y no existen o son insignificantes en el caso de las formaciones naturales.

En un esfuerzo, que se espera sea el definitivo para que se inicien las plantaciones en alguna escala en la zona semiárida, el Instituto Forestal, con el apoyo de el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, de Canadá (CIID), y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), dió comienzo a un proyecto que está orientado fundamentalmente a la difusión y demostración de los resultados y experiencia reunida y a la determinación de los costos involucrados en la forestación con especies y técnicas adecuadas, para solicitar posteriormente a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) la adecuación de la legislación vigente, con el fin de que constituya un incentivo efectivo para los potenciales forestadores de la zona. Posiblemente en un futuro cercano se intentaría algo similar para el manejo de las formaciones naturales de la zona semiárida, en caso que estas no sean satisfactoriamente incorporadas en la nueva legislación que se está estudiando.

Se considera que el D.L. N° 701 de 1974 puede y debe ser la herramienta definitiva que permita lograr el objetivo planteado, sin embargo estaría vigente sólo hasta 1994. La urgencia económica y ecológica de la repoblación forestal en la zona semiárida hace más justificable el subsidio del Estado en este caso que en el de las plantaciones forestales de grandes empresas de la zona sur del país. Si este instrumento legal se readecúa, se prolonga su vigencia, y se pone efectivamente a disposición de los pequeños y medianos propietarios, simplificando al máximo los requisitos y trámites necesarios para que estos se acojan a sus beneficios, y se considera en las tablas anuales de costos valores acordes con aquellos en que realmente se deba incurrir, podría abrirse una real oportunidad para la creación y recuperación de recursos forestales en la zona.

Para el desarrollo del proyecto se programó la realización de plantaciones demostrativas en diversos lugares de la zona semiárida, para lo cual se importaron semillas de algunas especies y procedencias antes seleccionadas y se iniciaron conversaciones con algunos pequeños o medianos propietarios. Durante el año 1990 se efectuó una primera plantación de este tipo en un sector de secano costero de la V Región y para la presente temporada se programaron plantaciones en secano interior en los sectores de Illapel, IV Región; camino a Alhué, Región Metropolitana; y Lolol, VI Región. En el presente trabajo se resume lo realizado en la plantación de la temporada 1990 y los resultados obtenidos.

OBJETIVOS

El objetivo general es difundir y demostrar técnicas probadas por INFOR a nivel experimental para el establecimiento de plantaciones forestales en las zonas áridas y semiáridas del país, definiéndose los costos involucrados en la aplicación de estas técnicas y su relación con los montos que contempla el subsidio forestal.

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Establecimiento de plantaciones demostrativas en 5 lugares entre las Regiones IV y VI, utilizando especies y procedencias de semillas seleccionadas y aplicando técnicas intensivas de establecimiento.
- Determinación de los costos por unidad de superficie, considerando la aplicación de estas técnicas y también el hecho de que se trata de pequeños propietarios.
- Solicitar a la Corporación Nacional Forestal la adecuación del D.L. N° 701 a los montos reales determinados y la prórroga de su aplicación más allá de 1994, al menos para situaciones como la de las zonas áridas y semiáridas.

PLANTACIONES PILOTO

Ubicación y Descripción General del Sitio

Como se mencionó anteriormente en este trabajo se describe lo realizado en la temporada 1990 y se entregan los resultados obtenidos. Durante esa temporada se estableció la primera plantación piloto programada en un sector de secano costero de la V Región.

La plantación se realizó en un pequeño predio particular ubicado en la localidad de Tunquén, comuna de Algarrobo, V Región.

Los terrenos se ubican sobre planicies costeras correspondientes a terrazas marinas. La topografía es prácticamente plana, con escasa pendiente, los suelos son muy susceptibles a la erosión y de hecho presentan una severa erosión de manto e incluso de zanjas en los sectores de mayor pendiente. Son suelos profundos y de buen drenaje, aunque de escasa fertilidad natural. Estaban clasificados en clase IV de capacidad de uso, pero el propietario obtuvo de CONAF su reclasificación a clase VI, ya que su única

alternativa de uso actual es destinarlos a plantaciones. Anteriormente se habían efectuado algunos cultivos de temporada (trigo, arvejas y otros), pero los rendimientos eran extremadamente bajos e inseguros.

La vegetación natural estaba representada sólo por ejemplares aislados de Maitén (*Maytenus boaria*), Boldo (*Peumus boldus*), Molle (*Schinus latifolius*) y otras especies menores.

Las principales características climáticas de la zona están dadas por una temperatura media anual de 13.2° C y una precipitación media anual de 441mm, con un prolongado período seco de verano. Cabe destacar que durante los últimos tres años, 1988 a 1990, las precipitaciones difícilmente alcanzaron a la mitad del valor medio anual indicado, pues la zona sufrió una acentuada sequía en el período.

Especies Utilizadas

De acuerdo a la información reunida en diversos ensayos anteriormente, las especies incluidas en esta plantación demostrativa son *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Para la primera de éstas se han seleccionado algunas procedencias de semillas que han resultado más adecuadas para la zona, por lo que se importó de Australia la más destacada de éstas, que corresponde al sector de Lake Albacutya en el Estado de Victoria, identificada en este caso por el código 13554 del Centro de Semillas de CSIRO (1). Para la segunda especie aún no se han identificado orígenes precisos de semilla, por lo que se empleó material local de procedencia Chillán.

Técnicas de Establecimiento

Producción de Plantas

Las plantas se produjeron en el vivero del Instituto Forestal en Santiago. Se efectuó la siembra en cajas de almácigo para posteriormente repicar las plantulas a maceta de polietileno de 10 x 20 cm.

Preparación de Suelos

Se efectuó una limpia liviana, ya que la vegetación existente era bastante escasa. Posteriormente, antes de las lluvias, se procedió a la preparación de suelos, utilizándose

(1) Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

para esto un tractor oruga de 110 HP con un dispositivo subsolador de tres puntas. El subsolador central alcanza una profundidad de unos 70 cm, en tanto que las dos laterales penetran unos 40 cm. Estas últimas se encuentran a unos 60 cm a cada lado de la principal.

Esta preparación es intensa, proporciona una buena remoción del suelo en una faja de un ancho cercano a 1.5 m y destruye toda la vegetación menor. Esto trae como beneficio que las plantas posteriormente puedan arraigar fácilmente y disponer de mayor humedad y además se ejerce un buen control sobre la competencia de malezas.

Plantación

Después de las primeras lluvias, cuando ya se dispuso de cierta humedad en el suelo, se efectuó la plantación. El espaciamiento de plantación fue de 3 m entre surcos y 2 m sobre el surco, por lo que la densidad inicial fue de 1600 plantas por hectárea.

Fertilización

Simultáneamente con la plantación se aplicó una mezcla de fertilizantes compuestos por los siguientes productos:

Urea	60 gr	(46.0 % N)
Super fosfato triple	40 gr	(20.1 % P)
Sulfato de potasio	40 gr	(50.0 % K)

Esta dosis, que es en total de 140 gr por planta, se aplica en dos pequeños canales de unos 10 cm de largo y 5 cm de profundidad, ubicados a unos 15 cm del tallo de la planta, posteriormente se cubre. Este tratamiento también ha dado buenos resultados en el desarrollo inicial de las plantas en ensayos anteriores.

Control de Competencia

La fertilización normalmente debe ir acompañada de un cuidadoso control de competencia, sea este manual o químico, ya que de lo contrario serán las malezas las que harán un uso más rápido de los fertilizantes y se agravará el problema de la competencia. A lo anterior se agrega que la presencia de malezas en torno a las plantas acentúa considerablemente el efecto de las heladas. En este caso no se hizo control de competencia porque debido a las condiciones estremadamente secas del año prácticamente no había pasto y porque en la zona costera central las heladas son de escasa frecuencia y de menor intensidad. En años más lluviosos y en sectores interiores, el control de malezas es una

practica muy necesaria.

Control de Animales Silvestres

Otra preocupación, que en este caso en particular no fue necesaria, es el control de conejos y liebres. La experiencia de una plantación efectuada por el propietario del predio el año anterior indicaba que las poblaciones de estos animales silvestres eran bajas, ya que no se produjeron daños, y de hecho tampoco los hubo en esta plantación realizada al año siguiente. En caso contrario habría sido necesario utilizar corromet (1) como protección individual a las plantas o cerco de malla como protección perimetral a la plantación.

Riego

No se aplicaron riegos durante el primer período seco de verano, aun cuando las lluvias fueron tan escasas, debido a que se apreció que las plantas estaban resistiendo bien gracias a la humedad ambiental que da la cercanía del océano. No obstante, el riego de establecimiento (2 a 3 riegos de 5 L planta durante el verano) es una práctica que conviene tener presente.

RESULTADOS OBTENIDOS

Una de las razones por las que se decidió realizar estas plantaciones demostrativas en este predio fue que su propietario también estaba plantando, lo cual permitiría comparar los resultados obtenidos.

Durante la temporada 1989 el propietario forestó una superficie de alrededor de 13 ha, utilizando plantas de *Eucalyptus globulus* 1 : M, de procedencia local desconocida, producidas en un pequeño vivero en el mismo predio. La preparación de suelos fue de surcos practicados con bueyes.

El estudio de prendimiento realizado en Abril del año siguiente dió como resultado que el prendimiento medio superaba por escaso margen al mínimo necesario para solicitar la bonificación forestal, la cual se pagó. Sin embargo, este resultado era muy variable dentro de la superficie plantada debido principalmente a la también muy variable penetración del arado tirado por animales, razón por la cual se hizo necesario un replante bastante intenso de algunos sectores para uniformar la plantación. Esta variabilidad

(1) Láminas de hojalata, material de desecho de la fabricación de tapas para bebidas gaseosas.

también era muy marcada en el desarrollo inicial de las plantas.

Para la temporada 1990 el propietario tenía programa de forestación aprobado para una superficie de 21 ha, dentro de la cual se incorporaron 2 ha de plantaciones demostrativas realizadas por el Instituto Forestal.

Las 2 ha de plantación demostrativa se plantaron con las especies y técnicas de establecimiento antes descritas, correspondiendo la mitad a *Eucalyptus camaldulensis* y la mitad a *Eucalyptus globulus*.

Dentro de las aproximadamente 19 ha restantes, plantadas por el propietario, se incluyeron algunas variantes que resultaron de utilidad para comparar técnicas de establecimiento más corrientes.

Las distintas situaciones de plantación que se dieron en el predio son las siguientes:

- <i>E. camaldulensis</i>	- tractor oruga	- fertilizante	C T F
- <i>E. globulus</i>	- tractor oruga	- fertilizante	G T F
- <i>E. globulus</i>	- tractor agrícola		G t
- <i>E. globulus</i>	- tractor agrícola	- pendiente	G t p
- <i>E. globulus</i>	- bueyes		Gb
- <i>E. globulus</i>	- casillas	- pendiente	G C P

Las dos primeras situaciones corresponden a las plantaciones demostrativas, con las especies y técnicas de establecimiento antes descritas.

La situación que incluye bueyes corresponde al procedimiento normalmente utilizado por el propietario del predio, es decir preparación de suelos mediante surcos corrientes.

Las situaciones que incluyen tractor agrícola nacieron de que, con el objeto de poder incluir una alternativa de mayor intensidad, se le ofreció al propietario la posibilidad de usar con su tractor un arado subsolador de diseño INFOR. Este arado posee una punta subsoladora que penetra unos 40 a 50 cm, según las condiciones del terreno, y dos vertederas que forman un pequeño camellón sobre la línea de subsolado. Este sistema se empleó en sectores con y sin pendiente.

Finalmente, las casillas de plantación se utilizaron en sectores con pendientes, en

los que no era posible un mayor trabajo al suelo.

En el mes de Mayo de 1991 se efectuó el estudio de prendimiento de estas plantaciones y se incluyó también la medición de la altura de las plantas. Los resultados obtenidos son los siguientes.

PRENDIMIENTO Y DESARROLLO AL PRIMER AÑO DE EDAD
SEGUN TECNICA DE ESTABLECIMIENTO Y ESPECIE

Tratamiento	Prendimiento (%)	Altura (cm)
CTF	96,1	90,8
GTF	93,8	105,0
Gt	90,9	65,8
Gb	76,8	68,1
Gtp	69,1	67,7
Gcp	27,9	74,3

No se realizó análisis estadístico de esta información debido a que el objetivo inicial era sólo la instalación de plantaciones demostrativas de carácter práctico. Posteriormente se consideró interesante comparar con los resultados de la plantación que el propietario efectuó con técnicas convencionales, para lo cual se efectuó un muestreo simple en las distintas variantes que en ésta se presentaron.

Los resultados obtenidos confirman, una vez más, que las técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones con especies y procedencias adecuadas, practicamente aseguran un alto prendimiento y un mayor desarrollo inicial de las plantas.

Los niveles de prendimiento y altura media obtenidos con cada una de las técnicas resultan bastante lógicos y predecibles. Los mejores prendimientos para *Eucalyptus camaldulensis*, las mayores alturas para *Eucalyptus globulus* y los mejores resultados en ambas variables, especialmente en la altura, para las dos plantaciones demostrativas con la técnica de establecimiento más intensa.

Destacable es también lo logrado con el arado subsolador de INFOR con tractor agrícola que, aun cuando representa un tratamiento de menor intensidad, resultó adecuado cuando se aplicó en terreno plano, superandose ampliamente el nivel mínimo de prendimiento requerido para optar a la bonificación. Sin embargo, no resultó tan adecuado

en terrenos con pendiente en que la intensidad de preparación de suelo aparentemente resultó menor que la lograda con bueyes y arado corriente en terreno plano, método con el cual se logró el prendimiento mínimo, aunque por escaso margen.

Las casillas de plantación, como se ha visto en experiencias anteriores, no constituyen una preparación de suelos adecuada para zonas con limitaciones pluviométricas.

COSTOS DE FORESTACION Y BONIFICACION FORESTAL

Dentro de esta línea de trabajo de INFOR se ha programado efectuar un detallado estudio de los costos de forestación, que considere la aplicación de las técnicas de establecimiento de plantaciones más adecuadas en las zonas áridas y semiáridas e incluya la variable superficie o categorías de superficie a forestar. Esto se debe a que, como antes se mencionó se estima que la legislación de fomento a la forestación ha dejado fuera de sus beneficios a importantes áreas marginales a las plantaciones tradicionales, por el mayor costo que significa el establecimiento de plantaciones en estas, y muy especialmente ha dejado fuera en estas áreas a los pequeños propietarios, por el mayor costo por unidad de superficie en que estos deben incurrir.

Este estudio detallado de costos se efectuará al fin de la presente temporada, cuando se disponga de la información que se está reuniendo en las plantaciones piloto que se están estableciendo en los sectores de Illapel, Melipilla y Santa Cruz. No obstante lo anterior, se ha efectuado una estimación de costos basada en esta primera plantación piloto en Tunquén y en otras experiencias de INFOR.

Estimación de Costos

La estimación de costos de forestación se refiere a los costos directos por hectárea y supone superficies totales de 10, 20 y 50 ha, utilizándose técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones, para Eucalipto a 3 x 2 m y plantas en maceta.

Los ítems, estándares y valores considerados para la estimación de costos son los siguientes:

- Cercos: La longitud de cercos que se requiere para cerrar una superficie dada se estima mediante:

$$P = \frac{\sqrt{s} \times 4 \times 1,5}{S}$$

donde: P = Long. cerco (m / ha)
 s = Superficie total (m²)
 S = Superficie total (ha)

De acuerdo a esta expresión, la longitud de cerco por unidad de superficie para las superficies totales antes indicadas es la siguiente:

10 ha : 190 m
 20 ha : 134 m
 50 ha : 85 m

El costo y transporte de materiales, para un cerco de aceptable calidad, se estima en \$ 340.000 por kilómetro de cerco. En consecuencia, el costo por unidad de superficie para estas tres situaciones es el siguiente:

10 ha : \$ 64.600 / ha
 20 ha : \$ 45.560 / ha
 50 ha : \$ 28.900 / ha

La mano de obra necesaria para el tendido de 1 km de cerco se estima en 20 jornadas. El valor de la jornada se estima actualmente en \$ 2.000 para personal temporal a trato. En consecuencia el costo es de \$ 40.000 / km lo que representa \$ 7.600, \$ 5.360 y \$ 3.400 / ha, para 10, 20 y 50 ha, respectivamente.

- Plantas: El costo unitario de producción de plantas se reduce indudablemente en la medida que el volumen de producción es mayor. Sin embargo para pequeñas cantidades, probablemente no se justificará producirlas y posiblemente no se tendrá la capacidad técnica para hacerlo, por lo que será necesario comprarlas.

Para los efectos de la estimación de costos se ha supuesto que para las superficies totales consideradas, sólo se justificaría la producción propia para 50 ha y se haría necesaria la compra en los casos restantes. Las cantidades necesarias y su valor son los siguientes:

10 ha : 1.600 pl / ha \$ 30	\$ 48.000 / ha
20 ha : 1.600 pl / ha \$ 30	\$ 48.000 / ha
50 ha : 1.600 pl / ha \$ 20	\$ 32.000 / ha

- Limpia: Se supone una limpia liviana, estimada en 8 jorn / ha, independientemente de la superficie total, lo que alcanza a un costo unitario de \$ 16.000 / ha.

- Preparación de Suelos: En este ítem se deben considerar dos aspectos, el costo de arriendo y operación de un tractor oruga y el costo de transporte de este al lugar de trabajo. El primero está en relación directa con la superficie, en tanto que el segundo representa un costo fijo.

El costo horario de arriendo y operación es de \$ 15.000 / hr y el rendimiento medio es de 2,5 hr / ha.

Un transporte promedio de la máquina se estima en \$ 70.000.

El costo por unidad de superficie para las tres superficies totales consideradas es:

10 ha : \$ 44.500 / ha
20 ha : \$ 41.000 / ha
50 ha : \$ 38.900 / ha

- Plantación: Se consideran 6 jorn / ha en todos los casos, lo que representa \$ 12.000 / ha.

- Fertilización: El costo de los productos químicos es de \$ 15 / pl en todos los casos, es decir \$ 24.000 / ha.

Mano de obra aplicación: 4 jorn / ha, es decir \$ 8.000 / ha.

- Control de Malezas: Se considera control manual con rendimiento de 4 jorn / ha. Lo que alcanza a \$ 8.000 por hectárea.

- Riego de Establecimiento: Se consideran tres riegos durante el primer verano, con un rendimiento de 5 jorn / ha cada uno, es decir unos \$ 30.000 / ha.

En el cuadro siguiente se resumen los costos directos por unidad de superficie para las tres superficies totales supuestas.

APUNTES

COSTOS DE FORESTACION POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Item	Superficie Total (ha)		
	10 (\$ / ha)	20 (\$ / ha)	50 (\$ / ha)
Cercos			
Materiales	64.600	45.560	28.900
Mano de obra	7.600	5.360	3.400
Plantas	48.000	48.000	32.000
Limpia	16.000	16.000	16.000
Preparación Suelos			
Arriendo tractor	37.500	37.500	37.500
Transporte tractor	7.000	3.500	1.400
Plantación	12.000	12.000	12.000
Fertilización			
Productos químicos	24.000	24.000	24.000
Mano de obra	8.000	8.000	8.000
Control malezas	8.000	8.000	8.000
Riego establecimiento	30.000	30.000	30.000
Total costos directos	262.700	237.920	201.200

Si a las cifras del cuadro anterior se agregan los items Asistencia Técnica y Gastos Generales asignados como porcentaje de los gastos directos, se tiene que los montos totales estimados para el costo de forestación por unidad de superficie son los siguientes.

COSTOS TOTALES DE FORESTACION POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Item	Superficie Total (ha)		
	10 (\$ / ha)	20 (\$ / ha)	50 (\$ / ha)
Costos directos	262.700	237.920	201.200
Asistencia técnica (5%)	13.135	11.896	10.060
Gastos generales (10%)	26.270	23.792	20.120
Costo Total	302.105	273.608	231.380

Se puede apreciar que el propietario que foresta 10 ha lo hace a un costo unitario que es un 30.6% mayor que aquél que foresta 50 ha, en tanto que el que planta 20 ha lo hace a un costo que es un 18.3% más alto.

Bonificación Forestal

El subsidio a la forestación que contempla el D.L. N° 701 de 1974 con sus modificaciones y reglamentos, se define en la tabla publicada por CONAF al 31 de Julio de 1990, para las plantaciones a efectuarse en la temporada 1991. Para este caso y de acuerdo a esta tabla el monto total alcanza a \$ 114.945.

Esta cifra, debidamente reajustada según el IPC acumulado de Agosto de 1990 hasta Junio de 1991, ambos meses incluidos, llega en la actualidad a \$ 139.947, por lo que el monto a bonificar (75%) sería de \$ 104.967.

En consecuencia, los pequeños propietarios que han plantado 50, 20 y 10 ha, empleando técnicas de establecimiento que aseguran el resultado, recibirían subsidios reales equivalentes al 45, 38 y 35 %, respectivamente.

La Corporación Nacional Forestal incrementó significativamente los valores de tabla para la temporada 1991, pero el aumento es aún insuficiente para las técnicas que es necesario emplear y aún más insuficiente para el caso de los pequeños propietarios.

APUNTES SOBRE ALGUNAS LATIFOLIADAS DE MADERAS VALIOSAS

I. Nogal común (*Juglans regia* L.)

Verónica Loewe M. Ing. Forestal, División Silvicultura, INSTITUTO FORESTAL, Huérfanos 554, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

El nogal común presenta actualmente gran interés en algunos países europeos, por ser uno de los protagonistas de la conversión productiva puesta en marcha en muchos terrenos ex-agrícolas, a causa de los excedentes de determinados productos en la Comunidad Económica Europea (Annali, 1987; Mercurio, 1988).

Es una especie de crecimiento relativamente rápido, al contrario de lo que se piensa habitualmente (Del Sole, 1983; Luna, 1990), que podría ser establecida en parcelas abandonadas o en aquellas que no son rentables para otros cultivos, al borde de caminos, en perímetros de cultivos, en fajas cortavientos, etcétera, alternativas que pueden ser idóneas para establecer plantaciones orientadas a la producción de madera, o a la producción combinada de madera y frutos (IDF, 1983).

Es de interés saber que actualmente la madera de nogal es una de las más cotizadas en el mercado europeo, con precios que oscilan entre los US\$ 1.000 y 4.000/m³ en pie, dependiendo de la calidad de la troza (Guglini, 1988). Esto evidencia la potencialidad de un recurso que, por lo demás, puede ser aprovechado desde el punto de vista frutícola aplicando las técnicas para ello adecuadas.

ANTECEDENTES GENERALES

Descripción General

La hipótesis más probable es que sea originado de China, o del macizo del Himalaya, y que desde allí haya pasado a la India, Persia, Grecia e Italia, desde donde habría sido difundido en la antigüedad a los otros países europeos (Forte, 1982).

Los escritos de Virgilio y de Ovidio afirman que ya durante la civilización griega era una planta doméstica y que en la época del Imperio Romano se la cultivaba ampliamente (Guglini, 1988).

El *Juglans regia* L. es la especie más difundida y conocida de la familia *Juglandaceae*. Es un árbol vigoroso, de tronco sólido, alto, recto, que se abre en una copa

frondosa, amplia y armoniosa. Las hojas son compuestas, caducas, de un color verde intenso, olor balsámico y sabor amargo astringente.

Es una especie monoica. Las flores masculinas, reunidas en amentos péndulos, aparecen sobre las ramas del año precedente antes de la aparición de las hojas. Las flores femeninas son solitarias o reunidas en grupos de 2-3 y aparecen sobre los brotes nuevos del año, simultáneamente con las hojas. El fruto es una drupa de forma globosa. La semilla, rica en aceites, está dividida en 4 lóbulos rugosos e irregulares y madura en Abril - Mayo (Guglini, 1988).

El tronco posee una corteza lisa, la madera es compacta y con un veteado hermoso. El aparato radical es pivotante y las raíces tienden a colonizar las capas superficiales del suelo (IDF, 1983).

Es una especie de interés tanto agrícola como forestal, ya que produce frutos comestibles muy apreciados y madera de un valor considerable para la producción de muebles de estilo (tanto macizos como enchapados) y objetos artesanales (Bagnaresi, 1986). Actualmente es la madera más cotizada en el mercado europeo, lo que determina un notable interés por parte de muchos propietarios por la posibilidad de combinar, con técnicas racionales, la producción frutícola con la producción de madera al final de la rotación, como se ha efectuado desde hace siglos en algunas zonas (Minotta, 1990).

Exigencias Ecológicas.

Es una especie de plena luz, muy sensible a la competencia de las malezas durante sus primeros años, siendo exigente en espacio vital (Denci et al., 1982; IDF, 1983), por lo que en las plantaciones frutícolas se usan espaciamientos superiores a los 10 m. En parte debido a esta exigencia el nogal no tiene la reputación de ser un árbol forestal, mas aún siendo a menudo cultivado por sus frutos en las zonas agrícolas.

Con respecto a la exposición es un árbol que prospera bien en las laderas de mayor insolación; a este respecto sus exigencias son importantes, sobretudo para la producción de frutos, y algo menos para la producción de madera. Por esto conviene evitar tanto las exposiciones Sur como las exposiciones Norte, si el suelo no es capaz de asegurar una buena reserva de agua (IDF, 1983).

Es afectado tanto por el frío como por el calor excesivos, así como por las neblinas, la humedad y las heladas tardías (Forte, 1982). Se estima que necesita, al menos durante 6 meses, una temperatura media superior a los 10 °C (IDF, 1983).

Se desarrolla bien tanto en planicies como en colinas, hasta los 800 - 1000 msnm si las exposiciones le son favorables (Bagnaresi y Minotta, 1989; Denci et al., 1982).

Crece perfectamente bien en pendiente, siempre que encuentre suelos profundos y frescos (por ejemplo en laderas cóncavas).

Las heladas bruscas después de un período templado pueden llegar a matar los nogales, pero si el frío llega gradualmente puede soportar hasta - 30 °C. Es una especie sensible a los vientos marinos (IDF, 1983).

Para un buen desarrollo el nogal necesita cerca de 700 mm de agua repartidos durante el año (Denci et al., 1982; Mezzalira, 1989). Tolerla la humedad, pero prefiere los sitios donde en verano el aire es seco y el suelo permanece fresco. Es una especie sensible tanto a la aridez como a la excesiva acumulación de agua, ya que en estos últimos terrenos la aparición de *Phytophthora* y *Armillaria* pueden provocar la muerte de las plantaciones en pocos años.

Prefiere terrenos profundos (al menos 50 cm), permeables y frescos. Las napas freáticas deben ser profundas, 0.8 m como mínimo, y su nivel poco variable (Bagnaresi et al., 1986; Denci et al., 1982).

Se puede desarrollar en suelos muy variados, siendo poco sensible a variaciones de la composición, pero siempre que no sean muy ácidos. El pH óptimo se sitúa entre 6.5 y 7.5, y no hay que plantarlo si es inferior a 6.0 (IDF, 1983). Con valores superiores a 8.0 pueden presentarse síntomas de clorosis (Minotta, 1989). Acepta los terrenos arenosos siempre que posean una fuente de agua, que la arena no sea completamente estéril y que haya una vegetación acompañante que enriquezca en humus (IDF, 1983).

Es una especie exigente en sales minerales, particularmente nitrógeno, cuando es cultivada para obtener frutos, aunque para la producción de madera esto es menos evidente. En general crece bien donde la vid y el maíz dan buenas cosechas.

Estas exigencias de sitio obstaculizan su cultivo en superficies extensas, especialmente en las áreas de colinas y montañas, donde la naturaleza del terreno es variable en pocas decenas de metros. Pero, considerando el alto valor de su madera, es conveniente cultivarla en pequeñas superficies o en hileras a lo largo de caminos o alrededor de otros cultivos (Denci et al., 1982; IDF, 1983).

Es importante evitar terrenos muy compactos o susceptibles a inundaciones, así como los fondos de valles expuestos a las heladas tardías de primavera, dañinas para el desarrollo regular de la especie (Bagnaresi y Minotta, 1989).

Principales Plagas y Enfermedades.

Fuera de los grandes fríos y de las heladas repentinas, sus principales enemigos

son los hongos *Armillaria mellea*, *Phytophthora cactorum* y *Rosellinia necatrix*, que provocan la muerte a través de la destrucción de las raíces. Lamentablemente no se conocen tratamientos contra estas enfermedades (Denci et al., 1982; IDF, 1983). También es sensible a la pudrición amarilla del tronco provocada por *Inonotus hispidus*.

Con respecto a los insectos, la *Carpocapsa pomonella* produce daños significativos a los frutos y esporádicamente también se pueden tener problemas con *Cossus cossus* y *Zeuzera pyrina*, lepidópteros que excavan galerías en la madera.

Es conveniente proteger las plantas de los ataques de conejos, liebres y otros mamíferos.

SILVICULTURA.

Establecimiento de Plantaciones

El establecimiento de una plantación se puede efectuar mediante una siembra directa, o mejor aún, usando plantas bien formadas, sanas y vigorosas (Denci et al., 1982).

Siembra Directa.

Es una técnica factible en los sitios no sujetos a heladas de primavera y tiene la ventaja de evitar los traumas de plantación, pero implica mucho trabajo, ya que las semillas y las plantas deben ser protegidas tanto de los animales como de la vegetación competidora (Del Sole, 1983). Para evitar daños por eventuales heladas de primavera se recomienda el empleo de procedencias que presenten brotación tardía.

- Conservación de las Nueces.

Las nueces se deben cosechar cuando empiezan a caer, ya que entonces están bien maduras, y se conservan hasta el invierno en un local aireado a temperatura ambiente. Pueden ser secadas levemente sin inconveniente (IDF, 1983).

Si la germinación es irregular en el tiempo, las operaciones culturales se compli- can notablemente. Por esto es preferible preparar las nueces antes, mediante una estratificación, y sembrar solamente aquellas que empiezan a germinar. Con este objetivo, a fines de invierno las nueces pueden ser estratificadas, poniéndolas en capas de 4-5 cm alternadas con capas de arena del mismo espesor, donde permanecen hasta su germinación en la primavera. Otra forma es disponerlas en una sola capa, reduciendo las manipula- ciones y facilitando la observación del momento inicial de la germinación.

- Siembra.

El terreno debe ser preparado igual que para una plantación. Las nueces que empiezan a germinar se siembran a fines de septiembre - principios de octubre, colocándolas de modo que la sutura quede en posición vertical (IDF, 1983; Luna, 1990), y cubriéndolas con una capa del doble de su espesor. Es conveniente sembrar dos nueces juntas para elegir después de un año las plantas más vigorosas y evitar pérdidas.

Si no se ha efectuado una estratificación las nueces se siembran en otoño, aunque este sistema es menos seguro. Sin embargo, en las zonas donde abundan roedores y aves es preferible efectuar la siembra en primavera, cuando además ya haya pasado el peligro de las heladas tardías (IDF, 1983).

De todas maneras se recomienda la instalación de protecciones contra roedores y aves para evitar pérdidas que pueden llegar a ser considerables (Bagnaresi y Minotta, 1989). Para esto puede ser útil la instalación de conos de malla de unos 15 cm de altura, parcialmente enterrados, así como también de trampas. También es importante eliminar las malezas, siendo una buena solución para ello el mulching realizado en plástico, que se puede instalar simultáneamente con la siembra.

Plantación.

En general es preferible la plantación debido a que las plantas ya desarrolladas resisten más fácilmente a las heladas, a las cuales el nogal es muy sensible (Guglini, 1988).

- Características de las Plantas.

En una plantación bien cuidada, hecha con plantas cuyas raíces no han sido dañadas, la recuperación del nogal es buena. Se pueden emplear sin mayores problemas plantas tanto pequeñas como grandes, de 1 a 4 años, con una altura entre 0.5 y 2.5 m (Bagnaresi y Minotta, 1989; Luna, 1990).

Se deben emplear plantas vigorosas, derechas, sin deformaciones ni daños apicales y con un sistema radicular bien conformado (Denci et al., 1982).

El trasplante se efectúa en maceta, evitándo las corrientes de aire, el sol directo y una atmósfera desecante, y efectuando la plantación lo antes posible.

- Densidad de Plantación.

El espaciamiento depende del objetivo de producción. En plantaciones con

finalidad mixta se necesitarán distanciamientos mayores que aquellos necesarios para la producción de madera.

Los franceses recomiendan la realización de plantaciones con una densidad igual a la densidad de cosecha, lo que corresponde a un distanciamiento de 10 x 10 a 12 x 12 m. Este tipo de plantaciones a baja densidad debe ser efectuado solamente con material seleccionado y las operaciones culturales se deben realizar en forma individual (IDF, 1983).

En plantaciones de alta densidad queda la posibilidad de hacer una selección posterior y además hay otras ventajas implícitas, como que las operaciones culturales asumen una importancia relativa menor, el crecimiento en altura se ve favorecido durante los primeros años, la poda se ve facilitada y los árboles están un poco más protegidos de las heladas (IDF, 1983; Nicholas, 1988).

Otra fórmula propuesta consiste en plantar el doble del número de plantas que se desea cosechar para elegir las mejores, lo que es importante siendo las plantas genéticamente heterogéneas.

En todo caso no existen indicaciones claras respecto a la densidad ideal de plantaciones para producción de madera y se citan distanciamientos desde 5 x 5 hasta 3 x 3 m (Bagnaresi et al., 1986; Denci et al., 1982).

En Italia, en base a las experiencias del Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo, recomiendan la instalación de plantaciones a alta densidad, de 625 - 1111 plantas / ha, con un distanciamiento tal que permita la mecanización de las operaciones culturales (Mercurio, com. personal).

En base a la falta de experiencia en el país, a las características del material con que se cuenta y a los antecedentes mencionados, se recomienda el establecimiento de plantaciones de nogal a alta densidad (3 x 3 a 4 x 4 m), siempre que se efectúen oportunamente raleos, en cuanto las copas de los árboles empiecen a tocarse.

- Preparación del Terreno.

El ideal es arar o subsolar todo el terreno (Bagnaresi et al., 1986), pero si esto no es posible, se tratarán de hacer casillas lo suficientemente grandes como para favorecer un correcto establecimiento y recuperación de las plantas (Guglini, 1988). Estas últimas se pueden abrir manualmente, en forma mecanizada o con un taladro, aunque en los suelos limosos o mas o menos arcillosos este último tiene el inconveniente de alisar y sellar las paredes de la casilla. Para evitar este inconveniente conviene abrir las casillas en otoño y plantar más tarde, solo en primavera (IDF, 1983).

- Plantación.

Se realiza desde fines de mayo o inicios de junio hasta la primavera en el caso de suelos más pesados (casillas abiertas con anticipación). En primavera se debe plantar lo más tarde posible, justo antes de la brotación, sobretodo en los terrenos desnudos y expuestos al viento, por el riesgo de heladas tardías.

Las raíces heridas o necrosadas deben ser eliminadas para reducir el riesgo de pudrición y para favorecer la emisión de nuevas raíces.

Se debe cuidar de no enterrar el cuello de la planta, porque esto condiciona un mal desarrollo de la misma. Por el contrario, conviene poner las plantas a un nivel un poco más alto del que tenían en el vivero, ya que se ha visto que si se cubre el cuello 5 - 10 cm se produce un atraso del desarrollo de alrededor de 3 - 4 años (IDF, 1983).

Es indispensable en las zonas donde hay conejos y liebres, utilizar protecciones como mallas metálicas, Corromet u otras.

La instalación de tutores puede ayudar a corregir individuos mal formados y a favorecer un correcto desarrollo de la planta durante sus primeros años. Estos deben ser colocados antes que las plantas, enterrando una vara en la casilla y amarrando después la planta a ella con un material elástico para evitar posibles roces (Guglini, 1988). Es mejor situarlos en la dirección de los vientos dominantes. En general se tratarán de omitir si no se hacen realmente indispensables (IDF, 1983; Luna, 1990).

- Enmiendas y Fertilización.

Una enmienda del terreno es aconsejable en suelos de texturas extremas. Es posible utilizar humus con el objeto de mejorar la estructura y aumentar la retención de humedad, estimulándose así el crecimiento de las plantas.

Se tiene poca información acerca de la respuesta del cultivo a la fertilización. El nogal es poco exigente en ácido fosfórico y en potasio, pero al parecer al menos durante los primeros años es oportuna la distribución, a fines de invierno, de un abono ternario con alto tenor de Nitrógeno, del orden de 1 - 2 Kg /planta (Bagnaresi et al., 1986; Denci et al., 1982). Otros autores recomiendan 100 gr N / árbol / año de edad, distribuidos en 2 aplicaciones (Minotta, 1990).

La fertilización debe ir acompañada de una remoción superficial del suelo, o de un mulch, ya que de lo contrario puede favorecer a la vegetación competidora más que a los árboles mismos. Esta es una técnica muy beneficiosa, ya que mantiene la frescura,

favorece la acción de las lombrices y por lo tanto la aireación del suelo, e impide el desarrollo de malezas (principalmente gramíneas) alrededor de las plantas. Se debe hacer en primavera, para que en invierno el material vegetal esté descompuesto. Puede ser hecho ya sea con un plástico negro, o con una capa de carbón o material vegetal (corteza u otro) (IDF, 1983).

Técnicas Culturales.

Son indispensables, ya que el objetivo final es producir un fuste de buena calidad, sin nudos ni defectos y de una dimensión determinada.

Deben ser efectuadas individualmente, especialmente en el caso de plantaciones a baja densidad, ya que perder un árbol tiene un costo muy alto. Son frecuentes durante los primeros años después de la plantación, pudiéndose dar por terminada después de 12 años, según la fertilidad del sitio y la especie empleada (IDF, 1983). En el caso de plantaciones a alta densidad, estas prácticas culturales continúan posteriormente con los raleos.

- Control de Competencia.

Durante los primeros años se recomienda mantener el suelo limpio alrededor de las plantas, ya que las malezas constituyen el gran enemigo de los nogales. Con este fin se puede elegir entre una remoción manual o mecanizada, un mulching, o la aplicación de tratamientos químicos (Bagnaresi et al., 1986).

- Cultivos Intercalados.

Las operaciones que se deben procurar durante los primeros 3 - 4 años, que son las más costosas, se puedan compensar efectuando asociaciones apropiadas con otras especies acompañantes. Estas pueden ser arbustivas o arbóreas, coníferas o latifoliadas, pero deben proporcionar, en rotaciones cortas, productos de valor comercial. Estos pueden estar representados por postes, leña y otros productos menores. También es posible incorporar cultivos herbáceos (forraje, plantas medicinales, flores para la apicultura, etcétera). Esta vegetación acompañante puede mejorar la forma de los árboles y facilitar la formación del fuste (Annali, 1987). Con este objetivo en el sur de Francia han utilizado el *Elaeagnus angustifolia* (Olivio de Bohemia), que se siembra fácilmente y que fija nitrógeno atmosférico.

Para reducir el riesgo de daños mecánicos a los troncos y la competencia ejercida por dichos cultivos, es aconsejable dejar una faja no cultivada alrededor de los árboles (Forte, 1982). No se debe cultivar alfalfa conjuntamente con nogales, ya que ésta

produce un efecto inhibitorio del crecimiento, y tampoco conviene abusar de los cereales (trigo, cebada, centeno, avena); en cambio el maíz da buenos resultados (IDF, 1983).

Estos cultivos intercalados son interesantes desde el punto de vista económico, ya que permiten obtener ingresos a partir del suelo no utilizado durante los primeros años de vegetación de los nogales, cuando estos cubren solamente una pequeña parte del espacio disponible, pero se debe evitar que estos cultivos anexos compitan con los nogales.

- Podas de Formación.

Son necesarias para corregir las bifurcaciones del fuste, para sustituir las flechas dañadas por factores bióticos o abióticos y para eliminar las ramas más gruesas y vigorosas que puedan competir con la flecha principal. Si se planea una producción principalmente de madera, se harán necesarias podas adicionales para asegurar un fuste libre de nudos en la parte baja.

Formación del Brote Principal:

La formación de la flecha es necesaria cuando el ápice ha sido destruido, o cuando crece demasiado poco, así como cuando hay varios ápices que compiten entre sí.

El objetivo de esta operación es el favorecer el desarrollo de una flecha única, vigorosa y recta. Para ello es preferible intervenir cuando los ápices todavía están verdes, al inicio del periodo vegetativo.

Si las ramas aún están verdes, se procede de la siguiente forma:

Si el ápice ha sido destruido o si es poco vigoroso, la flecha se reconstituye a partir de una rama, para lo cual no necesariamente se debe elegir la rama más cercana al ápice, ya que una rama inferior vigorosa y lo suficientemente vertical dará igualmente un buen resultado. Si la rama es prácticamente vertical se elimina el ápice original justo en el punto de inserción de la rama elegida. En cambio si la rama es oblicua se acerca al ápice por medio de un amarre, cortando el original por sobre la ligadura, y una vez que la rama se lignifique el muñon apical que sirve como tutor será eliminado.

Si ninguna de las ramas es apta para reemplazar al ápice, la solución es cortar la mayoría de las ramas situadas en la parte superior y en esta zona aparecerán entonces nuevas ramas verticales de entre las cuales se elegirá la mejor.

Si las ramas ya están lignificadas, se puede proceder de tres maneras:

Poda de la flecha: Cuando entre las ramas de un árbol de mala forma se encuentra una que pueda llegar a constituirse como flecha principal, se recurre a una poda cuyo objetivo es dar a aquella rama una dominancia sobre las otras, las que son acortadas o eliminadas. Así, con el tiempo, el tronco inclinado se enderezará, proceso que se puede acelerar mediante la instalación de un tutor.

Enderezamiento por medio de ligaduras: Cuando no existe una flecha única, sino que varias lignificadas y demasiado inclinadas para esperar que se logren enderezar por sí solas, es posible conservar la más derecha uniéndola a otra rama y las ramas restantes se cortan por debajo del nivel del amarre.

Despunte: Cuando las soluciones anteriores no son practicables, hay que efectuar un despunte de la planta en primavera y de ese modo se renuevan una o varias ramas apicales de las cuales posteriormente se selecciona la mejor por medio de los procedimientos descritos anteriormente.

Control de Ramas Gruesas:

La poda de formación debe limitar el crecimiento de las ramas que se desarrollan mucho, o que tienen una tendencia a la verticalidad, cualquiera sea su nivel dentro de la copa.

Todas las ramas que se enderezan demasiado son potencialmente peligrosas y es necesario eliminarlas o acortarlas. En cambio las ramas horizontales se pueden conservar hasta que alcancen los 3 - 4 cm de diámetro.

Las ramas que se eliminan deben ser cortadas a ras del tronco, pero sin dañar el anillo situado en el nivel de inserción de la rama, denominado anillo cicatricial.

- Podas para obtener un Fuste Libre de Nudos.

Se puede esperar un fuste libre de nudos de 4 m de altura y, en condiciones ambientales adversas, de no menos de 2.5 - 2.8 m, ya que bajo estas dimensiones el precio del metro cúbico se castiga (Luna, 1990).

Mediante estas podas se eliminan sistemáticamente las ramas presentes en la parte inferior del fuste, independientemente de su vigor, cuidando de no sobrepasar el tercio de la altura total.

Se inician después que se ha realizado la poda de formación, nunca antes de los 2 - 3 años de edad, cuando los árboles sobrepasan 1.5 m de altura, o cuando las ramas

presentan un diámetro de inserción en el tronco de entre 1 - 3 cm. Las ramas más gruesas deben ser cortadas primero, cualquiera sea su localización en el tronco (IDF, 1983).

Los criterios a seguir para ejecutar bien las podas son (Bagnaresi y Minotta, 1989; Denci et al., 1982; IDF, 1983) los siguientes:

* Podar el tercio inferior del árbol.

* Podar todas las ramas situadas en el sector en que el tronco tiene entre 10 y 15 cm de diámetro.

* Podar todas las ramas cuya base mida entre 3 - 4 cm de diámetro, no importando su localización en el tronco.

Sin embargo, en base a los últimos datos experimentales obtenidos en Francia, se ha insistido en la necesidad de no podar más allá del 30% del total de la copa del árbol, ya que de lo contrario se estaría alterando negativamente el desarrollo del mismo.

La frecuencia de las podas depende de la velocidad de crecimiento de los árboles, siendo tanto más frecuentes mientras más vigorosos son los individuos, y suspendiéndose cuando se alcanza la altura del fuste libre de nudos definida como objetivo.

Con respecto a la época de ejecución es la misma que para la poda de formación, es decir a fines de invierno. Se debe tratar de evitar podar durante periodos fríos, a continuación de los cuales se pueden observar exudaciones abundantes de savia (Denci et al., 1982).

Además, durante los primeros años en primavera se pueden eliminar las yemas epicórmicas, operación manual fácilmente ejecutable y que prácticamente no deja cicatrices (Bagnaresi et al., 1986; Denci et al., 1982).

Plantaciones con Finalidad Mixta.

La producción frutícola tradicionalmente conocida puede ser fácilmente conciliada con la producción de madera.

Este tipo de plantaciones difiere de las plantaciones para la producción de madera sobretodo con respecto a la elección del material a utilizar. Si se desea obtener una producción frutícola de valor comercial es necesario recurrir al uso de plantas injertadas con las variedades seleccionadas por su fruto, eligiendo las más idóneas para el ambiente en el que se desea realizar la plantación. Para las zonas de colina y de montaña pueden aconsejarse, mientras no se disponga de indicaciones experimentales más precisas, los

cultivares franceses tardíos, como "Mayette", "Parisiene", "Corne" y "Franquette". En las cotas menos elevadas el CV californiano "Hartley", así como otras variedades autóctonas (Bagnaresi et al., 1986; Minotta, 1989; Minotta, 1990).

Una vez que se hayan elegido las variedades, que deberán cumplir con una serie de requisitos productivos y ecológicos, se procederá a realizar los injertos. Como es sabido, esta técnica afecta la calidad de la madera, inconveniente que puede ser paliado injertando las plantas a nivel del cuello, o sobre las ramas de árboles ya adultos (Minotta, 1990). En último término se pueden emplear plantas de semilla de ciertas poblaciones que producen nueces de calidad aceptable.

Al efectuar la plantación hay que distribuir en forma adecuada un 5 - 10% de polinizadores, localizándolos en la dirección del viento (Minotta, 1989).

En este caso las técnicas de cultivo se mantienen. La diferencia fundamental es que la copa deberá formarse a mayor altura respecto a lo tradicionalmente usado en las plantaciones para producción de nueces, y con respecto a la madera se obtendrán fustes libres de nudos de menor longitud (2.5 - 3.0 m) (Bagnaresi et al., 1986), pero con la ventaja de tener ingresos adicionales distribuidos en el tiempo durante gran parte de la rotación. Para obtener una planta con esas características se deberán realizar podas según las modalidades ya descritas.

Para asegurar una producción frutícola buena y constante son indispensables riesgos de emergencia si el régimen pluviométrico no satisface las exigencias hídricas del nogal durante la fase de crecimiento de los frutos (Minotta, 1989).

Se deben tratar de evitar daños al tronco, sobretodo en la primavera cuando la corteza se desprende fácilmente, así como la poda de ramas demasiado gruesas, que alteran la calidad de la madera.

Los distanciamientos aconsejados son del orden de 7 x 8, 8 x 9 y 8 x 10 metros, y hasta los 10 x 10 y 10 x 12 (Bagnaresi et al., 1986), lo que corresponde al distanciamiento definitivo, o en hileras, a 8 - 10 m (Minotta, 1989).

Para resguardar la producción frutícola hay que hacer tratamientos antiparasitarios contra *Carpocapsa pomonella*, con insecticidas, y contra la bacteriosis o peste negra (*Xanthomonas juglandis*) y la antracnosis (*Gnomonia leptostyla*), con productos cúpricos. También es de gran utilidad hacer fertilizaciones a fines de invierno y durante la maduración de los frutos con abonos ternarios con un alto tenor de nitrógeno (Bagnaresi et al., 1986).

Las plantaciones se podrán cosechar aproximadamente a los 40 - 50 años, dependiendo de la fertilidad del terreno y de las dimensiones de los productos que se desea obtener (Minotta, 1990).

ASPECTOS PRODUCTIVOS.

En buenas condiciones se ha visto que hasta los 60 - 70 años los nogales presentan un incremento anual de 0.8 - 1.0 cm de diámetro (Bagnaresi et al., 1986; Bagnaresi y Minotta, 1989), alcanzándose así volúmenes que poseen un valor superior al de otras especies de maderas nobles, como por ejemplo hayas y encinas. Según IDF (1983), si el terreno es suficientemente fértil, a los 50 - 60 años se puede obtener un DAP de 50 - 60 cm.

Las rotaciones oscilan entre los 40 y 60 años (Bagnaresi et al., 1986; Bagnaresi y Minotta, 1989), según la fertilidad del sitio y las características de crecimiento de las procedencias empleadas. El número final de árboles por hectárea debe ser de unos 70 individuos, no sobrepasando los 100.

Con respecto a la productividad, se estima que una plantación de nogales sometida a las técnicas adecuadas puede llegar a proporcionar 150 - 200 m³ / ha en 40 años. Esta productividad es muy inferior a la proporcionada por especies de rápido crecimiento, como por ejemplo alamo y pino, pero su importancia económica - financiera es muy superior. Por esto en una elección de ese tipo hay que salir de los esquemas tradicionales que tienden a evaluar las especies principalmente en función de la cantidad de madera extraíble por unidad de tiempo.

USO Y COMERCIALIZACION DE LA MADERA.

La madera de nogal es muy apreciada. Se trata de una madera semi - dura (densidad de 0.63 - 0.75 gr/cm³), de grano fino, de fibra larga, homogénea, fácil de trabajar, estable y muy estética (Mezzalana, 1989). Sus características físicas y químicas, unidas a sus cualidades estéticas indiscutibles, la convierten en una de las más bellas y valiosas (Luna, 1990).

Los fustes de mayor diámetro se destinan al trozado y a la producción de chapas para su utilización en ebanistería. La madera de calidad pero de menores dimensiones se emplea en carpintería fina, en la fabricación de culatas de armas y para esculturas.

Como por lo general estos cultivos se efectúan en superficies pequeñas debido a las exigencias ecológicas, se podría pensar que la comercialización es problemática. Sin

embargo existen empresas que requieren modestas cantidades de materia prima, pues actúan a nivel artesanal, y en el caso de la gran industria esto se podría obviar a través de la constitución de asociaciones entre los productores.

Además de la madera, el nogal presenta múltiples usos para los frutos (Guglini, 1988). Las nueces pueden ser consumidas tanto frescas como transformadas en confitería, o aún verdes, confitadas o en licores. De los cultivares idóneos se extrae el aceite de nuez, comestible y con usos industriales.

Las hojas, ricas en taninos y aceites esenciales, son usadas por la industria farmacéutica y de colorantes. El epicarpio del fruto, también rico en taninos, se usa en curtiduría, en la industria de colorantes, y con finalidades farmacéuticas. Plinio narra que era usado para teñir tejidos y los cabellos.

El mesocarpio del fruto, leñoso, se puede usar como combustible, y sus cenizas constituyen un óptimo abono fosfo - postásico.

Por último, y hasta hace no mucho tiempo, en algunos países europeos, en las zonas montañosas y de colina, cuando nacía una niña plantaban en el jardín un nogal que al momento de su matrimonio iba a constituir su dote.

REFERENCIAS.

Annali del I' Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo. 1987. Noce e Ciliegi da legno: esane de la produzione vivaistica nell 'Appennino centro - settentrionale. Vol. XVIII. Pp. 177 - 213.

Bagnaresi U. et al., 1986. Il miglioramento dei boschi e la possibilità di recupero alla produzione legnosa dei terreni agricoli abbandonati nella collina italiana. In: Studio Generale della Colina Italiana. Ed. Edagricole. 386 p.

Bagnaresi U. y Minotta G. 1989. Difesa e Salvaguardia dell' Appennino Emiliano - Romagnolo. Pratiche di Selvicoltura. IRECOOP. Emilia - Romana. 72 pp.

Del Sole E. 1983. Il noce nostrano, preziosa specie per il recupero di terreni marginali. Rev. E -M N° 9 - 10. Pp 48 - 53.

Denci L.; Mercurio R.; Moroni M.; Tocci A. 1982. Le possibilità di coltivazione del noce da legno. Revista Agricoltura e Ricerca N° 14. Pp. 36 - 41.

Forte V. 1982. Il Noce. Ed. Edagricole. 80 pp.

Guglini M. 1988. Il noce. Revista Verde Foreste N° 4. Pp 15 - 17.

INSTITUT POUR LE DEVELOPPEMENT FORESTIER. 1983. La culture des noyers a bois. 89 pp.

Luna L, F. 1990. El nogal. Producción de fruto y de madera. Ed Mundi - Prensa. 155 pp.

Mercurio R. 1988. Il noce da legno nell 'Italia centro - settentrionale. Rev. Cellulosa e Carta N° 2. Pp. 24 - 33

Mezzalana G. 1989. Biologia e Ecologia delle principali specie da impiegare nell 'Arboricoltura da legno. Rev. Le Foreste N° 5.

Minotta G. 1989. La coltura del noce da frutto ed a duplice attitudine produttiva in Italia. Revista Frutticoltura N° 7. Pp 23 - 29.

Minotta G. 1990. La coltura del noce da frutto ed a duplice attitudine produttiva in colina ed in montagna. Rev. Monti e Boschi N° 1. Pp. 27 - 33.

Nicholas I.D. 1988. The silviculture of black walnut in New Zealand. In: Proceedings of papers contributed and/or presented and histories of Australian forestry and forest products, Institutions and Associations. 25 April - 1st May 1988- Albury - Wadonga. Vol. IV.

El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales exóticas, entre otros temas. En esta oportunidad se entregan antecedentes de 9 publicaciones de interés, disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR en Santiago (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

1. PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES. Boletín Estadístico N° 20, División Estudios Económicos.

El objetivo fundamental de esta publicación es entregar series de precios de los productos forestales que Chile vende en el mercado interno y en el exterior, para los períodos 1984 - 1990 y 1986 - 1990, respectivamente.

El estudio se divide en tres partes. En la primera, se entrega un análisis del comportamiento de los precios durante 1990 y sus perspectivas para el presente año. En la segunda parte, se presentan los cuadros de precios en el mercado interno, en tanto en la tercera se entregan los precios de exportación de los principales productos forestales que se destinan al mercado externo.

2. ESTADISTICAS FORESTALES 1990. Boletín Estadístico N° 21, División Estudios Económicos.

El objetivo fundamental, es proporcionar antecedentes sobre la situación del sector en la actividad económica del país, recurso forestal existente, niveles de producción y comercio de la industria forestal primaria,

durante el año 1989 y años anteriores, antecedentes necesarios para la toma de decisión de agentes económicos y profesionales relacionados con este sector.

3. ANALISIS Y DIAGNOSTICO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE TRANSFORMACION MECANICA DE LA MADERA. Informe Técnico N° 121, División Industrias.

Estudio de aprovechamiento de madera aserrada y variabilidad de corte en aserraderos de *Pinus radiata*.

El presente Informe Técnico corresponde a los resultados de una primera etapa del proyecto CORFO - INFOR, en la cual se estudian 12 aserraderos pineros, se calcula su rendimiento y se analizan las causas que explican su respectiva eficiencia.

Consta de 72 páginas de texto, con 12 citas bibliográficas de muy recientes ediciones, incluyendo además 81 páginas con las mediciones y cálculos detallados de todo el trabajo efectuado.

Se concluye que los aserraderos estudiados tuvieron un rendimiento medio de

45,6% (39 - 55), lo que permite comprobar que la Industria no ha mejorado su eficiencia en los últimos 23 años, ya que un estudio similar efectuado por INFOR en 1965 dio los mismos resultados.

Como causas se identifican la deficiente mantención de herramientas de corte y su excesivo espesor de corte; una gran diversidad de cortes por razones de exigencias de mercado, que no permite mantener programas más adecuados por clase diamétrica; por último, se advirtió poca preocupación por el tema de la optimización, debido a que no afecta sensiblemente sus expectativas comerciales.

4. PROPIEDADES Y USOS DE ESPECIES MADERERAS DE CORTA ROTACION. Informe Técnico N° 122, División Industrias.

El presente Informe Técnico está destinado a determinar las principales propiedades físico-mecánicas de tres especies crecidas en el país y que no alcanzan aún su pleno desarrollo, como son Aromo australiano (*Acacia melanoxylon*) Sequoia (*Sequoia sempervirens*) y renoval de Raulí (*Nothofagus alpina*).

El trabajo se presenta separado en dos partes, la primera, con 4 capítulos, comprende una introducción al estudio, la metodología aplicada, los resultados obtenidos y finalmente, las conclusiones obtenidas. Hay 19 citas bibliográficas para esta 1ª parte.

La segunda parte, contiene un estudio de la aptitud pulpable de estas tres especies, el cual fue realizado en la Universidad Austral mediante un convenio con INFOR.

Con los resultados obtenidos, las especies se clasifican de acuerdo a sus diferentes propiedades, utilizando para ello el criterio de Sallénave, el cual establece las aplicaciones más recomendables para esas maderas según sean sus características físico-mecánicas.

5.- CONTROL DE CALIDAD EN EL ASERRADERO : GENERALIDADES Y APLICACION. Informe Técnico N° 124, División Industrias.

Este Informe Técnico describe una metodología para el control de calidad de los procesos de aserrío, mediante el empleo de cartas de control estadístico, ejemplificando su uso en tres aserraderos de la VIII Región del país. Además, se propone un método práctico y de fácil aplicación para que los administradores de aserraderos puedan tener bajo control los procesos de producción. El trabajo incluye además la descripción de los fundamentos del método y su discusión.

Resulta del mayor interés el análisis de los resultados obtenidos con las diversas máquinas que componen un aserradero y la forma en que se construye la respectiva carta de control.

Por último, se concluye que el procedimiento despertó un gran interés en los tres

aserraderos evaluados, encontrándose en todos ellos defectos de precisión y exactitud en el corte, asignándose como causas principales, desperfectos de la maquinaria y fallas humanas en la manipulación de la madera en el momento del corte.

El informe contiene también 21 citas bibliográficas y 46 páginas con anexos.

6. DISPONIBILIDAD DE MADERA DE PINO RADIATA EN CHILE 1990-2019. Informe Técnico N° 125, División Estudios Económicos.

El objetivo principal de este documento es obtener un conjunto de proyecciones de la disponibilidad de *Pinus radiata*, que permita dimensionar el potencial de crecimiento sostenido del Sector Forestal, de forma de orientar acciones de desarrollo en el mediano y largo plazo.

El presente estudio sobre la Disponibilidad de Madera en pie, de *Pinus radiata*, para el período 1990-2019, consta de 8 capítulos: los tres primeros resumen los objetivos, el marco conceptual, los supuestos y antecedentes básicos de la investigación. Cabe señalar que los resultados obtenidos son auspiciosos (Capítulos 4, 5 y 6) en cuanto a disponibilidad, revelando un potencial de crecimiento sectorial al año 2000, que duplica el actual, y lo triplica alrededor del 2015. En la sección 7 se realiza un balance entre disponibilidad y demanda, con lo cual se concluye que los nuevos proyectos para la década de los 90, están

abastecidos, quedando saldos importantes de madera aserrable.

7. LOS BOSQUES DE LENGUA *Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl. Krasser). Una orientación para su uso y manejo; Recopilación Bibliográfica. Informe Técnico N° 126, División Silvicultura.

A base de una recopilación bibliográfica se entregan antecedentes que orientan sobre la especie forestal nativa lenga, su distribución en el país y la superficie que ocupa.

Se caracterizan los sitios en que se desarrolla, la composición, estructura y dinámica de desarrollo de sus bosques y se plantean técnicas silviculturales aplicables para su manejo. Se proporcionan además, antecedentes sobre su crecimiento y rendimiento en distintos sectores de la distribución natural.

8. ANTECEDENTES GENERALES PARA EL MANEJO DE RENOVALES DE RAULI, ROBLE, COIHUE Y TEPA. Informe Técnico N° 127, División Silvicultura.

Este Informe Técnico entrega antecedentes de utilidad para el manejo silvícola de renovales de los tipos forestales Roble - Raulí - Coihue y Coihue - Raulí - Tepa, en sectores de la Precordillera Andina de las Regiones VIII, IX y X y de la Cordillera de la Costa de las Regiones VIII y X.

Se presenta información dasométrica para cada uno de estos tipos forestales nativos y se incluyen diversas tablas de volumen total y volumen por trozas en cada caso.

9. LA PEQUEÑA EMPRESA MADERERA DE BOSQUE NATIVO.

Informe Técnico N° 128, División Estudios Económicos.

La investigación, enmarcada en el proyecto "Diagnóstico de la Mediana y Pequeña Industria Maderera Nacional", fue desarrollada por el Instituto Forestal (INFOR), para lo cual se contó con el aporte financiero de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

En el presente informe se expone un estudio destinado a definir al pequeño empresario maderero de la X Región, enfatizado en su perfil; características socio-económicas y tecnológicas; su gestión productiva y de comercialización, además de su relación con el recurso.

En la primera parte del informe se proporciona el marco general en que se inserta la pequeña empresa maderera y su influencia en el uso y conservación del bosque nativo, mientras que en la segunda parte, se analiza la pequeña empresa en sus distintas actividades, identificando las dificultades que enfrenta. Finalmente, se proponen las líneas de acción que deberían implementarse para el desarrollo y fomento de estas unidades productivas.

En el estudio intervino personal de la División de Estudios Económicos del Instituto Forestal y del Programa de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa (APYME) de la Universidad de Santiago.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos, o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos 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. De acuerdo al tema, los trabajos son enviados a uno o más 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 contribuyan 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.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

- **Artículos** :

Todos los trabajos presentados para esta sección deberán contener: Resumen, Abstract, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusión.

siones, 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 fuentes 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.

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 Discusión 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, a los 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 sólo 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 diez espacios (sangría). No se numerarán las 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, negrita y centrado. Inmediatamente después, dos espacios abajo y pegado al margen derecho, se ubicará el nombre del o los autores y a pie 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 ubicará en página nueva y tanto éste como el resumen 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, anotándose 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, negrita 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 letra 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 antepondrá 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 citadas 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. Las normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son más de tres 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 minúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando doble espacio entre el título y el marco. Tablas y otras formas similares de mostrar información 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 o Figura N^o. 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 reúnan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satisfactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 18 cm (alto).

Las abreviaciones, 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 ubicado donde

sea necesario en el texto, 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 pie de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

ENVIO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se deberán enviar al Editor de Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal, Huérfanos 554 4º piso. Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 5^{1/4}" 360 Kb 2S / 2D, 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 diamante, 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.

