

ISSN 0716-5994

VOLUMEN 6 N°1

CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL

JUNIO 1992



INFOR

INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE

ISSN 0716 - 5994

VOLUMEN 6 N° 1

**CIENCIA
E
INVESTIGACION
FORESTAL**

JUNIO 1992

Propiedad Intelectual
Registro N° 84445

**INSTITUTO FORESTAL - FILIAL CORFO
CHILE**



**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 Ortiz
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 6397911 - 6391363
Fax 6381286

El valor de la suscripción anual para 1992, que consta de dos ejemplares, es de \$10.000 incluido I.V.A., de \$6.000 para estudiantes y de US \$30,00 para el extranjero incluido el franqueo. El valor de cada ejemplar es de \$6.000, de \$3.000 para estudiantes y de US \$18.00 incluido franqueo, para el extranjero.

La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.

Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin la previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal (INFOR - Chile).

CONTENIDO

Artículos

Respuesta del Eucalyptus globulus ssp. globulus a la Preparación del Sitio, Control de Malezas y Enmiendas Nutricionales	Sergio Calderón	5
Dinámica de la Causalidad de Incendios Forestales en Chile	Guillermo Julio	25
Obtención de Pulpa Kraft a Partir de Pinus pátula , Pinus taeda y Pinus elliottii Crecidos en Chile	Sandra Rodríguez y Marco Torres	47
Resultados Preliminares de un Ensayo de Enraizamiento de Estaquillas de Eucalyptus globulus ssp. globulus	Roberto Ipinza y Braulio Gutiérrez	61

Apuntes

Demanda Global por Madera y la Necesidad de Protección Ambiental: Una Visión Sudamericana	Jorge Cabrera	81
Metodologías de Predicción de Pérdidas de Suelo por Erosión Hídrica	Sandra Perret	99
Avances sobre el Cizalle en Uniones de Pinus radiata D. Don	Hernán Poblete	117
Función de Volúmen y Altura/Diámetro para Monte Bajo de Eucalyptus globulus en la Provincia de Limarí, IV Región	Alberto Peña	125

CONTENIDO

Notas Bibliográficas

Precios de Productos Forestales Chilenos. Actualizados a Diciembre de 1991. Boletín Estadístico N°25.....	137
Boletín de Precios Forestales. Año 6 N°30	137
Boletín de Precios Forestales. Año 6 N°31	137
Boletín de Precios Forestales. Año 6 N°32	137
Estadísticas Forestales 1991. Boletín Estadístico N°26.....	137
Exportaciones Forestales Chilenas. Enero - Diciembre 1991 Boletín Estadístico N°24	137

Reglamento de Publicación

Estructura de los Trabajos.....	139
Presentación de los Trabajos	141
Envío de los Trabajos	144

RESPUESTA DEL *Eucalyptus globulus ssp. globulus* A LA PREPARACION DEL SITIO, CONTROL DE MALEZAS Y ENMIENDAS NUTRICIONALES

Sergio Calderón (*)

RESUMEN

*El informe evalúa la respuesta volumétrica y financiera del *Eucalyptus globulus ssp. globulus* a la preparación del sitio, analizando el efecto del método de plantación, el control de malezas y tratamientos de fertilización, en la zona costera-sur de la provincia de Concepción.*

El estudio analiza los resultados con certeza estadística, establece las ganancias volumétricas, las proyecta a la edad de rotación y efectúa un análisis económico marginal de ellas.

La mejor alternativa desde el punto de vista del método de plantación resulta ser la ahoyadura con pala (tradicional) que supera significativamente al de motoperforadora y, aun cuando sin significación, al tratamiento de surcos y casillas.

Las plantaciones espaciadas a 3 x 3 m, usando herbicida (Round-up) y fertilizante (urea, superfosfato y borax), son mejores que las plantaciones fertilizadas y espaciadas a 2 x 2 m, tanto por generar un mayor volumen como por representar un menor costo marginal. Estas dos alternativas tienen una rentabilidad superior al 12%, si se considera un precio real de mercado equivalente a US\$ 12/m³ para la madera en pie.

Palabras Claves: ****Eucalyptus globulus ssp. globulus***. Preparación del Sitio. Herbicidas. Fertilizantes.*

(*) Ingeniero Forestal, Instituto Forestal.
Huérfanos 554 Santiago, Chile.

ABSTRACT

*This report shows the volumetric and financial response of **Eucalyptus globulus ssp. globulus** growing in plantation established in the southern-costal zone in Concepción Province (Chile), when the site productivity is modified by testing different combinations of planting methods, weed control and/or fertilizing treatments and established with different initial stockings.*

The study analyzes the results with statistical certainty, it specifies the actual volumetric gains that are projected to rotation ages and allow marginal economic analysis from them.

The best establishment method is the traditional technique preparing holes using hand tools that is significantly different to motordrilled holes and better, but no significant, than plow trench and cultivated box.

The composite treatment of spacing by 3 x 3 m, herbicide (Round-up) and fertilizer mix (urea, superphosphate, borax) is better than 2 x 2 m spacing (with fertilizer only) in volume and financially. These two alternatives have a profitability greater than 12% when the stumpage market price is higher than US\$ 12/m³.

Keywords: ***Eucalyptus globulus ssp. globulus. Site preparation. Herbicides. Fertilizer.***

INTRODUCCION

Las plantas recién establecidas compiten con las malezas para aprovechar la luz, nutrientes y agua y es el nivel de fertilidad del suelo el factor principal que regula la intensidad de esta lucha y determina el sentido en que se inclinará el balance. Evidentemente todo mejoramiento de las técnicas de preparación del sitio que eleve el nivel competitivo de las plantas, co-ayuda al establecimiento de la plantación. Numerosos ensayos establecidos en diversas localidades permiten evaluar la respuesta al uso de herbicidas, como herramienta para suprimir o atenuar esta competencia, y permiten establecer los efectos e interacciones que se introducen, al cambiar la productividad del sitio con enmiendas de fertilizantes y preparación del sitio.

Existen resultados de estos ensayos para las zonas áridas en Illapel, IV Región (Wrann e Infante, 1988), semiáridas en Casablanca, V Región (Prado y rojas, 1987) y Santa Cruz, VI Región. En la zona costera-sur de la Provincia de Concepción, en tanto, existen resultados hasta el año 1988, los cuales se actualizan en este artículo.

En la mayoría de los lugares mencionados existen ensayos que incluyen preparación de sitio, herbicida y fertilizante, generalmente con un diseño factorial. En el caso de la Provincia de Concepción se dispone de dos ensayos separados, en el primero de los cuales se prueban métodos de preparación de suelos, adecuados para topografías quebradas donde la mecanización es difícil o imposible, y, en el segundo, diferentes combinaciones de herbicidas y fertilizantes, además de diferentes espaciamientos de plantación.

El estudio de resultados del ensayo de herbicida y fertilizantes en plantaciones de distinta densidad, considera sólo dos de los espaciamientos. En cada caso, se buscan las diferencias significativas entre tratamientos, mediante un Análisis de Varianza y las consiguientes pruebas de Tukey. Los resultados en crecimiento diametral y en altura, son proyectados hasta edades de rotación de 10 y 15 años utilizando un modelo de simulación del crecimiento representativo de las plantaciones del norte de Tasmania (Goodwin N. y Candy S.G., 1986) Comparando los resultados de tratamientos específicos con el testigo se obtienen las ganancias volumétricas que, una vez establecido su

costo, pueden ser valoradas para diferentes tasas de rentabilidad al nivel mínimo de equilibrio.

MATERIAL Y METODO

En Colcura, Comuna de Lota (Provincia de Concepción) se establecieron dos ensayos, uno para probar técnicas de preparación de suelo y otro para determinar el efecto de la aplicación de herbicida y fertilizante.

El primer experimento, establecido en 1986, tiene un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, considerando los siguientes tratamientos :

- 1) Ahoyadura con pala (testigo)
- 2) Casilla de 50 x 50 cm.
- 3) Ahoyadura con motoperforadora
- 4) Surcos

La técnica de ahoyadura con pala que se usa tradicionalmente en el país, fue elegida como patrón de comparación. El segundo tratamiento consiste en una preparación de suelo en un área de 50 x 50 cm con 30 cm de profundidad. El hoyo efectuado con motoperforadora alcanzó una profundidad promedio de 50 cm. El segundo experimento se estableció de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado y tiene como objetivo analizar, para 3 espaciamientos distintos, el efecto de la aplicación de herbicida, fertilizante y la combinación de ambos. El ensayo fue establecido en 1984, en un sector bajo, con una napa freática cercana a la superficie (vega) donde predominaba una vegetación herbácea perenne. La plantación se realizó empleando una pala de media caña.

Los espaciamientos representados son 2 x 2 m; 3 x 3 m y 4 x 4 m, combinados con los siguientes tratamientos :

- 1) Testigo (sin aplicación)
- 2) Aplicación de herbicida
- 3) Aplicación de fertilizante
- 4) Aplicación de herbicida y fertilizante

Las parcelas son de 49 plantas, de las cuales se controlan las 25 interiores.

El herbicida (Glyphosate, 4 L/ha) se aplicó después de la plantación en una faja de 1 m de ancho, cubriendo las plantas al momento de la aplicación.

El fertilizante, que consistió de 75 g de superfosfato triple, 158 g de Urea y 54 g de borax por planta, se aplicó en 3 oportunidades : 20% al momento de plantar, 40% después de 1 año y 40% después de 2 años.

El estudio estadístico incluye un análisis de varianza (ANDEVA) que establece si las diferencias entre tratamiento son significativas y distribuye la varianza a sus diferentes causas : tratamientos, bloques y error experimental. La prueba adicional de Tukey especifica la significación que existe entre cada tratamiento y permite seleccionar el mejor, según la variable analizada.

En el segundo ensayo, los datos observados al quinto año son proyectados a los 10 y 15 años con un modelo de crecimiento para plantaciones de *Eucalyptus globulus* desarrollado en Tasmania (Goodwin N. y Candy S.G., 1986), el cual no ha sido validado para las condiciones chilenas. La proyección se incluye con carácter demostrativo solamente, dado que la representatividad debe primero probarse. Sin embargo, en el presente estudio se considera que cierta similitud en el volumen a los 5 años entre el modelo australiano y el promedio de 2 funciones chilenas para la zona, es garantía de igualdad en el crecimiento hasta esa edad (Apéndice 1).

El análisis económico se aborda con caracter marginal, capitalizando hasta la edad de rotación solo los costos imputables a los tratamientos aplicados. Estos se comparan con los ingresos también marginales generados por la venta del excedente de volumen producido por los tratamientos en relación al testigo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Métodos de Plantación

El efecto de la preparación del suelo en el crecimiento del *E. globulus* puede ser observado en todas las variables medidas, aun cuando no sea significativo en todos los casos. El Cuadro N° 1 muestra el estado de estas variables a los 3 años de edad.



El efecto de los tratamientos se refleja tanto en el crecimiento diamétrico, la altura total del árbol y la supervivencia de las plantas. Los controles efectuados a distintas edades se consideran valiosos para reflejar el efecto de los tratamientos después de transcurrido un lapso de 2 años desde su instalación o aplicación. Los controles efectuados al tercer año cumplen con este requisito. También se incluye el cálculo de un índice ($D^2 \times H$) combinando las variables D.A.P. y Altura Total, el cual tiene el potencial de expresar en mejor forma el crecimiento volumétrico.

La única tendencia que se puede observar a priori es que el tratamiento de ahoyadura con motoperforadora presenta el efecto de reducir el diámetro, la altura y el índice $D^2 \times H$ comparando los resultados con los otros tratamientos. El análisis de varianza, con respecto a la variable altura, confiere seguridad estadística a esta afirmación y la prueba de comparación múltiple de Tukey (Cuadro N° 2) individualiza los tratamientos con diferencias significativas.

Cuadro N° 1

RESULTADOS DEL METODO DE PLANTACION A LOS 3 AÑOS

Tratamiento	Bloque	Diametro (cm)	Altura (m)	$D^2 \times H$ (cm ³)	Supervivencia (%)
Pala	1	6,34	7,35	31.703,0	84
	2	7,23	7,34	48.671,8	92
	3	6,40	7,24	36.566,9	92
		6,65	7,31	38.980,6	89
Casilla	1	6,16	7,13	35.726,9	88
	2	6,70	6,75	37.833,4	84
	3	7,61	7,85	55.365,4	80
		6,82	7,24	42.975,2	84
M. Perforadora	1	4,40	4,73	15.439,5	80
	2	5,84	6,00	24.853,8	96
	3	5,45	5,80	20.147,7	64
		5,23	5,51	20.147,0	80
Surco	1	6,31	6,85	34.247,7	88
	2	6,03	6,23	31.611,3	76
	3	7,76	8,17	54.616,5	76
		6,70	7,08	40.158,5	80

Cuadro N° 2

**PRUEBA DE TUKEY
COMPARACION MULTIPLE DE LA ALTURA**

Tratamiento Promedio	1	2	3	4
	7,3	7,2	7,1	5,5
1	0,0	0,1	0,2	1,8*
2	0,0	0,0	0,2	1,7*
4	0,0	0,0	0,0	1,6
3	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota: Valores con asterisco (*), son significativamente diferentes entre si al nivel del 95%.

La prueba de Tukey confirma que la ahoyadura con motorperforadora produce un significativo deterioro de la altura en relación a la ahoyadura con pala (tradicional) y el método con casillas. La razón del bajo comportamiento del tratamiento con motorperforadora es que la máquina al abrir el hoyo de plantación, produce un efecto de compactación y sellado de las paredes laterales por la fuerte presión aplicada, la cual se hace más notoria cuando aumenta la proporción de arcillas y existe cierta humedad en el suelo.

Espaciamiento

El efecto del espaciamiento en los tratamientos de herbicida y fertilizante es ya mensurable a los 5 años de edad. No cabe duda que este efecto se hará más notorio con la maduración de la plantación.

Los promedios por espaciamientos para todos los tratamientos aparecen en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3

PARAMETROS MEDIOS POR ESPACIAMIENTO 5 AÑOS DE EDAD

Espaciamento (m)	Diametro (cm)	Altura (m)
2 x 2	6,48	9,12
3 x 3	9,81	11,46
4 x 4	9,86	10,62

Desde ya se puede observar que los árboles de mayor espaciamento (3 x 3, 4 x 4m) están creciendo mejor en diámetro. Esto indica que a las más altas densidades (2 x 2m) la competencia ya ha comenzado. Sin embargo, el crecimiento en altura aunque tiende a aumentar al bajar la competencia desde espaciamentos de 2 x 2 a 3 x 3m, revierte esta tendencia cuando los espaciamentos se hacen suficientemente grandes para permitir el crecimiento libre y sin competencia.

Estos crecimientos diferenciados por el cambio del factor espaciamento, interactúan y modifican desde el punto volumétrico y económico, los resultados obtenidos por los otros tratamientos aplicados: herbicida y fertilizante.

Herbicida y Fertilizante

Las consecuencias del uso de herbicida y/o fertilizante en plantaciones de *E. globulus* establecidas con ahoyadura con pala y con distinto espaciamento, se muestran a los 5 años de edad. En el Cuadro N° 4 se presentan los resultados de los espaciamentos 2 x 2 y 3 x 3m. Por ser estos los más usados en la práctica son también los únicos sometidos a análisis económico.

Cuadro N° 4

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE USO DE HERBICIDAS Y FERTILIZANTES
EN PLANTACIONES CON ESPACIAMIENTO 2 x 2 m Y 3 x 3 m**

Tratamiento	Espac. (m)	Bloque	Diametro (cm)	Altura (m)	D ² x H (cm ³)	Superv. (%)
1	2 x 2	1	7,3	9,7	62.644	80
1	2 x 2	2	7,6	10,1	72.547	80
1	2 x 2	3	8,5	10,7	94.732	76
Testigo			7,8	10,2	76.641	79
2	2 x 2	1	7,6	11,5	85.841	88
2	2 x 2	2	7,6	11,5	85.000	80
2	2 x 2	3	7,6	11,5	85.000	80
Herbicida			7,6	11,5	85.280	83
3	2 x 2	1	8,9	13,2	128.800	80
3	2 x 2	2	10,8	14,1	188.000	80
3	2 x 2	3	9,0	13,5	150.000	80
Fertilizante			9,6	13,6	155.600	80
4	2 x 2	1	9,1	13,6	149.600	100
4	2 x 2	2	8,8	12,9	129.100	88
4	2 x 2	3	8,5	13,1	113.800	96
Herbi-Fert			8,8	13,2	130.800	95
1	3 x 3	1	8,3	10,9	83.013	72
1	3 x 3	2	7,8	9,4	63.956	80
1	3 x 3	3	9,1	10,8	98.765	96
Testigo			8,4	10,4	81.911	83
2	3 x 3	1	11,3	12,7	197.365	100
2	3 x 3	2	8,5	10,9	96.715	80
2	3 x 3	3	7,7	9,1	69.635	96
Herbicida			9,1	10,9	121.238	92
3	3 x 3	1	9,3	11,2	105.781	88
3	3 x 3	2	9,9	11,2	119.589	92
3	3 x 3	3	10,8	12,8	165.566	96
Fertilizante			10,0	11,7	130.312	92
4	3 x 3	1	12,1	13,9	236.472	96
4	3 x 3	2	10,2	10,5	140.628	96
4	3 x 3	3	12,2	13,7	221.687	88
Herbi-Fert			11,5	12,7	199.596	93

La aplicación de los tratamientos herbicida y fertilización produce un mejoramiento del crecimiento diametral, en altura, del índice D² x H y de la supervivencia, ya sea cuando los tratamientos se aplican por separado, o cuando se consideran conjuntamente.



Generalmente la aplicación de ambos multiplica el beneficio. La única excepción a esta regla la constituye el uso exclusivo de fertilizante, que en las plantaciones de 2 x 2m supera levemente al tratamiento combinado con herbicida, lo cual se considera anormal, puesto que el herbicida ayuda a suprimir la competencia de las malezas.

Todas las conclusiones poseen una alta validez estadística, pues de 24 veces que se combinan las 4 variables medidas con los tratamientos herbicida-fertilizante y fertilizante en los 3 espaciamientos ensayados, los resultados son 24 veces favorables y 13 veces significativos.

Estimación de la Ganancia Volumétrica Futura

Para apreciar la ganancia producida por la aplicación de los tratamientos es interesante expresarla en volumen, que combina el efecto del diámetro y altura. Cuando este volumen se expresa por hectárea también incluye el mejoramiento de la supervivencia. Comparando el volumen por tratamiento con el testigo (sin tratamiento) se puede obtener la ganancia marginal producida por el tratamiento. Lo importante es proyectar esta diferencia hasta la edad de cosecha final, edad a la cual se producen los ingresos y hasta la cual deben ser capitalizados los costos.

La proyección del crecimiento volumétrico en rotaciones de 10 y 15 años se presenta para las plantaciones de 2 x 2m con aplicación exclusiva de fertilizante en el Cuadro N° 5 y para las plantaciones de 3 x 3 m con aplicación combinada de herbicida y fertilizante en el Cuadro N° 6. La misma información se presenta en forma esquemática en la Figura N° 1.

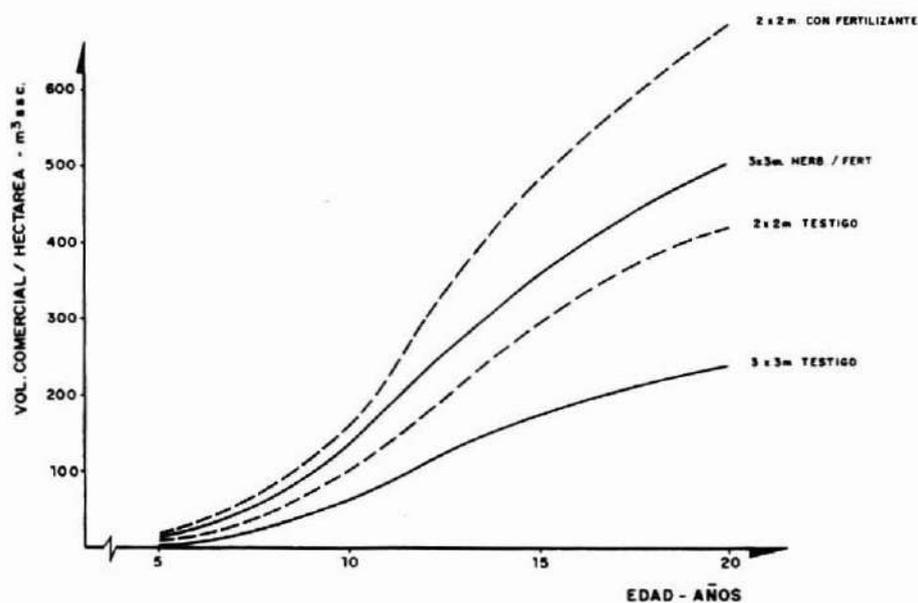


Figura N° 1. PROYECCION DEL CRECIMIENTO EN PLANTACIONES DE 2 x 2 m CON Y SIN USO DE FERTILIZANTE

Cuadro N° 5

PROYECCION DEL CRECIMIENTO EN PLANTACIONES DE 2 x 2 m
CON Y SIN USO DE FERTILIZANTE

Variable	Edad 5	Edad 10	Edad 12	Edad 15
Fertilizante				
D.A.P. (cm)	9,6	14,2	15,2	16,8
Altura (m)	13,6	27,7	31,5	36,0
Vol/arb (m ³ ssc)	0,0225	0,1002	0,1910	0,2850
Densidad/ha	2067	2067	2004	1915
Vol tot/ha (m ³ ssc)	46,5	207,1	382,8	545,8
Vol com/ha (m ³ ssc)	19,5	159,5	306,2	480,3
Testigo				
D.A.P. (cm)	7,8	11,5	12,4	13,7
Altura (m)	10,2	27,7	31,5	36,0
Vol/arb (m ³ ssc)	0,0111	0,0904	0,1270	0,1878
Densidad/ha	1968	1968	1968	1828
Vol tot/ha (m ³ ssc)	21,8	177,9	249,9	343,2
Vol com/ha (m ³ ssc)	6,1	101,4	167,4	295,2
Diferencia				
Vol/ha (m ³ ssc)	13,4	58,1	138,8	185,0

En las plantaciones espaciadas 2 x 2m, el volumen comercial obtenido con la aplicación de fertilizantes es 57.3% mayor al testigo cuando este se proyecta al año 10.

El incremento del volumen comercial es similar (62.7%) cuando la proyección se hace hasta una edad de rotación de 15 años.

El tratamiento de mejor rendimiento en las plantaciones de 5 años de edad con espaciamiento de 3 x 3m, resulta ser el que combina las aplicaciones de herbicida y fertilizantes en la etapa de establecimiento. En el Cuadro N° 6 se presentan los resultados también proyectados a las edades de rotación 10 y 15 años.

Cuando el **E. globulus** es plantado con un espaciamiento de 3 x 3m y se trata el sitio inicialmente con herbicida y fertilizante en los 3 primeros años de establecimiento, la ganancia volumétrica por hectárea, proyectada al año 10, es de un 107.3% lo cual indica un mejoramiento substancial.

Este aumento es de un 115.2% cuando la proyección se hace al año 15.

Cuadro N° 6

**PROYECCION DEL CRECIMIENTO EN PLANTACIONES DE 3 x 3 m
CON Y SIN USO DE HERBICIDA-FERTILIZANTE**

Variable	Edad 5	Edad 10	Edad 12	Edad 15
Herb - Fert				
D.A.P. (cm)	11,6	17,1	18,5	20,2
Altura (m)	12,7	27,7	31,2	36,0
Vol/arb (m ³ ssc)	0,0305	0,1998	0,2806	0,4126
Densidad/ha	1037	1037	1000	966
Vol tot/ha (m ³ ssc)	31,6	207,2	280,6	398,6
Vol com/ha (m ³ ssc)	18,0	136,8	246,9	358,7
Testigo				
D.A.P. (cm)	8,5	12,5	13,6	14,8
Altura (m)	10,4	27,4	29,6	36,0
Vol/arb (m ³ ssc)	0,0133	0,1056	0,1408	0,2195
Densidad/ha	919	919	919	841
Vol tot/ha (m ³ ssc)	12,2	97,1	129,4	184,6
Vol com/ha (m ³ ssc)	4,3	66,0	97,0	166,7
Diferencia				
Vol/ha (m ³ ssc)	13,7	70,8	149,9	192,0

Análisis Económico Marginal

Plantaciones Espaciadas 2 x 2m y Fertilizadas

El análisis económico marginal del mejor tratamiento (Cuadro N° 7) debería representar también la mejor solución económica. Sin embargo, no siempre lo es. Hay ocasiones en que la reducción de costos de un tratamiento es suficientemente importante como para contrarrestar un incremento volumétrico menor. En este caso particular la aplicación de fertilizante es el tratamiento de menor costo, además de ser el de mayor incremento volumétrico. Por lo tanto es la solución económica marginal más eficiente.

Los resultados (tasas de cambio a Julio de 1991) muestran que el mercado debe alcanzar precios de madera en pie de \$ 2.148/m³ (US\$ 6.14/m³) para que el tratamiento con fertilizantes sea económico y rinda un 8% de beneficio cuando las plantaciones establecidas a 2 x 2m se manejan sin raleo y con corta final a los 15 años. Si la corta final se realiza a los 10 años, el precio debe

subir a \$ 4.656/m³ (US \$ 13.30/m³) para rendir el mismo interés.

Cuadro N° 7

ANALISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL TRATAMIENTO DE
FERTILIZACION EN SUELO DE VEGA (2 x 2m)

Año	Gastos de Operación	Costo Actual (\$/ha)	Costo Año 10		Capitalizado Año 15	
			8%	12%	8%	12%
0	20% dosis fertilizante	9.000				
	2.25 jornadas+leyes soc. 79 Kg/ha Urea (\$ 96/Kg) 37.5 Kg/ha Super f triple 27 Kg/ha Borax (181/Kg) 1/20 jornadas de superv.	7.584 3.188 4.887 1.012				
		25.671	55.422	79.730	81.433	140.512
1	40% dosis fertilizante	18.000				
	4.5 jornadas+leyes soc. 158 g/ha Urea (\$ 96/Kg) 75 Kg/ha Super f triple 54 Kg/ha Borax (181/Kg) 1/20 jornadas de superv.	15.168 6.376 9.774 1.350				
		50.668	101.286	140.506	148.822	247.620
2	40% dosis fertilizante	18.000				
	4.5 jornadas+leyes soc. 158 g/ha Urea (\$ 96/Kg) 75 Kg/ha Super f triple 54 Kg/ha Borax (181/Kg) 1/20 jornadas de superv.	15.168 6.376 9.774 1.350				
		50.668	93.783	125.452	137.798	221.089
Gran Total			250.491	345.688	368.053	609.221
Costo de equilibrio \$/m ³ en pie			4.311	5.950	1.989	3.293
Beneficio Neto=tasa de interés			+ 345	714	159	395
Precio de Equilibrio \$/m ³ en pie			4.656	6.664	2.148	3.688

Asimismo, si el precio de mercado para la madera en pie es de un valor de \$ 3.688/m³ (US\$ 10.54/m³) y se ha esperado 15 años para alcanzar la madurez, la renta lograda en la gestión económica con aplicación de fertilizantes es de un 12%. Si el tiempo de espera, con las mismas condiciones de manejo se reduce a 10 años, el valor de la madera en pie sube a \$ 6.664/m³ (US\$ 19.04/m³) para rendir una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12%.

Plantaciones Espaciadas 3 x 3m y tratadas con Herbicida

En las plantaciones espaciadas 3 x 3m el tratamiento de mayor rendimiento resulta ser el que combina el uso de herbicida y fertilizante, situación que no difiere de los resultados alcanzados en el resto del país. Aun cuando el uso de fertilizante sin herbicida produce un volumen levemente menor y por ser de menor costo tiene potencial para ser el más económico, el análisis marginal se concentra en la alternativa herbicida-fertilizante (Cuadro N° 8) a objeto de comparar sus resultados con el resto del país.

La observación más global que se desprende de los resultados es el alto costo que representan las plantaciones espaciadas a 2 x 2m con respecto a las de 3 x 3m. Es evidente que tratar 2.500 plantas por hectárea con herbicida y fertilizante es mucho más caro que hacerlo con densidades de 1.111 plantas por hectárea. Este mayor costo, más que el volumen, determina prioritariamente el costo y precio de equilibrio.

La rentabilidad de los tratamientos está asegurada, excepto a densidades de 2 x 2m y con rotaciones de 10 años, dado que el precio corriente de mercado para la madera en pie supera actualmente los \$ 4.200/m³ (US\$/12/m³).



Cuadro N° 8

ANALISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL TRATAMIENTO DE
HERBICIDA-FERTILIZANTE EN SUELO DE VEGA (3 x 3m)

Año	Gastos de Operación	Costo Actual (\$/ha)	Costo Año 10		Capitalizado Año 15	
			8%	12%	8%	12%
0	Dosis de herbicida	2.000				
	0.5 jornadas+leyes soc.					
	1.5 L Round-up (\$9000/L)	13.500				
	20% dosis fertilizante					
	35.1 Kg/ha Urea (\$96/Kg)	3.370				
	16.7 Kg/ha Super f triple	1.416				
	12.0 Kg/ha Borax (\$181/Kg)	2.172				
	1 jornada+leyes soc.	4.000				
	1/5 jornadas+leyes soc.	1.800				
		28.258	61.007	87.765	89.639	15.4672
1	40% dosis fertilizante	6.740				
	70.2 Kg/ha Urea (\$96/Kg)					
	33.4 Kg/ha Super f triple	2.839				
	24 Kg/ha Borax	4.344				
	2 jornadas+leyes soc.	8.000				
	1/5 jornadas de superv.	3.600				
		25.523	51.020	70.777	74.966	124.734
2	40% dosis fertilizante	6.740				
	70.2 Kg/ha Urea (\$96/Kg)					
	33.4 Kg/ha Super f triple	2.839				
	24.0 Kg/ha Borax	4.344				
	2 jornadas+leyes soc.	8.000				
	1/5 jornada supervisión.	3.600				
		25.523	47.241	63.194	69.413	111.369
Gran Total			159.268	221.736	234.018	390.775
Costo de equilibrio \$/m ³ en pie			2.250	3.132	1.219	2.036
Beneficio Neto=tasa de interés			+ 180	376	98	244
Precio de Equilibrio \$/m ³ en pie			2.430	3.508	1.317	2.280

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La preparación del sitio, entendiéndose como tal el método de plantación, el

control de las malezas y/o fertilizaciones de apoyo, es imprescindible para lograr el éxito en el establecimiento. Su importancia se debe al marcado efecto en el crecimiento y la supervivencia cuando las plantas son más vulnerables.

Hay empresas en la zona costera-sur de la provincia de Concepción que han perfeccionado técnicas complejas de preparación del sitio que incluyen, además de las faenas señaladas, el uso de micorrizas y riego (Bourke M., 1991 comn. pers.). Combinando esta preparación con una selección de la época de plantación (Octubre, Noviembre y Diciembre) se logran resultados sobresalientes.

Los ensayos muestran que la ahoyadura con motoperforadora es una técnica inadecuada para suelos con cierto grado de arcillas; ya que produce, por compresión, un efecto de maceta en las paredes del hoyo. El método tradicional, de ahoyadura con pala sigue siendo el mejor, aun cuando no difiere significativamente del tratamiento de casillas o surcos.

La interacción del espaciamiento en el tratamiento de herbicida y/o fertilizante se advierte más en el aumento del costo que en el incremento del volumen. En esta forma, dado que el análisis económico es de tipo marginal, las densidades bajas (3 x 3m) resultan económicamente más deseables que 2 x 2m. Un análisis económico que considere el costo total e ingreso total, puede variar esta última conclusión.

De todas maneras, el tratamiento de fertilización en espaciamientos de 2 x 2m en rotaciones de 15 años y el de herbicida-fertilización en 3 x 3m resultan económicamente factibles, pues necesitan de precios de mercado menores de US\$ 12/m³ (margen inferior del rango actual) para ser rentables a un 12% de interés.

Una forma de reducir los costos del tratamiento herbicidas es hacer la aplicación localizada en círculos alrededor de la planta y no en fajas. Al reducir la superficie tratada al mínimo se consigue igual beneficio con un consumo de herbicida menor.

Esta técnica es segura en zonas áridas donde la densidad y desarrollo del pasto es reducida y se estima de factibilidad limitada en las zonas más lluviosas (Prado, J.A. y Wrann J., 1988).

Es recomendable también estudiar nuevas dosis reducidas de fertilizantes, para establecer a menor costo las dosis mínimas que resulten igualmente efectivas.



Finalmente se recomienda que para ensayos como este, que producen un incremento del volumen, se documenten también los cambios en el tamaño de trozas, calidad del producto y cambio en los costos productivos. Estos efectos laterales tienen una importancia igual o mayor que el aumento de volumen; único factor considerado en el análisis marginal.

BIBLIOGRAFIA

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.

INFOR., 1988. IV Informe de Actividades Período : Abril 1987 -Junio 1988. Proyecto Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. CORFO.

Prado J.A. y Rojas P., 1987. Preparación del Sitio y Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la Zona Semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal Vol. 1 N° 1 : 17-27.

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

Prado J.A. y Wrann J., 1988. La Importancia de la Preparación del Sitio y la Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus*. IV Informe de Actividades. Período Abril 1987 - Junio 1988. Proyecto Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. INFOR Santiago-Chile 1988.

Wrann J. e Infante P., 1988. Métodos para el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la Zona Arida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal. Vol 2 N° 1.

APENDICE N° 1

COMPARACION DEL VOLUMEN DEL ARBOL MEDIO A LOS 5 AÑOS DE EDAD (m³ssc)

Espaciamiento	Zona Costera-Sur Prov. Concepcion			Northern Tasmania Australia
	Lisboa	Diaz	Promedio	Promedio
2 x 2 m				
Fertilizante	0,011126	0,033440	0,022283	0,022490
Testigo	0,005781	0,016557	0,011169	0,011136
3 x 3 m				
Herb-Fert.	0,023011	0,045308	0,034160	0,030473
Testigo	0,002521	0,019812	0,011167	0,013325

DINAMICA DE LA CAUSALIDAD DE INCENDIOS FORESTALES EN CHILE

Guillermo Julio A. (*)

RESUMEN

Se estudió la causalidad de los incendios forestales en lo que respecta a su distribución en el territorio nacional y a la evolución que ha observado en el período 1977-89, con el objeto de proveer antecedentes útiles para la formulación de programas de prevención.

Para tal propósito se analizaron alrededor de 58.000 incendios forestales registrados por el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal.

Los resultados demuestran que la causalidad observa un notable dinamismo, particularmente en el caso de los incendios forestales que son provocados por transeúntes, quemas, juegos de niños y por acciones premeditadas o intencionales.

ABSTRACT

In order to obtain useful antecedents for the formulation of fire prevention programs, forest fire causality in relation to distribution on the national territory and its evolution in the period 1977-89 was studied.

For this purpose, around 58,000 forest fires recorded on the Fire Management Statistical System, belonging to the Corporación Nacional Forestal, were analyzed.

The results demonstrate that the causality has a notable dynamism, specially in the case of the forest fires originated by pedestrians, burns, children plays and arsons.

(*) Ingeniero Forestal. Departamento Manejo de Recursos Forestales, Universidad de Chile, Casilla 9206, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

Los incendios forestales pueden originarse como consecuencia del efecto de una gran cantidad de factores diferentes, que van desde aquellos derivados de fenómenos naturales tales como rayos, erupciones volcánicas u otros, hasta la acción premeditada de personas que, con motivaciones variables, desean que el fuego se propague a través de una cubierta vegetal determinada.

La negligencia humana representa también una causa importante en el origen de los incendios forestales. Incluso, en países como Chile, donde la incidencia de los fenómenos naturales en la ocurrencia es mínima, se estima que alrededor del 80% de los siniestros son provocados por descuidos, actos irresponsables o como consecuencia de una insuficiente capacitación para la ejecución de labores silvoagropecuarias.

Además, es común observar que la causalidad de los incendios forestales varía significativamente de un año a otro, y también de una región a otra en un mismo país. En general, el origen de la ocurrencia mantiene una estrecha relación con las condiciones ambientales prevalecientes y, por sobre todo, observa una alta sensibilidad a los cambios que se verifican en los procesos sociales en desarrollo (FAO, 1982).

En el marco del manejo del fuego, la prevención tienen por finalidad el diseño y aplicación de las medidas necesarias para controlar la iniciación de incendios forestales. Lógicamente estas medidas requieren estar respaldadas por un adecuado conocimiento de los factores que afectan a la ocurrencia, en orden de enfocarlas directamente hacia la raíz del problema, y para que se permita una definición más clara de los criterios y medios a emplear, de acuerdo a la naturaleza del objetivo perseguido (Brown y Davis, 1973).

El presente estudio pretende contribuir a ese conocimiento de la causalidad de los incendios forestales en Chile. Para ellos se analizaron los factores que inciden en la ocurrencia y se evalúa la tendencia observada en los últimos años, a fin de proveer una base de información para la futura formulación de programas de prevención.

MATERIAL Y METODO

Reseña General del Estudio

Se analizó el origen de los incendios forestales en Chile con la finalidad de evaluar el comportamiento de la causalidad, tanto en función de la distribución espacial observada como de acuerdo a la evolución en el transcurso de los últimos años.

Para tal propósito el estudio se desarrolló en varias etapas, que se indican a continuación según su secuencia de ejecución :

- a) Recopilación de la información sobre causas de incendios forestales en Chile.
- b) Análisis de la causalidad, de acuerdo a la codificación establecida por la Corporación Nacional Forestal.
- c) Evaluación del código de causas de la Corporación Nacional Forestal y proposición de una nueva clasificación.
- d) Análisis espacial de la causalidad, de acuerdo a la nueva clasificación propuesta.
- e) Análisis cronológico de la causalidad, de acuerdo a la nueva clasificación propuesta.

Antecedentes Utilizados

La información empleada en el estudio correspondió a la registrada en el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y publicada en los Informes Anuales de las temporadas 1976/77 a 1988/89, inclusive.

Se utilizaron antecedentes a contar de la temporada 1976/77 debido a que las causas de los incendios forestales se codificaron ese año por primera vez

de acuerdo a las normas propuestas por Maldonado y Omega (1976). En los periodos anteriores la información se registró de una manera diferente y, además se estimó de menor precisión y confiabilidad (CONAF, 1979).

El Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de CONAF, para las 13 temporadas consideradas en el estudio, provee datos de un total de 57.559 incendios forestales (distribuidos desde la III a la XII Regiones), clasificados en nueve categorías generales de causas, las que a su vez agrupan, en conjunto, a 38 tipos de causas específicas.

Las categorías de causas generales son las siguientes :

- 1.- Faenas Forestales
- 2.- Faenas Agropecuarias
- 3.- Recreación y Deportes
- 4.- Juegos
- 5.- Tránsito y Transporte de Personas
- 6.- Otras Actividades (Negligentes)
- 7.- Intencionales
- 8.- Otras (Naturales e Indirectas)
- 9.- Desconocidas

Por su parte, las causas específicas agrupadas en cada una de las categorías recién señaladas, relacionadas por medio del primer dígito del código, se indican a continuación :

- 1.1 Quema autorizada de Desechos de Explotación
- 1.2 Quema no Autorizada de Desechos de Explotación
- 1.3 Quema Autorizada de Preparación de Terrenos para Plantación
- 1.4 Quema no Autorizada de Preparación de Terreno para Plantación
- 1.5 Explotación Maderera
- 1.6 Manejo (Podas, raleos, reducción de combustibles, construcción y mantenimiento de cortafuegos).
- 1.7 Carboneo
- 1.8 Extracción de otros Productos (Miel, Frutos, Cortezas, Hojas, etc.)
- 1.9 Otras Faenas Forestales
- 2.1 Quema Autorizada de Desechos Agrícolas
- 2.2 Quema No Autorizada de Desechos Agrícolas
- 2.3 Cosechas Agrícolas
- 2.4 Limpia de Canales
- 2.5 Limpia de Caminos
- 2.6 Pastoreo

- 2.7 Otras Quemadas en Actividades Agropecuarias
- 2.8 Otras Faenas Agropecuarias
- 3.1 Paseo Ocasional
- 3.2 Pic-nic
- 3.3 Camping
- 3.4 Pesca
- 3.5 Caza
- 3.6 Otras Actividades de Recreación y Deportes
- 4.1 Niños Jugando con Fuego
- 4.2 Fuegos Artificiales
- 5.1 Ferrocarriles (Máquina y Pasajeros)
- 5.2 Circulación de Vehículos
- 5.3 Personas en tránsito
- 6.1 Maniobras Militares
- 6.2 Quemadas de Desperdicios (Basuras)
- 6.3 Otras Actividades (Negligentes)
- 7.1 Incendionario
- 7.2 Conejeo
- 7.3 Carboneo
- 7.4 Otras Causas Intencionales
- 8.1 Rayos
- 8.2 Otros Incendios
- 8.3 Explosiones y Accidentes

Debe señalarse, además, que los registros de causalidad de incendios forestales del Sistema Estadístico de CONAF incluyen una sección en donde se señala si el origen del siniestro ha sido investigado o estimado.

Procesamiento de la Información

Los antecedentes del Sistema Estadístico de CONAF proporcionaron una información detallada de las causas generales y específicas por temporada y por Región, la que se ingresó a una base de datos utilizando el programa computacional Lotus 123. De esta forma los datos pudieron ser consolidados, ordenados y clasificados de acuerdo a los objetivos de evaluación espacial y cronológica de la causalidad.

En el procesamiento de la información se emplearon los comandos



estadísticos del mismo programa computacional, que se estimaron suficientes para llevar a efecto el trabajo planeado.

El estudio de la causalidad basada en la clasificación de CONAF se llevó detalladamente comparando todas las Regiones y temporadas, tanto para las causas generales como para las específicas.

En cambio, en el estudio de la causalidad basada en la reclasificación propuesta, el análisis se llevó por trienios y macroregiones, con el objeto de permitir una base estadística de mayor amplitud y lograr una mejor claridad en las tendencias bajo análisis.

Reclasificación de la Causalidad

El propósito de la reclasificación fue procurar un ordenamiento que identificara con una mayor claridad las causas más importantes de los incendios forestales en Chile. Ello se fundamenta en que el código de CONAF en vigencia establece categorías generales que incluyen causas específicas de una diferente naturaleza, como ocurre particularmente con las faenas forestales, las faenas agropecuarias, otras actividades (negligentes) y otras causas (naturales e indirectas).

Por otra parte, una de las causas de mayor relevancia son las quemas, que aparecen identificadas en 10 tipos específicos y distribuidas en tres categorías generales diferentes.

De acuerdo a las consideraciones recién expuestas se propone una reclasificación basada en 12 categorías, que se presentan a continuación indicando entre paréntesis las causas específicas del código de CONAF agrupadas en cada una de ellas.

- A.- Quemas (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.7 y 6.2)
- B.- Faenas Forestales (1.5, 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9)
- C.- Faenas Agropecuarias (2.3, 2.6 y 2.8)
- D.- Recreación y Deportes (3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6)
- E.- Juegos de Niños (4.1)
- F.- Ferrocarriles (5.1)
- G.- Tránsito de Vehículos (5.2)
- H.- Peatones (5.3)

- I.- Otras Actividades Negligentes (4.2, 6.1 y 6.3).
- J.- Intencionales (7.1, 7.2, 7.3 y 7.4)
- K.- Fenómenos Naturales (8.1)
- L.- Accidentes y Otros Incendios (8.2 y 8.3)

En el diseño de la clasificación propuesta también se tuvo presente el criterio adoptado por diversos autores, tales como Ramsey y Higgins (1986), FAO (1982) y Haines et al (1978), que se inclinan por la simplificación de los registros y difusión de las causas de incendios forestales, a objeto de facilitar la interpretación y uso de esa información.

Asimismo, de acuerdo a las recomendaciones dadas por Brown y Davis (1973), se consideró inadecuado incluir a los incendios forestales de origen desconocido dentro de una de las categorías de causas. Esta situación se estima indispensable registrarla en el sistema estadístico, pero su ubicación debiera estar en la misma sección donde se incluyen los antecedentes de los incendios cuyo origen ha sido investigado o estimado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de la Causalidad según la Clasificación CONAF

Causas Generales

Los resultados del procesamiento de la información sobre causas generales de los 57.559 incendios forestales registrados por el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de CONAF, correspondientes al período 1976/77 a 1988/89, se presenta resumidamente en el Cuadro N° 1.



Cuadro N° 1

**PORCENTAJE DE CAUSAS GENERALES SEGUN LA CLASIFICACION
CONAF, POR REGIONES PARA EL TOTAL DEL PERIODO DE ESTUDIO**

Region	Incendios Por Causas Generales (%)								N° Total Incendios	Descon (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
III	1,7	20,7	15,5	12,0	41,4	3,5	3,5	1,7	58	12,1
IV	4,8	26,2	9,4	5,9	31,6	5,3	13,9	2,9	339	37,4
V	1,6	1,2	1,0	37,8	29,9	8,2	19,6	0,7	9.791	19,5
RM	2,6	8,5	5,1	10,3	45,1	6,6	20,6	1,2	4.267	26,4
VI	7,7	19,3	7,6	3,2	32,6	2,8	25,3	1,5	3.154	9,4
VII	17,6	23,1	8,1	4,0	35,9	3,4	6,7	1,2	4.583	4,6
VIII	22,0	9,5	3,2	3,4	33,1	2,3	24,1	2,4	13.363	19,3
IX	16,3	15,4	3,6	4,9	44,8	2,6	11,1	1,3	4.629	31,9
X	31,1	26,4	0,5	1,7	4,0	0,8	34,1	1,4	5.128	11,9
XI	8,4	66,6	3,0	1,8	15,5	1,9	0,6	2,2	1.183	2,2
XII	4,9	19,9	33,8	0	23,3	11,3	5,7	1,1	266	12,8
N° Tot. (%)	6.736 14,4	6.438 13,7	1.709 3,7	5.235 11,2	14.600 31,2	1.878 4,0	9.457 20,2	708 1,5	46.761 100,0	10.798 18,7

Se observa que la causa general 5 (Tránsito y Transporte) es la que tiene la mayor importancia para el total del período de estudio y en todo el territorio nacional, siguiendo en importancia las causas 7, 1 y 2 (Intencionales, Faenas Forestales y Faenas Agropecuarias, respectivamente). En el otro extremo, las causas 8, 3 y 4 (Naturales e Indirectas, Recreación y Deportes, y Otras Actividades Negligentes, respectivamente) presentan claramente la menor incidencia (en conjunto, alrededor del 9% del total).

Sin embargo, al analizar las causas generales por Regiones se comprueba un comportamiento significativamente variable. Por ejemplo, las Faenas Forestales y Agropecuarias (causas 1 y 2) son relevantes justamente en las Regiones donde tales actividades poseen una mayor importancia. También llaman la atención los Incendios Intencionales (causa 7), que muestran diferencias notables entre las Regiones, destacándose las Regiones X, VI y VIII por sus elevados niveles.

Por otra parte, cabe señalar la situación de la V Región, en donde alrededor de dos tercios de los incendios forestales que ocurren están siendo originados por Juegos y Tránsito y Transporte (causas 4 y 5). Una situación similar se presenta en la XI Región, con las Faenas Agrícolas (causa 2).

Algunas causas generales se mantienen prácticamente constantes en todo el territorio nacional, como es el caso de Recreación y Deportes (con la excepción de la III Región), Tránsito y Transporte (excepto la X Región), Otras

Actividades Negligentes y Naturales e Indirectas.

En cuanto a los incendios de origen desconocido, se considera que su nivel cercano al 19% es muy alto, especialmente si se agrega al hecho que en los registros estadísticos de CONAF en alrededor del 60% de los casos la causa fue estimada, y que sólo aproximadamente en el 21% de total fue comprobada por medio de una investigación.

Otro aspecto de interés de discutir se refiere a la variación que han experimentado las causas generales en el transcurso del período de 13 años considerado en el estudio. En el Cuadro N° 2 se presenta un resumen de la información correspondiente.

Al respecto, cabe expresar los siguientes comentarios :

- a) Se comprueba una tendencia notable de descenso de las Faenas Forestales en el origen de los incendios forestales, que ha ido desde un nivel superior al 20% en los primeros años, hasta un 8% o menos al término del período. Ello podría atribuirse principalmente al uso del fuego en la explotación forestal y en la habilitación de terrenos para la reforestación que, como se demostrará más adelante, ha declinado paulatinamente de importancia.
- b) En cambio, en las Faenas Agrícolas, aunque también se observa una tendencia de descenso, no es en ningún caso tan notable como en el caso anterior. Además se observa un comportamiento irregular con frecuentes ascensos y descensos de importancia en el transcurso del período.
- c) La intencionalidad en el inicio de los incendios está demostrando un peligroso incremento, que sin ser espectacular se manifiesta en forma constante, alcanzando en los últimos años niveles promedios de 23 a 24%, los que indudablemente son muy elevados.



Cuadro N° 2

**PORCENTAJE DE CAUSAS GENERALES, SEGUN LA CLASIFICACION
CONAF, POR TEMPORADAS PARA EL TOTAL DEL PAIS**

Tempor	Incendios Por Causas Generales (%)								N° Total Incendios	Descon (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
76/77	17,3	30,8	7,6	9,2	20,4	3,3	10,7	0,7	1.234	35,3
77/78	32,6	14,8	6,5	10,9	17,5	3,5	12,9	1,3	2.671	20,8
78/79	18,8	27,0	3,5	9,9	23,5	3,7	11,4	2,2	4.033	14,5
79/80	20,1	12,8	3,5	18,7	20,2	5,1	18,7	0,9	2.503	16,0
80/81	19,2	8,3	3,0	14,9	27,2	5,3	21,2	0,9	3.331	20,6
81/82	17,5	8,6	4,8	9,4	37,6	3,6	17,3	1,2	3.539	21,7
82/83	14,0	14,1	4,0	8,0	29,8	4,6	24,2	1,3	3.874	18,0
83/84	17,4	11,9	3,1	7,3	32,8	3,6	22,1	1,8	4.737	24,3
84/85	8,7	12,9	2,7	12,5	38,2	4,5	19,5	1,0	4.418	15,4
85/86	8,5	15,3	3,6	11,2	35,3	4,1	20,1	1,9	4.447	17,4
86/87	9,5	14,5	1,9	11,2	30,7	4,1	26,6	1,5	3.538	14,4
87/88	8,4	11,4	3,8	14,3	36,3	3,6	20,9	1,3	4.080	16,6
88/89	7,5	7,6	3,1	10,5	38,1	3,1	27,7	2,4	4.356	17,0
N° Tot. (%)	6.736 14,4	6.438 13,8	1.709 3,7	5.235 11,2	14.600 31,2	1.878 4,0	9.457 20,2	708 1,5	46.761 100,0	10.798 18,7

Causas Específicas

En el análisis de las causas específicas no se incluyeron los antecedentes de las III y IV Regiones (608 incendios forestales, lo que corresponde al 1,06% del total de la ocurrencia en el país para el período 1976/77 - 1988/89), debido a que esta información se encuentra registrada sólo para algunas temporadas en el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de CONAF.

En el Cuadro N° 3 se presentan las cantidades y porcentajes de incendios forestales por causas específicas para el total del período de estudio y en cuatro subperíodos. Estos últimos, que corresponden a trienios con la excepción del primero, que incluye cuatro años (planteado de esta manera en consideración a la baja ocurrencia registrada en la temporada 1976/77), se definieron con el propósito de facilitar el análisis de la tendencia cronológica del origen de los incendios forestales en Chile.

Cuadro N° 3

**CAUSAS ESPECIFICAS, SEGUN LA CLASIFICACION CONAF,
EN EL PERIODO 1976/77 A 1988/89 (V A XII REGIONES)**

Cod Conaf	Total Periodo		Subperiodos							
	(N°)	(%)	N° incendios				% incendios			
			77/80	81/83	84/86	87/89	77/80	81/83	84/86	87/89
1.1	467	1,1	91	186	143	77	0,9	1,7	1,1	0,6
1.2	2.300	5,0	900	621	432	347	8,7	5,8	3,2	2,9
1.3	470	1,0	95	153	157	85	0,9	1,4	1,2	0,5
1.4	1.866	4,1	863	469	370	184	8,3	4,4	2,8	1,5
1.5	346	0,7	87	57	107	95	0,8	0,5	0,8	0,8
1.6	222	0,5	38	32	84	70	0,3	0,3	0,6	0,6
1.7	291	0,6	75	80	88	48	0,7	0,7	0,6	0,4
1.8	301	0,6	55	87	103	58	0,5	0,8	0,8	0,5
1.9	406	0,9	138	115	90	63	1,3	1,1	0,7	0,5
2.1	462	1,0	79	115	132	136	0,8	1,1	1,0	1,1
2.2	3.021	6,5	1.229	480	850	462	11,8	4,5	6,3	3,9
2.3	139	0,3	46	12	48	33	0,4	0,1	0,3	0,3
2.4	229	0,5	65	53	67	44	0,6	0,5	0,5	0,4
2.5	233	0,5	62	58	62	51	0,6	0,5	0,5	0,4
2.6	325	0,7	42	80	95	108	0,4	0,7	0,7	0,9
2.7	1.452	3,1	593	219	356	284	5,7	2,0	2,6	2,4
2.8	476	1,0	59	105	137	175	0,6	1,0	1,0	1,5
3.1	544	1,2	198	120	122	108	1,9	1,1	0,9	0,9
3.2	377	0,8	93	101	85	98	0,9	0,9	0,6	0,8
3.3	182	0,3	62	41	34	25	0,6	0,4	0,2	0,2
3.4	297	0,6	58	66	111	62	0,5	0,6	0,8	0,5
3.5	157	0,3	47	46	35	29	0,4	0,4	0,3	0,2
3.6	131	0,3	33	44	26	28	0,3	0,4	0,2	0,2
4.1	4.870	10,5	1.253	1.109	1.108	1.402	12,0	10,3	8,2	11,7
4.2	338	0,7	15	18	279	26	0,1	0,2	2,1	0,2
5.1	1.516	3,3	482	453	392	189	4,6	4,2	2,9	1,6
5.2	915	2,0	194	242	228	251	1,9	2,3	1,7	2,1
5.3	12.036	25,9	1.477	2.663	4.145	3.751	14,2	24,9	30,9	31,5
6.1	193	0,4	32	48	72	41	0,3	0,4	0,5	0,3
6.2	1.354	2,9	322	383	368	283	3,1	3,6	2,7	2,4
6.3	313	0,7	54	49	107	103	0,5	0,4	0,8	0,9
7.1	6.652	14,3	787	1.228	2.232	2.405	7,6	11,4	16,6	20,2
7.2	1.084	2,3	202	341	335	208	1,9	3,2	2,5	1,7
7.3	313	0,7	56	74	97	86	0,5	0,7	0,7	0,7
7.4	1.359	2,9	353	605	103	298	3,6	5,7	0,8	2,5
8.1	21	0,04	7	3	5	6	0,06	0,02	0,03	0,05
8.2	524	1,1	115	87	182	160	1,1	0,8	1,2	1,3
8.3	152	0,3	32	36	36	46	0,3	0,3	0,3	0,4
S Tot.	46.364	100	10.385	10.679	13.401	11.899	100	100	100	100
Desc.	10.587	18,5	2.494	2.856	3.236	2.201	19,3	19,9	19,4	15,6
Total	56.951	100	12.879	13.335	16.637	14.100	100	100	100	100

Los antecedentes expuestos permiten profundizar algunos de los comentarios emitidos anteriormente en el análisis de las causas generales. Concretamente cabe señalar:

- a) Se destaca una significativa tendencia al descenso de los incendios forestales originados por el uso ilegal o no autorizado del fuego en Faenas Forestales y Agropecuarias (causas 1.2, 1.4 y 2.2). En cambio,

en aquellas autorizadas o legales (1.1, 1.3 y 2.1) el efecto sobre la ocurrencia se mantiene prácticamente constante en los cuatro subperíodos.

- b) En otras causas específicas, como Paseos Ocasionales (3.1), Camping (3.3) y Ferrocarriles (5.1), también se comprueba una clara tendencia a la pérdida de importancia.
- c) En cambio, es notoria el alza de la incidencia de las Personas en Tránsito o Peatones (5.3) y de Incendiarrios (7.1) en la causalidad. En este último caso, el incremento entre el primer y cuarto subperíodo alcanza prácticamente a un 200%.

Análisis de la Causalidad según la Reclasificación Propuesta

Tal como se explicó anteriormente, los antecedentes sobre causas específicas se reordenaron en 12 categorías, con el propósito de facilitar la interpretación y discusión sobre las tendencias que se observan en el origen de los incendios forestales.

Por otra parte, para simplificar aún más los respectivos análisis, la información fue clasificada en los mismos cuatro subperíodos indicados en el punto anterior y todo el territorio nacional se reagrupó en cuatro macroregiones, con el fin de sustentar una evaluación de mayor confiabilidad del comportamiento espacial de la causalidad.

Las macroregiones son : Centro (Regiones V, VI y Metropolitana), Centro Sur (Regiones VII y VIII), Sur (Regiones IX y X) y Austral (Regiones XI y XII). No se consideró una macroregión Norte (con las Regiones III y IV), debido a la insuficiente información disponible sobre causas específicas de incendios forestales.

Evaluación Espacial de la Causalidad

Los resultados del procesamiento de la ocurrencia de incendios forestales en todo el país y por macroregiones, para el total del período de estudio y de

acuerdo a la reclasificación propuesta, se presentan en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4

**CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES, SEGUN RECLASIFICACION
PROPUESTA, POR MACROREGIONES Y PARA TODO EL
PERIODO DE ESTUDIO**

Codigo Causa	N° Incendios Por Macroregiones				Total	
	Centro	Centro Sur	Sur	Austral	(N°)	(%)
A	1.920	5.381	4.082	525	11.908	25,7
B	311	824	338	90	1.563	3,4
C	255	206	117	364	942	2,0
D	549	800	194	122	1.665	3,6
E	3.930	621	298	21	4.870	10,5
F	143	801	572	0	1.516	3,3
G	382	423	102	8	915	2,0
H	5.355	4.839	1.607	237	12.038	25,9
I	607	146	58	31	842	1,8
J	3.595	3.532	2.259	22	9.408	20,3
K	4	9	4	4	21	0,05
L	161	364	126	25	676	1,5
Sub.Total	17.212	17.946	9.757	1.449	46.364	100,0
Descon.	4.232	3.427	2.863	65	10.587	18,5
Total	21.444	21.373	12.620	1.514	56.951	100,0

Puede apreciarse que las causas más significativas en el origen de los incendios forestales en Chile corresponden, de acuerdo a su orden de importancia, a Peatones o Personas en Tránsito (H), Quemadas (A) e Intencionales o Premeditados (J). Por el contrario, las causas Rayos y Fenómenos Naturales (K), Accidentes y Otros Incendios (L), Faenas Agropecuarias (C) y Tránsito de Vehículos (G), presentan una muy baja incidencia (de un 2% o menos).

Al comparar la causalidad entre las macroregiones, puede corroborarse que en siete tipos de causas no se observan diferencias o variaciones de importancia: Faenas Forestales (B), Recreación y Deportes (D), Ferrocarriles (F), Tránsito de Vehículos (G), Otras Actividades Negligentes (I), Rayos y Fenómenos Naturales (K) y Accidentes y Otros Incendios (L).

En cambio se estima de interés analizar la situación de aquellas causas que presentan un comportamiento significativamente variable en el territorio

nacional, como es el caso Quemadas (A), Faenas Agropecuarias (C), Juegos de Niños (E), Peatones o Personas en Tránsito (H) e Intencionales o Premeditados (J).

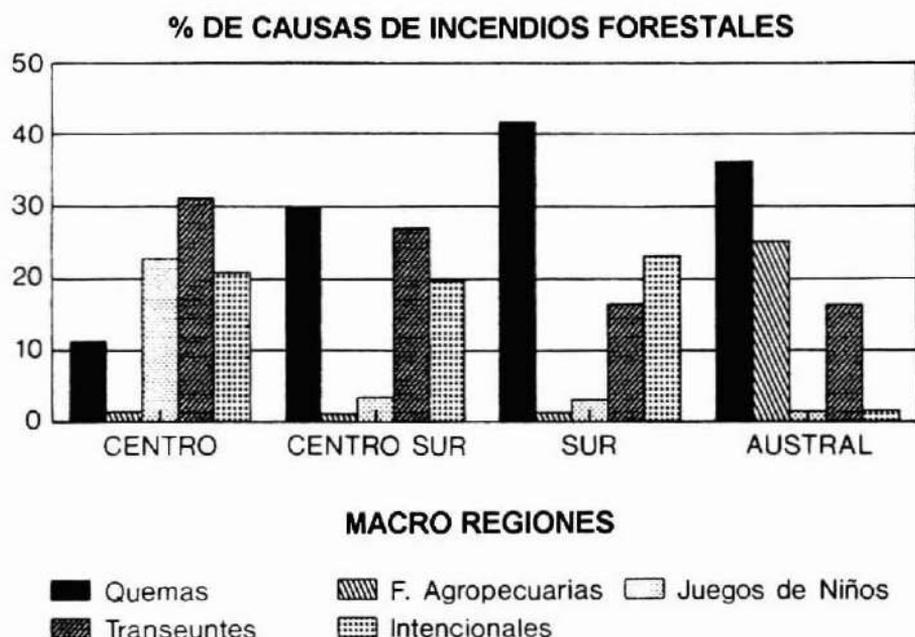


Figura N° 1. CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES QUE PRESENTAN UN COMPORTAMIENTO SIGNIFICATIVAMENTE VARIABLE EN EL TERRITORIO NACIONAL

En relación a los antecedentes expuestos en la Figura N° 1, cabe plantear los siguientes comentarios :

- a) Las quemadas (A), que tienen una gran importancia en todo el territorio nacional, observan una espectacular incidencia en la ocurrencia de incendios forestales en las macroregiones Centro-Sur, Sur y Austral, con niveles que varían entre 30 y 42%. En las dos primeras la explicación

puede estar dada por el uso excesivo e irracional del fuego en la habilitación de sitios para plantaciones forestales. En cambio, en la zona austral, el uso del fuego como medio de trabajo en actividades agropecuarias pasa a ser preponderante. Por su parte, en el centro del país, esta causa que es de una menor importancia, aunque también de significación (alrededor del 11%), es consecuencia de la aplicación de fuego en la habilitación de terrenos para la agricultura y para la eliminación de basuras o desechos urbanos.

- b) Las Faenas Agropecuarias (C), que en la mayor parte del País representan una causa de escasa importancia, con un promedio nacional de alrededor del 2%, adquieren una gran relevancia en la macroregión Austral, con un nivel algo superior al 25%, debido al rol que juega allí esa actividad.
- c) Respecto a los Juegos de Niños (E), se observa una alta incidencia en el centro del país (Cerca del 23%) y un muy bajo nivel en las otras macroregiones. Al respecto, pueden argumentarse razones diferentes para explicar tal situación. Por un lado, de acuerdo a lo planteado por Folkman (1979), esta causa podría ser considerada como un típico efecto de la influencia de las grandes ciudades, como es el caso de Santiago y Valparaíso, en donde los niños frecuentemente se desplazan hacia sectores rurales o semi urbanos por el atractivo que les significa el ambiente natural. Por otra parte, en las otras macroregiones, en donde existe un mayor predominio de bosques, los niños poseen una mayor conciencia del valor de los recursos naturales renovables, por la importancia que tienen en la economía regional y porque en la mayoría de los casos constituyen la fuente de trabajo de sus padres.
- d) Los Peatones o Personas en Tránsito (H) representan la principal causa de incendios forestales, con un nivel ligeramente superior a las quemas. Su relevancia es elevada en todo el país, pero su importancia tiende a decrecer desde el centro hacia las regiones australes. Tal hecho puede ser explicado por el efecto que posee la densidad poblacional en la ocurrencia de incendios forestales.
- e) Finalmente, los incendios de origen Intencional o Premeditado (J), observan un elevado nivel en todo el país (cercano o superior al 20%), con la excepción de la macroregión Austral, en donde esta causa se presenta con una muy baja significación (1,5%). A diferencia de los casos anteriores, no existe una explicación clara para este comportamiento. Podría tal vez señalarse que la situación demográfica

en la zona austral contribuye a este hecho, por cuanto es conocida la relación directa que existe entre la densidad poblacional y la estabilidad emocional de las personas (Folkman, 1979; Donoghue y Mc Namara, 1979).

Evaluación Cronológica de la Causalidad

Al analizar el comportamiento del origen de los incendios forestales en el transcurso del período de estudio, se comprueba una clara evolución en la mayoría de las causas, en algunos casos con tendencias de incremento y en otros de descenso de la importancia que representan en la ocurrencia.

Cuadro N° 5

EVOLUCION DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES EN EL TRANSCURSO DEL PERIODO 1976/77 A 1988/89

Codigo Causa	N° Incendios				% Incendios			
	77/80	81/83	84/86	87/89	77-80	81-83	84-86	87-89
A	4.302	2.738	2.935	1.933	41,2	25,6	21,9	16,2
B	388	371	472	332	3,8	3,5	3,5	2,8
C	147	199	280	316	1,4	1,9	2,1	2,7
D	489	415	413	348	4,7	3,9	3,1	2,9
E	1.253	1.109	1.106	1.402	12,1	10,4	8,3	11,8
F	482	453	392	189	4,7	4,2	2,9	1,6
G	194	242	228	251	1,9	2,3	1,7	2,1
H	1.477	2.665	4.145	3.751	14,2	25,0	30,9	31,5
I	101	113	458	170	1,0	1,0	3,4	1,4
J	1.398	2.248	2.767	2.995	13,5	21,0	20,6	25,2
K	7	3	5	6	0,07	0,03	0,04	0,05
L	147	123	200	206	1,4	1,2	1,5	1,7
S.Tot.	10.385	10.679	13.401	11.899	100,0	100,0	100,0	100,0
Descon.	2.494	2.656	3.236	2.201	19,4	19,9	19,5	15,6
Total	12.879	13.335	16.637	14.100	100,0	100,0	100,0	100,0

Del Cuadro N° 5 se desprende que en las causas Juegos de Niños (E) Tránsito de Vehículos (G), Otras Actividades Negligentes (I), Rayos y Fenómenos Naturales (K) y Accidentes y otros Incendios (L), el comportamiento en el transcurso del período es irregular, sin manifestarse una tendencia significativa de alza o descenso. En cambio, en las causas restantes,

las variaciones son notables y de interés de discutir. En la Figura N° 2 se exponen gráficamente las tendencias observadas en los casos recién indicados.

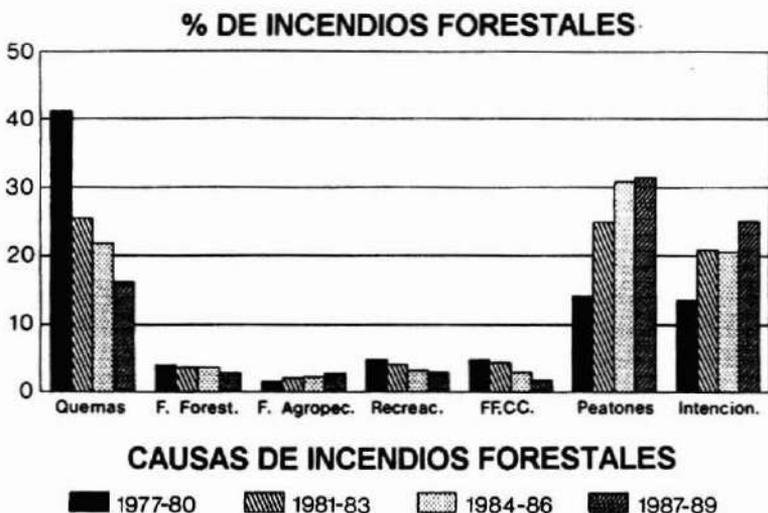


Figura N° 2. CAUSAS QUE PRESENTAN UNA EVOLUCION SIGNIFICATIVA EN SU EFECTO SOBRE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES

En base a los antecedentes expuestos, cabe destacar y discutir lo siguiente :

- a) Los incendios forestales provocados por quemas observan una clara tendencia al descenso, con una disminución prácticamente a un tercio, al comparar los valores del primer y cuarto subperíodo. Ello podría explicarse por varias razones: Por un lado, debido a los efectos de la nueva reglamentación y sistemas de control aplicados por CONAF a contar de 1979 (Gallardo, 1983); también, por el mejoramiento paulatino de las técnicas y medios empleados en el uso del fuego, particularmente en la preparación de terrenos para la reforestación y, por último, como consecuencia de la presión de grupos ecologistas y conservacionistas,

como del mismo público, que cada día se manifiestan más intensamente en forma antagónica a las quemas, por el daño que provocan a los recursos naturales renovables y al medio ambiente mismo.

- b) Las faenas forestales también van perdiendo importancia como causa de incendios, aunque con una tendencia mucho más suave que en el caso anterior. La explicación podría estar dada por la mayor conciencia que se ha ido adquiriendo por parte de las empresas forestales, que ha redundado en la aplicación de medidas de prevención cada día más severas.
- c) En cambio, las faenas agropecuarias mantienen una tendencia de incremento en su importancia como causa de incendios forestales. En este caso, tal situación podría explicarse por el menor impacto que han tenido las campañas de prevención en los pequeños y medianos agricultores, que representan a la mayoría de los usuarios del fuego en Chile. En general, se estima que las polémicas públicas suscitadas en torno a las quemas más bien han estado enfocadas preferentemente hacia el efecto que provocan en los recursos forestales, de manera que los agricultores no se han sentido aludidos por ellas.
- d) Las actividades recreativas y deportivas están perdiendo paulatinamente su importancia en el origen de los incendios forestales, lo que podría atribuirse a uno de los efectos de las campañas de prevención impulsadas por CONAF y las empresas forestales, que se han aplicado con una mayor intensidad en los últimos años y con una mayor fundamentación respecto al comportamiento que observa este grupo social. Además, esta tendencia se comprueba en la mayoría de los países (FAO, 1982) y se explica por el aumento del nivel cultural de la población y su mejor comprensión sobre los valores que representan los recursos renovables.
- e) El descenso de importancia de los ferrocarriles como causa sin dudas es explicable por dos razones diferentes. Por una parte, al cambio de fuente de energía (de carbón a petróleo) y, por otro lado, a la supresión gradual de muchos ramales o líneas entre pueblos pequeños, que generalmente cruzaban áreas preventivas y patrullajes de detección especiales que se han estado aplicando en los sectores con líneas férreas, particularmente por parte de las grandes empresas forestales.
- f) Llama la atención el efecto cada vez más notable de peatones o personas que transitan en sectores rurales, que ha llegado ha

constituirse, a partir del subperíodo 1984-86, en la principal causa de incendios forestales en todo el país. Esta situación podría suponerse que se origina por diversos motivos. En primer lugar, al uso cada vez mayor de los recursos boscosos por parte del público en general; también, a la proliferación de plantaciones forestales en las cercanías de centros urbanos y, por último, a la creciente demanda de leña, especialmente en las regiones del sur, que implica un intenso tránsito por pobladores de un estrato socio económico bajo.

- g) Finalmente, se reitera el significativo incremento de la intencionalidad o premeditación en el origen de los incendios forestales, que ha pasado a ocupar la causa de segunda importancia en el país. En general, al analizar la tendencia de este problema en otros países se podría concluir que este fenómeno es de carácter universal (Moore, 1975; Haines et al, 1978; Leone et al, 1988; Donoghue y Mc Namara 1979; Velez, 1984; y Ramsey y Higgins, 1986). Por otra parte, se considera que la intencionalidad correspondería calificarla como una típica consecuencia de la elevación de los estándares de vida de la población, como ocurre con la tasa de suicidios, alcoholismo, delincuencia, etc. También cabría señalar, para el caso de Chile, la posibilidad que en una importante proporción los incendios intencionales, especialmente en el subperíodo 1987-89, fueron provocados como una forma de sabotaje, dada la inestable situación política existente en esa época.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio aportan antecedentes de indudable valor sobre las tendencias de la causalidad de incendios forestales en Chile, y constituyen una importante base para la programación de futuras actividades preventivas, tanto en el ámbito nacional como en sus niveles regionales.

Los diversos mecanismos que usualmente emplea la prevención, tales como la educación, la divulgación, la reglamentación y el manejo de combustibles, ofrecen a su vez una variada gama de formas especializadas de acción, que pueden ser altamente eficientes si se aplican apropiadamente apuntando hacia la raíz del problema. Es decir, atendiendo al comportamiento

del origen de los incendios forestales en relación a la oportunidad, localización, entorno y grupo social, que en conjunto caracterizan la generación de la ocurrencia.

Se estima, por lo tanto, en base a un resumen de la discusión de los resultados expuestos en el capítulo anterior, que la prevención de los incendios forestales en Chile debería diseñarse e implementarse para contrarrestar preferentemente a :

- a) En forma general, el tránsito de personas o peatones, que representa la principal causa de incendios forestales en el país, afectando en forma significativa a todo el territorio nacional y con una manifiesta tendencia de incremento de su importancia.
- b) Las quemas, que si bien están mostrando un descenso de su incidencia en el origen de los incendios forestales, aún poseen un elevado nivel de significación, especialmente en las macroregiones Centro Sur, Sur y Austral.
- c) Los juegos de niños, aunque muestran un nivel que no llama la atención a nivel nacional, constituyen una causa que ha mantenido, en todo el período de estudio, una elevada incidencia en las regiones centrales, con énfasis en los alrededores de las grandes ciudades.
- d) La intencionalidad o premeditación en la provocación de los incendios forestales es, como se ha expuesto reiteradas veces, preocupante por su notorio ascenso y por los elevados niveles de incidencia que posee en prácticamente todo el territorio nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brown, A.A., Davis, J.P., 1973. Forest Fire Control and Use. Mc GrawHill, N. York. 686 p.

CONAF, 1979. Programa de Protección contra Incendios Forestales. Revista Chile Forestal, Santiago, Número Especial, p. 43-47.

- Donoghue, L.R., Mc Namara, E.F., 1979.** Fire Prevention in the Northeastern States Where Do We Stand? USDA Forest Service, Fire Management Notes. Spring 8-10.
- FAO, 1982.** Statistiques des Incendies de Forêt. Gèneve, Supplement 10 au Vol. XXXIV du Bulletin du Bois pour l'Europe. 23 p.
- Folkman, W.S., 1977.** High-Fire-Risk. Behavior in Critical Fire Areas. Berkeley, Cal. USDA Forest Service, Res. Pap PSW-125 12 p.
- Gallardo, E., 1983.** Evolución de la Legislación Chilena sobre Uso del Fuego en Predios Rústicos. Actas III Seminario de Manejo del Fuego, Arauco, CONAF/U.AUSTRAL. 23 p.
- Haines, D.A. Main, W.A. Mc Namara, E.F., 1978.** Forest Fires in Pennsylvania. St. Paul, Minn, USDA Forest Service, Res. Pap. NC-158. 20 p.
- Leone, V. Mazzucca, F., Vita, F., 1988.** Hypotheses as to the Causes of Forest Fires in Puglia. Actas Seminario sobre Métodos y Equipos para la Prevención de Incendios Forestales. ICONA/CEE/OIT/ONU, Valencia, p. 190-194.
- Maldonado, F., Omegna, G., 1976.** Notas Preliminares para la Determinación y Nueva Clasificación de Causas de Incendios Forestales. CONAF, Santiago, PT-10, 16 p.
- Moore, H. E., 1975.** Incendiarism. It Can Be Successfully Investigated and Prosecuted. Journ. of For. 73 (6): 351-352.
- Ramsey, G.S., Higgins, D.G., 1986.** Canadian Forest Fires Statistics 1981-83. Information Report PI-X-49E, Canadian Forestry Service, Petawawa. 148 p.
- Velez, R., 1984.** El problema del Incendio Forestal Intencionado y sus relaciones con las Condiciones Sociales y Económicas de las Zonas Afectadas. Actas del Convegno Int. Studi Problemi Incendi Boschivi in Ambiente Mediterraneo, Bari.



**OBTENCION DE PULPA KRAFT A PARTIR DE
Pinus patula, Pinus taeda y Pinus elliottii
CRECIDOS EN CHILE**

Sandra Rodríguez S.(*)
Marco Torres U.(**)

RESUMEN

*Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de las especies **Pinus patula**, **Pinus taeda** y **Pinus elliottii** frente al proceso kraft. Las muestras usadas correspondieron a árboles de raleo del Arboretum, ubicado en el Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile.*

Se determinó la composición química de las maderas y la densidad de las astillas. Se realizaron ensayos de pulpaje bajo diferentes condiciones, variando la concentración de álcali efectivo entre 18 y 20% y el tiempo a temperatura máxima entre 30 y 60 min, el resto de las variables permanecieron constantes.

Se obtuvieron pulpas con índices kappa entre 20 y 40, y rendimientos clasificados entre 40 y 46% respectivamente.

Palabras claves: Pulpa Kraft, *Pinus patula*, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*.

(*) Ingeniero Civil Químico

(**) Técnico Celulosa y Papel

Instituto de Tecnología de Productos Forestales,

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia.

ABSTRACT

*The evaluation of pulping results with **Pinus patula**, **Pinus taeda** and **Pinus elliottii** wood grown in Chile is the objective of this work. The wood samples were provided by the Universidad Austral de Chile from trials located at the Isla Teja campus.*

Wood chemical composition and chips density were determined. Pulping processes were tried, under different conditions, changing effective alkali concentrations from 18 to 20% and the time at maximum temperature between 30 and 60 minutes.

Pulps with Kappa indexes ranging from 20 to 40 and classified yields between 40 to 46% were obtained.

Keywords : *Kraft pulping. **Pinus patula**, **Pinus taeda**, **Pinus elliottii**. Chemical analysis. Chips. Pulp properties.*

INTRODUCCION

Las especies de fibra larga, destacándose entre ellas Pino insigne (***Pinus radiata* D. Don.**) tienen una gran importancia en la industria de celulosa. Ello se refleja en su alta demanda pues, de los 37.000.000 de metros cúbicos de madera pulpable, trozos y astillas, que se comercializan a nivel mundial, dos tercios corresponden a maderas de coníferas.

El desarrollo alcanzado por la industria de celulosa y papel en Chile, se ha basado en el monocultivo existente de pino insigne, debido a que esta especie tiene buenas aptitudes como fuente de material fibroso para la obtención de pulpa química.

Desarrollar aún más esta industria requiere de la investigación que conduzca a la búsqueda de nuevas especies que resulten atractivas como fuente de materia prima para la obtención de pulpa química. Por tal motivo resulta interesante estudiar la aptitud pulpable de las especies ***Pinus patula***, ***Pinus taeda*** y ***Pinus elliottii***.

Algunos antecedentes disponibles señalan que a partir de cada una de estas especies es posible obtener pulpa mediante el proceso kraft, utilizando una carga de álcali activo en el rango normal para coníferas, obteniéndose una pulpa con rendimiento promedio (FAO, 1975). Por otro lado las pulpas de ***Pinus elliottii*** y ***Pinus taeda***, se caracterizan por tener alto factor de rasgado y baja longitud de ruptura, al ser comparadas con pulpas sulfato provenientes de otras coníferas, pero aún así sus propiedades físico-mecánicas en general son satisfactorias para la fabricación de papeles (FAO, 1975; Uprichard Gray, 1973).

Actualmente, no existen antecedentes sobre estas especies creciendo en Chile, tanto de su aprovechamiento industrial para la fabricación de pulpa como de su caracterización física y química.

Las muestras de madera se obtuvieron como material de raleo de parcelas de entre 11 y 13 años. Este tipo de material se enmarca dentro del abastecimiento normal de madera en la industria de celulosa chilena, debido a

que la gran parte de las materias primas provienen de faenas de raleo, efectuadas en plantaciones de pino insigne cuyas edades varían entre 11 y 14 años.

El objetivo del estudio es evaluar la aptitud pulpable de las maderas de **Pinus patula**, **Pinus taeda** y **Pinus elliottii** crecidas en Chile, mediante la aplicación de un ciclo de cocción kraft, variando la carga de reactivo y el tiempo a temperatura máxima.

Además, se realizó la caracterización física y química de las especies, lo que contribuyó a determinar su calidad como material pulpable. Esta caracterización consideró densidad, longitud de fibra, lignina, solubles en: etanol-tolueno, agua fría e hidróxido de sodio al 1%.

MATERIAL Y METODO

Preparación y Caracterización de la Materia Prima

Las materias primas utilizadas correspondieron a árboles de raleo de una parcela en experimentación del Arboretum de la Universidad Austral de Chile. Las semillas de **Pinus elliottii** y **Pinus taeda** son procedentes de EE.UU. y las de **Pinus patula** de México.

Los trozos se descortezaron en forma manual y se astillaron en una unidad industrial. Las astillas se clasificaron en hamero Williams con perforaciones circulares de acuerdo a Norma Tappi T 16-ts-61. La fracción aceptada, entre 7/8" y 3/16", se almacenó para su posterior procesamiento.

A una porción representativa de la fracción se le determinó su humedad y densidad. Se realizaron además, los siguientes análisis químicos, de acuerdo a la norma que se indica:

Holocelulosa	:	Método de Poljak
Lignina	:	Tappi T 222-om-88
Solubles en agua fría	:	Tappi T 207-om-88
Solubles en etanol-tolueno	:	Tappi T 5-om-88 modificado.

Solubles en hidróxido de sodio al 1% : Tappi T 212-om-88)
Cenizas : Tappi T 15-om-88).

Ensayos de Pulpaje

Los pulpajes se realizaron en un digestor MK System de 6,5 L de capacidad, con recirculación forzada de licor y calefacción indirecta.

Con el objeto de estudiar el comportamiento de las especies frente al proceso kraft se realizaron pulpajes utilizando diferentes condiciones. Se incluyeron como variables el tiempo a temperatura máxima y la concentración de álcali efectivo, manteniendo constantes la temperatura máxima, el tiempo hasta temperatura máxima, la sulfidez y la relación licor/madera. Las condiciones de pulpaje fueron las mismas para las tres especies en estudio y se describen en la Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1

CONDICIONES DE PULPAJE PARA *Pinus elliottii*, *Pinus patula* y *Pinus taeda*

Temperatura máxima (°C)	170
Tiempo hasta temperatura máxima (min)	120
Sulfidez (% mbs)	26
Relación licor/madera	4/1

Pulpaje (N°)	Concentración de álcali (% bms)	Tiempo a Temperatura (min)
1	18	30
2	18	45
3	18	60
4	20	30
5	20	45
6	20	60

Las respuestas medidas fueron rendimiento clasificado, rechazos y Kappa, para la pulpa; y álcali residual y porcentaje de sólidos, para el licor negro. Las

pulpas se refinaron en una batidora Valley según Tappi T 200-om-85. A continuación se midieron las siguientes propiedades en hojas de ensayo de 60 (g/m²), fabricadas con pulpas a diferentes grados de refinación: Densidad, Longitud de Ruptura, Factor de Rasgado y Factor de Explosión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de las Especies

En el Cuadro N° 2 se muestran las características físicas y químicas para las maderas de ***Pinus patula***, ***Pinus elliottii*** y ***Pinus taeda***.

Cuadro N° 2

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE *Pinus patula*, *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*.

Especie	Densidad verde (kg/m ³)	Longitud de Fibra (mm)	Solubles en :			Lignina (%bmsle)
			Etanol tolueno	Agua fría (% bms)	NaOH al 1%	
<i>Pinus patula</i>	365	2,3	2,8	2,0	16,2	31,1
<i>Pinus elliottii</i>	323	2,4	2,7	1,7	15,2	30,7
<i>Pinus taeda</i>	365	2,2	2,2	1,1	14,1	31,0

% bms : Porcentaje base madera seca

% bmsle : Porcentaje base madera seca libre de extraíbles

La densidad básica y longitud de fibra son inferiores al promedio normal para coníferas (Rydholm, 1965). Esto indicaría presencia de madera juvenil dada por la corta edad de las muestras.

Las tres especies presentan alto contenido de lignina y tienen composición similar en extraíbles. El valor de solubilidad en NaOH al 1% puede indicar algún comportamiento en rendimiento después en el pulpage.

Resultados de Pulpaje

Las respuestas de los pulpajes para *Pinus patula*, *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* se presentan en los Cuadros N°s 3, 4 y 5.

En general para las tres especies la elevación del tiempo a temperatura con álcali efectivo constante, produjo una disminución en el rechazo e índice Kappa. Esta misma tendencia se observó al aumentar la concentración de álcali manteniendo el tiempo a temperatura constante.

Comparando a índice kappa 30, el *Pinus elliottii* alcanzó rendimiento clasificado superior (42,5%) al de *Pinus patula* (41,1%) y *Pinus taeda* (40,5%).

Cuadro N° 3

CARACTERISTICAS DE LAS PULPAS DE *Pinus patula*

Pulpaje (N°)	Rendim. Clasif. (% bms)	Rechazos (% bms)	Rend. Total (%bms)	Indice Kappa	Solidos totales (% p/v)	Alcali Residual (g/L)	Alcali consumido (% bms)
1	42,7	2,3	45,0	33	23,3	19,9	10,0
2*	41,7	3,3	45,0	31	24,6	13,4	12,6
3	41,8	2,1	43,9	27	24,3	13,5	12,6
4	39,0	5,2	44,2	25	24,1	24,2	10,3
5*	40,6	1,9	42,5	21	25,0	18,1	12,8
6	40,7	0,6	41,3	21	26,1	17,9	12,8

* Pulpas batidas

% bms : Porcentaje base madera seca

Cuadro N° 4

CARACTERISTICAS DE LAS PULPAS DE *Pinus elliottii*

Pulpaje (N°)	Rendim. Clasif. (% bms)	Rechazos (% bms)	Rend. Total (%bms)	Indice Kappa	Solidos Totales (% p/v)	Alcali Residual (g/L)	Alcali Consumido (% bms)
1	46,3	0,9	47,2	47	21,9	16,9	11,2
2*	42,7	1,2	43,9	29	24,2	15,7	11,7
3	41,1	0,4	41,5	19	24,8	14,2	12,3
4	43,6	2,7	46,3	28	25,9	22,3	11,1
5*	41,2	0,4	41,6	20	26,3	19,9	12,0
6	40,1	0,4	40,5	16	27,5	18,4	12,6

* Pulpas batidas

% bms : Porcentaje base madera seca

Cuadro N° 5

CARACTERISTICAS DE LAS PULPAS DE *Pinus taeda*

Pulpaje (N°)	Rendim. Clasif. (% bms)	Rechazos (% bms)	Rend. Total (%bms)	Indice Kappa	Solidos Totales (% p/v)	Alcali Residual (g/L)	Alcali Consumido (% bms)
1	40,9	4,1	45,0	38	23,8	12,3	13,1
2*	41,5	1,7	43,2	31	25,3	13,7	12,5
3	40,1	1,7	41,8	26	23,8	13,4	12,7
4	40,3	2,9	43,2	27	23,2	15,1	14,0
5*	40,3	0,4	40,7	22	25,2	16,2	13,5
6	39,8	1,0	40,8	19	25,4	16,3	13,5

* Pulpas batidas

% bms : Porcentaje base madera seca

El consumo de reactivo tuvo un comportamiento diferente entre las especies. En los pulpajes con ***Pinus patula*** y ***Pinus elliottii*** los consumos aumentaron en un 25% y un 12% respectivamente, al prolongar el tiempo a temperatura máxima desde 30 a 60 minutos. En cambio con ***Pinus taeda*** el consumo de reactivo disminuyó aproximadamente un 4% al aumentar este tiempo.

En la Figura N° 1 se observa la relación entre el Indice Kappa obtenido y el

tiempo a temperatura máxima aplicado en cada ciclo con álcali igual a 18% bms.

Se puede ver que en el caso de **Pinus eliottii** un aumento del tiempo a temperatura máxima significó una disminución notable del índice Kappa en las pulpas, alcanzándose una reducción en este índice de un 50% entre 30 y 60 minutos. En cambio para **Pinus taeda** y **Pinus patula** el kappa decreció en un 30% y un 18%, respectivamente. Cabe notar que con esta última especie se obtuvieron porcentajes de rechazo superiores en todos los pulpajes. Esto indica que la penetración del reactivo hacia el centro de las astillas no fue completa.

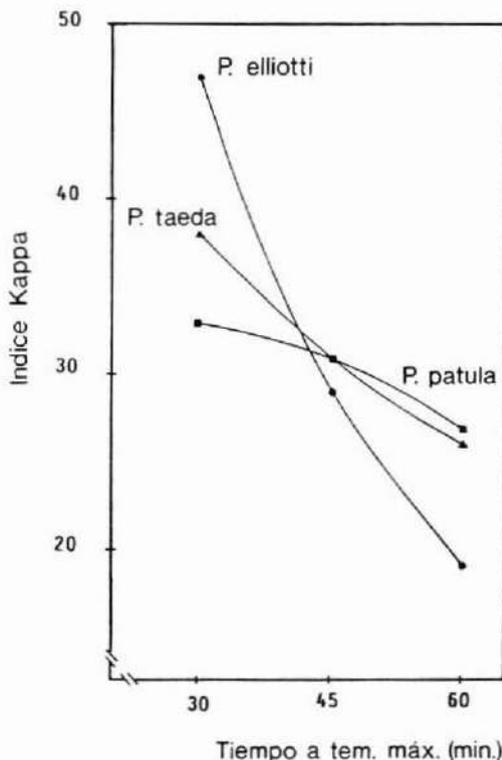


Figura N° 1. RELACION ENTRE INDICE KAPPA Y EL TIEMPO A TEMPERATURA MAXIMA (ALCALI ACTIVO: 18% bms)

Propiedades Físico-Mecánicas de las Pulpas

Para el análisis de las propiedades físico-mecánicas se eligieron las pulpas provenientes de los pulpajes 2 y 5 por tener índices kappa cercanos a 30 y 20, respectivamente. El kappa igual a 30 se eligió por ser característico de las pulpas de coníferas obtenidas a nivel industrial, por otro lado el kappa igual 20 se seleccionó para comparar el comportamiento de las pulpas a un contenido menor de lignina. Del análisis de estas pulpas se pretende además, ver la influencia de la concentración de álcali activo sobre las propiedades finales de la pulpa.

A continuación se indican los resultados del análisis de las pulpas por especie.

Pinus patula

En los Cuadros N°s 6 y 7 se presentan las propiedades físico-mecánicas de las pulpas de *Pinus patula*, refinadas a diferentes grados Schopper.

Cuadro N° 6

PROPIEDADES DE LAS PULPAS DE *Pinus patula* Pulpaje N° 2

Tiempo (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Long. ruptura (km)	Factor explosión (-)	Factor rasgado (-)
0	15,0	0,600	6,87	48	79
5	17,0	0,693	8,69	55	71
18	25,0	0,760	10,30	65	55
24	35,0	0,805	11,05	73	52
29	45,0	0,830	11,25	77	50

Cuadro N° 7

PROPIEDADES DE LAS PULPAS DE *Pinus patula*
Pulpaje N° 5

Tiempo (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Long. ruptura (km)	Factor explosión (-)	Factor rasgado (-)
0	15,5	0,603	6,55	29	87
5	16,5	0,692	8,70	58	72
21	25,0	0,788	10,30	75	62
28	35,0	0,818	10,80	78	58
32	45,0	0,830	10,85	77	55

La pulpa N° 2 (Kappa igual a 31) requirió menor tiempo de batido para alcanzar un mismo grado de refinación que la pulpa N° 5 (Kappa igual a 21).

No hubo diferencias apreciables en densidad entre las pulpas N°s 2 y 5; esto significa que en la pulpa N° 2 el espesor de pared no se vio aumentado por el mayor contenido de lignina en esta pulpa. La longitud de ruptura registró un valor levemente superior en la pulpa N° 2

La pulpa N° 2 tuvo menor factor de rasgado, lo cual se explica por los pentosanos presentes en la pulpa que influyen en los enlaces interfibra mejorando levemente la longitud de ruptura. La resistencia al rasgado en general varía inversamente con la cantidad de enlaces interfibra.

Si se comparan ambas pulpas a Schopper inicial y a 45° SR, en donde la densidad es prácticamente la misma, se puede ver además que el factor de explosión en estos puntos tampoco muestra diferencias apreciables. Lo anterior muestra que existiría una relación entre la densidad del papel y el factor de explosión.

Pinus elliottii

En los Cuadros N°s 8 y 9 se presentan las propiedades físico-mecánicas de las pulpas de ***Pinus elliotti***.



Cuadro N° 8

PROPIEDADES DE LAS PULPAS DE *Pinus elliotti*
Pulpaje N° 2

Tiempo (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Long. ruptura (km)	Factor explosión (-)	Factor rasgado (-)
0	16,0	0,517	6,02	64	122
5	17,0	0,642	8,75	72	83
36	25,0	0,777	10,60	83	67
48	35,0	0,810	11,20	86	60
55	45,0	0,818	11,40	89	57

Cuadro N° 9

PROPIEDADES DE LAS PULPAS DE *Pinus elliotti*
Pulpaje N° 6

Tiempo (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Long. ruptura (km)	Factor explosión (-)	Factor rasgado (-)
0	16,0	0,574	7,51	56	103
5	17,0	0,675	8,83	64	83
30	25,0	0,785	11,90	80	65
41	35,0	0,815	12,20	87	57
46	45,0	0,828	11,55	90	54

Con la pulpa N° 5 se obtuvieron factores de explosión y rasgado menores lo que indica que hubo pérdida de resistencia en el proceso de pulpaje producto de la mayor concentración de reactivo. Por otro lado la longitud de ruptura es mayor para esta pulpa indicando una mayor unión entre fibras, lo cual está dado también por una mayor densidad de hoja.

El tiempo de batido es menor para la pulpa N° 5 con menor contenido de lignina (κ igual a 20) resultando en mayor facilidad al hinchamiento en el proceso de la refinación. La unión fibrilar también depende de la fibrilación producto de la refinación y al existir ésta, se alteran las dimensiones de las fibras lo que hace el que el factor de rasgado disminuya.

Pinus taeda

En los Cuadros N°s 10 y 11 se presentan las propiedades físico-mecánicas de las pulpas de **Pinus taeda**.

Cuadro N° 10

PROPIEDADES DE LAS PULPAS DE Pinus taeda
Pulpaje N° 2

Tiempo (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Long. ruptura (km)	Factor explosión (-)	Factor rasgado (-)
0	15,5	0,601	6,66	57	111
5	16,5	0,718	8,52	70	80
20	25,0	0,770	9,80	79	75
30	35,0	0,820	11,25	82	66
35	45,0	0,843	12,15	80	59

Cuadro N° 11

PROPIEDADES DE LAS PULPAS DE Pinus taeda
Pulpaje N° 5

Tiempo (min)	Drenaje (°SR)	Densidad (g/cm ³)	Long. ruptura (km)	Factor explosión (-)	Factor rasgado (-)
0	17,0	0,584	6,59	56	128
5	18,0	0,725	8,68	59	95
23	25,0	0,795	10,65	77	76
32	35,0	0,835	11,55	86	65
37	45,0	0,845	11,75	90	58

El tiempo de batido es similar entre las pulpas N° 2 y N° 5 (Kappa igual a 31 y 22, respectivamente). A Schopper inicial la pulpa N° 2 alcanzó mayor densidad de hoja producto de mejor compactación, pero a medida que se bate, ésta se hace menor.



En los primeros puntos el factor de rasgado es mayor en la pulpa con menor contenido de lignina, pero entre 25 y 45 °SR no se aprecian diferencias. La longitud de ruptura es levemente superior en la pulpa N° 5 entre 18 y 35 °SR. El factor de rasgado hasta 25 °SR es mayor en la pulpa N° 2, luego de este punto se hace menor en esta pulpa.

CONCLUSIONES

La composición química de las especies ***Pinus patula***, ***Pinus elliottii*** y ***Pinus taeda*** no implicó ninguna dificultad en el pulpaje.

A índice Kappa 30 ***Pinus elliottii*** alcanzó un rendimiento clasificado levemente superior (42,5%) a los de ***Pinus patula*** (41,1%) y ***Pinus taeda*** (40,5%).

Las pulpas de ***Pinus patula*** requirieron tiempos de batido menores que ***Pinus taeda*** y ***Pinus elliottii*** para un mismo grado de refinación.

Pinus elliottii y ***Pinus taeda*** tuvieron alto factor de rasgado. La longitud de ruptura y factor de explosión fue similar en las tres especies.

En general, las pulpas de ***Pinus patula***, ***Pinus taeda*** y ***Pinus elliottii*** tienen buenas características para la fabricación de papeles.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

FAO., 1980. Pulping and Paper-Making Properties of Fast-Growing Plantation Wood Species Vol. 1. Rome 347, 383, 411 p.

Rydholm, S., 1965. Pulping Processes. New York. Interscience Publishers.

Uprichard, J. and Gray, J., 1973. Papermaking Properties of Kraft Pulp from New Zealand Grown Softwoods. Appita Vol. 27(3) 185: 191.

**RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ENSAYO DE
ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS DE
*Eucalyptus globulus ssp. globulus***

Roberto Ipinza C. (*)
Braulio Gutiérrez C. (**)

RESUMEN

*Se evalúa el arraigamiento de estaquillas de tallo de **Eucalyptus globulus ssp. globulus** confeccionadas con brotes desarrollados en plantas de dos temporadas de vivero, tratadas con altas dosis de auxinas y en condiciones ambientales controladas de luz, temperatura del sustrato, temperatura ambiental, humedad relativa y riego automático.*

Se analiza la variabilidad en la aptitud de enraizamiento a nivel de individuo, familia y procedencia, con el objeto de verificar la hipótesis de trabajo y confirmar un protocolo inicial de arraigamiento para esquejes de esta especie.

Palabras claves: ***Eucalyptus globulus ssp. globulus**, Propagación vegetativa, enraizamiento de estaquillas.*

(*) Dr. Ing. de Montes. Jefe División Silvicultura Instituto Forestal.

(**) Ing. Forestal (e). Licenciado en Cs. Forestales UCH.

ABSTRACT

Rooting of Eucalyptus globulus ssp. globulus cuttings is evaluated. Cuttings were obtained from second growth stem of two year old seedlings in the nursery and were treated with high rates of IBA.

In a greenhouse environmental conditions, such as light, soil temperature, air temperature, relative humidity and irrigation were controlled.

The variability in the rooting aptitude of families, provenances and single trees is analyzed in order to individualize those with higher rooting potential and to develop initial methodologies for rooting cuttings of this species.

Keywords: *Eucalyptus globulus ssp. globulus. Agamic propagation. Rooting of cuttings*

INTRODUCCION

En el presente los eucaliptos han incrementado su importancia en la producción de madera, pulpa y papel en el mundo, distinguiéndose como uno de los cultivos forestales más productivos (Durand-Creswell et al., 1982).

Las especies de este género presentan rápido crecimiento y una madera densa que las hace muy atractivas para el sector productivo forestal. Por otra parte, resulta notable en estas especies la gran variabilidad intra e interespecífica que presentan en características tales como producción de biomasa, tasa de crecimiento, resistencia a enfermedades, heladas y déficit hídrico entre otras. En este sentido, su multiplicación vegetativa brinda una serie de ventajas en relación a la propagación por semillas, especialmente en aspectos de mejora genética, pues posibilita la transmisión de importantes características que por su baja heredabilidad no se traspasan eficientemente a la descendencia por vía sexual.

Características favorables como tasa de crecimiento, producción de biomasa, productividad, calidad de pulpa, contenido de celulosa y otras, se pueden mantener y transmitir con técnicas de multiplicación vegetativa, por esto su uso en la multiplicación de individuos seleccionados por productividad o resistencia a condiciones desfavorables es una etapa básica y crucial en los programas de mejora genética para futuras plantaciones comerciales (Campinhos e Ikemori, 1983; Campinhos, 1987; Cauvin y Marien, 1978; Potts y Potts, 1986).

Con respecto a estas consideraciones, es importante destacar que la multiplicación vegetativa no constituye un sustituto para la propagación por semilla, si no que por el contrario, es un complemento en la explotación de los mejores genotipos. Por otra parte, si bien la multiplicación clonal permite obtener una ganancia genética superior y, además, utilizarla de inmediato en plantaciones, huertos semilleros o bancos clonales, mientras que la propagación convencional sólo puede utilizar una parte limitada de la variación genética (varianza aditiva) y requiere de varias generaciones para lograr un incremento equivalente en la productividad (Bonga, 1982; Lindgren, 1977), tampoco se desconoce que la reproducción sexual es la única fuente de



variación capaz de encontrar nuevos árboles superiores. Por lo mismo, la decisión de utilizar, en el corto plazo una u otra vía, dependerá en última instancia de una evaluación económica. Esta evaluación deberá considerar las ganancias genéticas esperadas asociadas a cada alternativa y como estas se relacionan con las inversiones en infraestructura que cada una de ellas requiere. Sólo después de este análisis y en función de la relación beneficio-costos, se podrá determinar cual alternativa de reproducción utilizar.

También es destacable que todos los métodos de multiplicación vegetativa han sido probados en eucalipto, pero el más difundido es el enraizamiento de estaquillas, el que se aplica en varios países, especialmente en programas de mejoramiento para aumentar la producción de pulpa. Los resultados más notables se han logrado en el Congo y Brasil, donde se han instalado extensas plantaciones clonales a nivel comercial, de muy alta productividad. En Aracruz, Brasil, usando esta técnica se han propagado clones que han permitido aumentar el rendimiento de los bosques en un 112%, obteniéndose plantaciones uniformes, con excelente poda natural, contenidos de celulosa superiores al 50% e incrementos medios anuales de sobre 70 m³/ha (García, 1984; Zobel et al., 1983). En forma análoga, en el Congo, el promedio de productividad se mejoró en menos de 10 años desde 7 - 10 m³/ha/año hasta 40 - 45 m³/ha/año como resultado de la silvicultura clonal (Franclet, 1983).

Actualmente en el mundo se producen millones de plantas por el sistema de estaquillado, principalmente especies subtropicales como ***Eucalyptus grandis***, y una proporción menor, aunque creciente, de especies de zonas templadas como ***E. globulus***. La técnica de propagación vegetativa se está desarrollando muy velozmente y probablemente reemplazará a la producción tradicional de plantas en un futuro muy cercano (Chaperon, 1987; Rojas et al., 1987). Efectivamente, empresas tan importantes como la APPM de Australia, CELBI de Portugal y ENCE en España, entre otras, ya exhiben programas operativos con esta última especie.

Los espectaculares resultados obtenidos en aquellos países donde la producción de plantas por arraigamiento de estacas es ya una realidad, son el fruto de largos años de investigación en técnicas de enraizamiento y selección individual de ejemplares deseables para el cultivo clonal. En Chile esta actividad es aún incipiente y el corto plazo desde que se iniciaron los trabajos, sumado a la alta variabilidad intraespecífica propia de las especies del género ***Eucalyptus***, hacen suponer que pasará algún tiempo antes de obtener resultados de la magnitud de los logrados en los países antes mencionados.

Las directrices de la investigación se orientan por ahora a la identificación

de individuos superiores, evaluando su capacidad de enraizamiento y, por otra parte, a la evaluación masiva de la aptitud rizogénica del recurso disponible, con el objeto de identificar a aquellos individuos que presentan altas tasas de enraizamiento, ya sea para su utilización directa en multiplicación comercial, o como partícipes de cruzamientos controlados con ejemplares de características deseables. De estos cruzamientos se puede esperar la obtención de progenies que presenten simultáneamente las características deseadas y una alta tasa de enraizamiento que permita su multiplicación vegetativa masiva.

El Instituto Forestal importó desde Australia una completa colección de procedencias y progenies, la cual está siendo probada en cuatro ensayos ubicados en las Regiones VI, VII, VIII y X, con el objeto de identificar procedencias, familias o individuos sobresalientes para alguna característica deseable. Esta colección está compuesta por unas 30 procedencias de semilla y alrededor de 10 progenies por cada procedencia. Sobre la base de resultados iniciales de crecimiento en estos ensayos, se seleccionaron, de entre las mejores, 10 procedencias con 4 progenies cada una para la realización del ensayo de arraigamiento, con el objeto esta vez de individualizar aquellas con mayor aptitud para la propagación vegetativa.

El presente artículo contiene los aspectos metodológicos iniciales contemplados en el establecimiento del ensayo de enraizamiento de estacas, así como también los resultados y discusiones que de él se desprenden.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de las variables procedencia, familia e individuo, sobre la aptitud para el enraizamiento de estaquillas de *E. globulus ssp. globulus* tratadas con altas dosis de Acido β -Indolbutírico (AIB).



MATERIAL Y METODO

Material para Arraigamiento

El trabajo experimental contempló el arraigamiento de esquejes confeccionadas con los brotes desarrollados en plantas de eucalipto de dos años en vivero. Estas plantas habían sido cortadas a dos centímetros sobre el nivel del suelo para inducir en ellas la formación de tales brotes (Septiembre 1991), luego se realizó una selección (Enero 1992), eliminando el exceso de ellos y favoreciendo el desarrollo de sólo cuatro vástagos por planta.

Considerando el desarrollo en altura exhibido en los ensayos de terreno, se seleccionó como fuente de material a 10 procedencias australianas, cada una de las cuales se representó con cuatro familias o progenies, las que a su vez contemplaron cinco individuos cada una. En el Cuadro N° 1 se puede apreciar la identificación del material considerado y en la Figura N° 1 su distribución geográfica en su región de origen.

El ensayo se estableció en el mes de Abril de 1992 en invernadero, las variables son procedencia, progenie e individuo y quedan constantes todas las variables ambientales, de concentración de auxinas, etc.

Cuadro N°1

PROCEDENCIAS Y PROGENIES UTILIZADAS

N° Proced	Lote de Semillas	Lugar de Colecta	Lat. S	Long. E	Alt (msnm)	Progenies			
						1	2	3	4
1	16223	Calder TK, Otway NP. VIC	38° 46'	143° 32'	200	1	2	3	4
2	16224	Parker RD, Otway NP. VIC.	38° 49'	143° 34'	145	5	7	8	10
3	16240	Otway State Forest. VIC.	38° 45'	143° 27'	150	13	15	17	29
4	16319	Jerralangi North. VIC.	38° 19'	146° 33'	220	32	33	34	43
6	16389	Wilson Promontory Lighthouse. VIC.	39° 8'	146° 25'	60	67	69	70	73
14	16417	N Cape Barren Island. TAS	40° 22'	148° 13'	20	120	121	122	123
15	16419	NW Cape Barren Island. TAS.	40° 21'	148° 7'	20	125	126	127	128
18	16424	King Island. TAS.	40° 0'	144° 0'	60	139	140	141	142
23	16431	Central Flinders Island. TAS	40° 2'	148° 1'	190	156	159	160	161
27	16470	Moogara. TAS	42° 47'	146° 55'	500	171	172	174	176

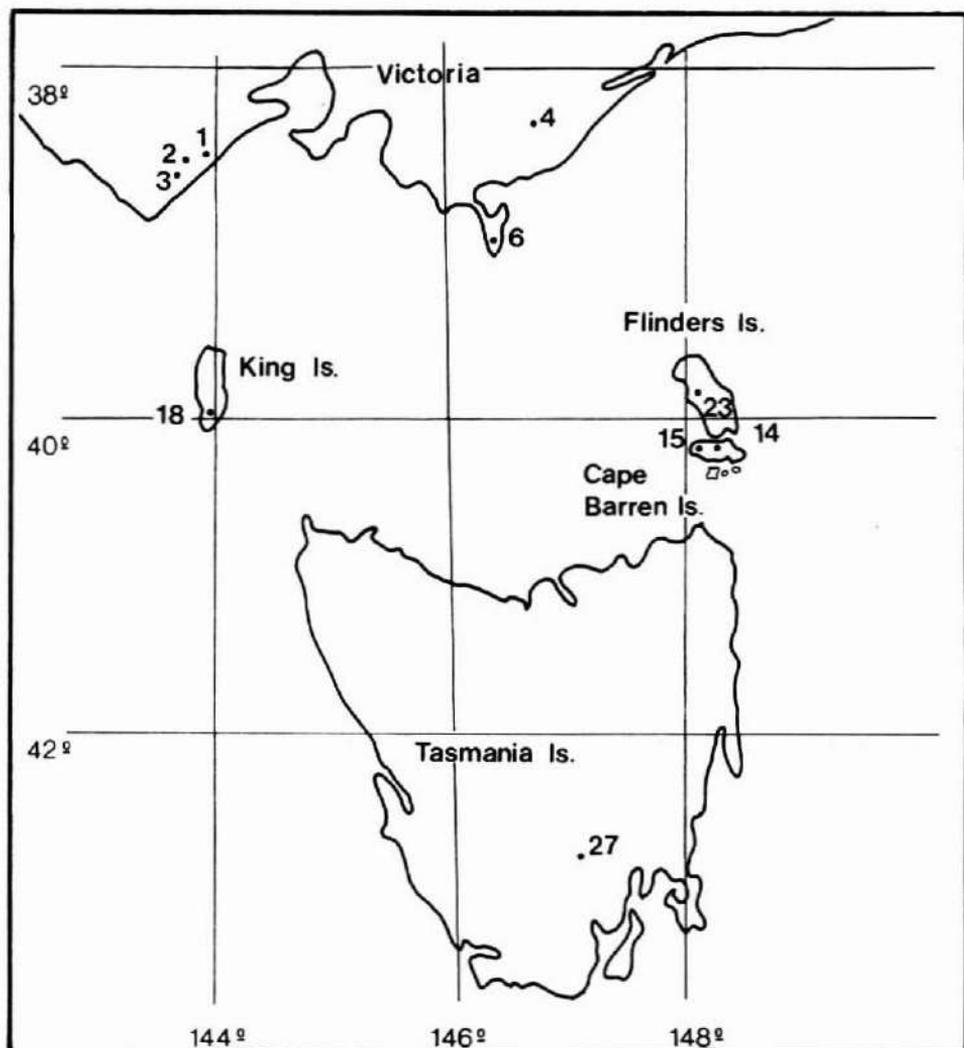


Figura N° 1 UBICACION GEOGRAFICA PROCEDENCIAS UTILIZADAS

Preparación de las Estaquillas

Las plantas mencionadas en el punto anterior fueron transportadas desde el vivero al lugar de preparación de los esquejes, tomando las medidas necesarias para evitar la deshidratación. Por tal motivo se les aplicó un abundante riego previo y se procedió a su traslado bajo una cubierta de plástico y malla sombreadora.

Se prepararon cuatro estaquillas por planta, las que se obtuvieron al segmentar los brotes con tijeras de podar. Los brotes seleccionados fueron aquellos de buen desarrollo, adecuada pigmentación clorofílica y consistencia flexible, evitando a aquellos demasiado herbáceos, muy lignificados o con ramificación axilar.

Cada estaquilla se preparó con las porciones basales o medias de los brotes, descartando los extremos apicales, pues en general no presentan buen enraizamiento.

Los esquejes se confeccionaron con una longitud de 10 a 15 centímetros, un diámetro no inferior a 2 mm y dos pares de hojas. Todas las hojas fueron cortadas transversalmente por la mitad, medida que se aconseja para evitar la transpiración excesiva y la sobreposición, la cual crea condiciones microclimáticas que favorecen el desarrollo de organismos patógenos y reduce la eficiencia fotosintética.

El corte basal de las estacas fue oblicuo o en bisel, mientras que el corte superior fue recto, ambos efectuados en entrenudos. El corte superior, al igual que los efectuados en las hojas, fueron sellados con látex fungicida (Poda látex + Euparen 2 g/L).

La secuencia de pasos que se utilizó para la obtención de las cuatro estaquillas de cada una de las plantas fue la siguiente:

- Extracción de hojas y corte de las láminas foliares de las hojas constituyentes de la estaquilla.
- Sellado de las superficies de corte de las hojas.
- Corte recto del extremo superior del esqueje.
- Sellado del corte superior.
- Corte basal oblicuo (separación de la estaquilla de la planta madre).

- Inmersión de la base de la estaquilla en solución fungicida (Benlate 0,2 g/L).
- Aplicación de auxina (AIB diluido en talco hasta 100.000 ppm).
- Plantación en recipientes de 96 cm³ de capacidad ("tubetes"), llenos con una mezcla a partes iguales de vermiculita y turba como sustrato.
- Traslado inmediato de la estaquilla al interior del invernadero.

Los cuatro primeros pasos (Figura N° 2) se efectuaron simultáneamente para las cuatro estacas, de modo que ellas quedaban unidas a la planta madre mientras se identificaban los "tubetes" que las contendrían, dejando a la vez transcurrir un tiempo para que se secase el látex que sellaba los cortes. Las etapas desde la quinta en adelante (Figura N° 3) se efectuaron en forma sucesiva para cada una de las estaquillas, de esta forma el tiempo transcurrido desde que el esqueje se separaba de la planta madre hasta que ingresaba al invernadero era sólo de algunos escasos segundos.

Diseño estadístico

La distribución de las estacas dentro del invernadero se efectuó de acuerdo a un diseño experimental de parcelas subdivididas, donde la parcela principal está constituida por la procedencia, la primera división por la familia y la segunda subdivisión por el individuo. Se consideraron cuatro repeticiones y se realizó el análisis de varianza asociado al diseño, para la variable porcentaje de enraizamiento por árbol, datos que para efectos de este análisis fueron transformados a unidades de Bliss (Anderson y Mc Lead, 1974).

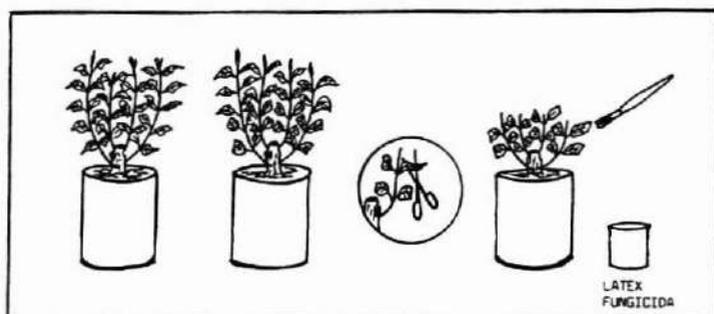


Figura N° 2 PREPARACION ESTAQUILLAS. ETAPAS SIMULTANEAS.

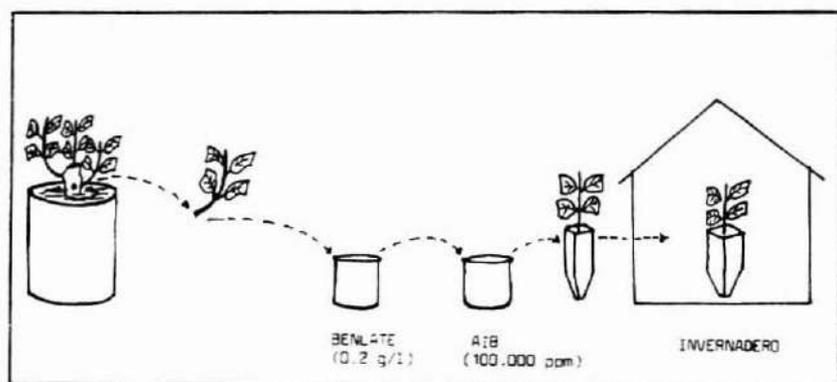


Figura N° 3 PREPARACIÓN ESTAQUILLAS, ETAPAS SUCESIVAS.

Condiciones Ambientales, Control Fitosanitario y Fertilización

Durante las 8 semanas de duración del ensayo se mantuvo al interior del invernadero una diferencia de temperatura del orden de 4 °C entre el sustrato (28 °C) y el ambiente (24 °C), así como también una humedad relativa del aire superior en todo momento al 80%. Por otra parte, la superficie de las hojas se mantuvo constantemente humedecida mediante aspersiones de agua, realizadas en forma automática, a intervalos de 6 a 9 minutos, por 5 segundos de duración. También se aportó luz suplementaria, mediante reflectores incandescentes, en una intensidad luminosa de 3250 lux, por 12 horas diarias.

Las condiciones ambientales de enraizamiento son muy favorables para la proliferación de hongos, por tal razón se realizaron periódicas aplicaciones preventivas de fungicidas sistémicos. Estas se realizaron 3 veces por semana, usando en forma alternada los productos Benlate (0,6 g/L), Roural (1 g/L), Captan (1 g/L) y Euparen (2 g/L), de modo de evitar el desarrollo de patógenos resistentes a un producto específico. También se realizaron aplicaciones de fertilizante foliar para mejorar la supervivencia y la rizogénesis de las estacas. Ellas se realizaron semanalmente usando una solución de Nitrofoska foliar (2 cc/L).

RESULTADOS

De acuerdo con el análisis estadístico, existen diferencias muy significativas ($\alpha = 0.99$) en la aptitud de enraizamiento a nivel de procedencia, familia y principalmente de individuo, lo que confirma lo enunciado por Paton (1983) al afirmar que el porcentaje de enraizamiento de estaquillas de *Eucalyptus* está determinado por el genotipo, es decir, depende de la planta individual.

El porcentaje de enraizamiento obtenido con la totalidad del material ensayado, a las ocho semanas de su instalación, es de un escaso 4.3%. Pero este porcentaje no se distribuye homogéneamente, sino que por el contrario, presenta una clara tendencia a concentrarse en procedencias, familias e individuos específicos. Es así, como a nivel de Procedencias individuales se obtuvieron porcentajes de enraizamiento de hasta 14%; a nivel de familias de 25%; y a nivel de árbol individual de hasta el 75%. (Cuadros N°s 2 y 3).

Con respecto a la callogénesis, la situación es similar a la del enraizamiento. El porcentaje general es de un 10.8%, pero a nivel de procedencia se eleva hasta el 20.3%; a nivel de familia hasta el 50%; y en el caso de los individuos hasta el 75% (Cuadro N°s 2 y 3).

Cuadro N° 2

ARRAIGAMIENTO SEGUN PROCEDENCIA (%)

Procedencia	C / Callo	C / Primordio	C / Raiz
2 Parker RD, Otway NP. Vic.	14,06	6,25	3,13
6 Wilson Promontory L. Vic.	1,56	4,69	3,13
14 N Cape Barren Island. Tas.	17,65	7,35	4,41
15 NW Cape Barren Island. Tas.	13,16	6,58	6,58
23 Central Flinders Island. Tas.	17,65	5,88	8,82
18 King Island. Tas.	20,31	4,69	14,06



Cuadro N° 3

ARRAIGAMIENTO SEGUN FAMILIA
 (%)

Familia	Procedencia	C / Callo	C / Primordio	C / Raiz
123	N Cape Barren Island. Tas.	10,00	10,00	5,00
29	Otway State Forest. Vic.	12,50	6,25	6,25
120	N Cape Barren Island. Tas.	18,75	0,00	6,25
128	NW Cape Barren Island. Tas.	18,75	6,25	6,25
122	N Cape Barren Island. Tas.	20,00	5,00	10,00
125	NW Cape Barren Island. Tas.	15,00	0,00	10,00
127	NW Cape Barren Island. Tas.	15,00	15,00	10,00
159	Central Flinders Island. Tas.	25,00	15,00	10,00
160	Central Flinders Island. Tas.	20,00	15,00	10,00
140	King Island. Tas.	18,75	0,00	12,50
7	Parker RD, Otway NP. Vic.	25,00	16,65	16,65
141	King Island. Tas.	50,00	8,33	16,65
161	Central Flinders Island. Tas.	25,00	8,33	16,65
69	Wilson Promontory L. Vic.	0,00	12,50	18,75
142	King Island. Tas.	20,00	5,00	25,00

En lo Cuadros N°s 2 y 3 se incluyen solamente aquellas procedencias o familias que mostraron arraigamiento y se indican además los porcentajes de diferenciación menores, como callos y primordios. No se incluyen las estacas muertas, es decir aquellas que presentaron alguna diferenciación y después murieron.

Como se observa en el Cuadro N° 1, el material ensayado corresponde en igual proporción a procedencias de Victoria y Tasmania. Sin embargo, se aprecia que las procedencias y familias de Tasmania tienen una mayor participación dentro del material enraizado. Considerando las procedencias, el 66.7% de aquellas que enraizan son de Tasmania, con un porcentaje de enraizamiento del 8.46%, contra un 3.13% de arraigamiento en las procedencias restantes. De igual forma, el 80% de las familias que enraizan corresponden a procedencias de Tasmania, con un porcentaje de enraizamiento promedio de 12.04%, mientras que sólo el 20% restante corresponde a procedencias de Victoria, con un arraigamiento promedio de 12.8%.

DISCUSION

El enraizamiento de estaquillas depende de múltiples factores, por esto no existen recomendaciones precisas a cerca de cual es la mejor técnica para efectuarlo (Hartney, 1980). Entre estos factores se destaca, principalmente, a la juventud del material utilizado, las condiciones ambientales de enraizamiento y los tratamientos con auxinas.

Con respecto a la juventud, es ya un hecho probado que las estaquillas confeccionadas con brotes regulares de árboles de edad superior a 4 o 5 años difícilmente forman raíz (Durand-Creswell et al., 1982). Por lo mismo, se ha utilizado con éxito la manipulación del estado juvenil a través del uso de retoños de tocón (Campinhos e Ikemori, 1983; Chaperon y Quillet, 1978; Mc Comb y Bennett, 1986), plantas jóvenes (Hartney, 1980; Rauter, 1983; Zobel y Talbert, 1984), setos (Zobel y Talbert, 1984), brotes desarrollados en púas de injertos (Franclet, 1983; Heth et al., 1986) y brotes desarrollados en estaquillas previamente enraizadas (Chaperon, 1983; Franclet, 1983).

En cuanto a las condiciones ambientales, existe consenso entre múltiples autores en que estas deben considerar una alta humedad relativa del aire que rodea a los esquejes y condiciones cálidas en las bases de estos. Este gradiente de temperatura permite mayor actividad en la base y minimiza la transpiración y estrés hídrico en la parte superior de la estaquilla (Rauter, 1983). Por otra parte, la utilización de lloviznas o nebulizaciones intermitentes, que mantengan constantemente humedecida la superficie de las hojas, son esenciales para un enraizamiento exitoso (Chaperon, 1983; Poggiani y Suiter Filho, 1974).

Se ha demostrado que las auxinas se requieren para la inducción de callo en muchas especies. En algunas plantas, concentraciones altas de auxinas inducen la regeneración de raíces (Minocha, 1987), sin embargo, estas son muy poco efectivas para superar las limitaciones impuestas por factores específicos tales como la edad de los árboles, el tipo de estaquilla, la posición de esta, el estado nutricional de la planta y otros (Bachelard y Stowe, 1963).

En el caso de los eucaliptos se pueden obtener altas tasas de enraizamiento tratando los esquejes con ácido naftalenacético (ANA) o ácido indolbutírico (AIB) (Jagadesh y Adkoli, 1987; Ye, 1984). De entre ellos, el regulador que generalmente se utiliza es el AIB, diluido y aplicado con polvo talco (Aguirre y Arce, 1988; Camphinos e Ikemori, 1983;



González et al, 1987; Gurumurti et al, 1988; Zobel et al, 1983) y en concentraciones que tradicionalmente no exceden las 10.000 ppm. También es frecuente remojar las estaquillas en soluciones líquidas de AIB, en concentraciones de 100 a 200 ppm por 24 horas (Franclet, 1983; Poggiani y Suiter Filho, 1974).

La concentración efectiva para inducir la rizogénesis depende en primer término de la especie, estación y condiciones de crecimiento de la planta madre (Potts y Potts, 1986), pero en última instancia está determinada genotípicamente por el individuo en particular.

La utilización de una dosis que excede a las citadas convencionalmente tiene su fundamento en la insolubilidad del producto y en el hecho de que este debe penetrar a través de una barrera de exudados polifenólicos que se liberan de las células al momento de realizar el corte basal de la estaquilla. Esta barrera, además de la obstrucción física que impone al contacto de la auxina con las células vivas del tejido del tallo, posee un efecto inhibitorio de la rizogénesis por la naturaleza polifenólica de su constitución.

En ese sentido, la utilización de una dosis de 100.000 ppm de AIB, una auxina relativamente débil, tiene un efecto similar al de utilizar una batería de dosis de menor concentración. Efectivamente, a pesar de su insolubilidad, el regulador se transloca al interior del tejido vegetal y a medida que se moviliza desde la base de la estaquilla hacia las porciones superiores del tallo, va experimentando una dilución progresiva hasta llegar a un punto en que la concentración es la adecuada para estimular la formación de raíces, verificándose a esa altura del tallo el fenómeno rizogénico, y por el contrario, una marcada necrosis y muerte de tejidos por toxicidad desde ese punto hacia la base del esqueje.

La gran variabilidad individual en la aptitud rizogénica de esta especie, así como en la dosis de auxina requerida para inducir el enraizamiento a cada individuo, se puede apreciar en el hecho de que algunas estaquillas se necrosan totalmente por la toxicidad derivada de una dosis excesivamente superior a sus requerimientos, mientras que otras, por carencia de este estímulo no se diferencian, o sólo forman un callo muy incipiente en su porción basal. En este último caso es válido postular que esos individuos requieren de dosis aún mayores de auxina para conseguir el enraizamiento y, por el contrario, en la primera situación se deberán ensayar concentraciones más bajas que las contempladas en este estudio.

Entre ambos extremos, la variabilidad individual se observa en la diferente

longitud de las porciones necróticas de las bases, la que en algunos casos es total, verificándose la callogénesis en las axilas foliares o directamente sobre la nervadura de las hojas, mientras que en otras, esta porción necrótica no existe y las raíces se forman directamente en la base de la estaquilla.

Los resultados aunque modestos son muy alentadores debido a dos causas fundamentales. En primer lugar, el uso de una dosis alta de AIB puede contrarrestar el efecto inhibitorio de los fenoles y, en segundo lugar, se observan ciertas tendencias dentro de las procedencias y familias utilizadas. Si bien es cierto que esta última situación puede ser cuestionada debido a la escasez del material ensayado, los resultados indican que las procedencias de King Island y Flinders Island en Tasmania muestran los montos de rizogénesis y callogénesis más interesantes de entre todas las procedencias consideradas. De igual forma, las familias de estas procedencias se manifiestan como las más promisorias.

Por otra parte, no deja de ser interesante el que la procedencia King Island se presente en los primeros lugares en cuanto a crecimiento medio en numerosos ensayos realizados por el Instituto Forestal (Infante y Prado, 1989) y, si bien esta conducta no es constante en todas las situaciones (Infante y Prado, 1991), se ve confirmada por estudios realizados en Tasmania, donde esta procedencia, junto a Flinders Island, son las primeras en cuanto a producción volumétrica (Orme, s/f).

Al momento de la evaluación se contabilizó la existencia, a nivel general, de un 5.4% de los esquejes que presentaba un grado de diferenciación intermedio entre callo y raíz. Es muy probable que este material, denominado estaquillas con primordio, estuviese destinado a proseguir su organogénesis y por lo tanto hubiese aumentado, después de una o dos semanas, el número de esquejes enraizados. Considerando esta situación, los porcentajes de enraizamiento de las mejores procedencias y familias se elevarían hasta 18 y 25% respectivamente, mientras que a nivel de individuo se alcanzaría, en los mejores casos, el 100% de enraizamiento.

Concluyendo, el estaquillado es el método convencional de propagación vegetativa que parece tener un mayor porvenir. Hoy en día se están concentrando los esfuerzos en tres frentes, estos son lograr un conocimiento más profundo de los mecanismos de acción de los reguladores de crecimiento; mejorar las técnicas de estaquillado, así como del control de los factores ambientales antes y después del corte de las estaquillas; y rejuvenecer el material adulto para superar los problemas ligados a la ciclófisis y topófisis.



De los tres frentes mencionados, el primero, tras una etapa de gran desarrollo en la década de 1950, atraviesa por un período de estancamiento después de haber generado algunos avances. El tercero es lejos el que despierta hoy el máximo interés, centrándose en él las mayores esperanzas de mejorar el rendimiento del estaquillado. La próxima etapa, muy ligada al segundo frente de investigación, se refiere al desarrollo de nuevas técnicas destinadas a la remoción del efecto inhibitorio de los polifenoles en el fenómeno de rizogénesis.

RECONOCIMIENTOS

Las actividades descritas en este artículo forman parte del proyecto Mejoramiento Genético de Especies de Interés Económico, que el Instituto Forestal desarrolla con el apoyo financiero del Centro Internacional de Investigaciones para El Desarrollo (CIID) del Canadá y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Los autores desean manifestar su agradecimiento al Ingeniero Forestal Sr. Santiago Barros A, Editor de Ciencia e Investigación Forestal, por su acertada revisión del documento original. Así como también al Técnico Sr. Aldo Salinas R. por su atenta colaboración en la realización de las figuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre, J. y Arce J. , 1988. Algunos resultados sobre propagación vegetativa de especies de *Eucalyptus* en Chile. En: Actas del Simposio de Manejo Silvícola del género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile, 9 - 10 de junio. 22 p.

Anderson, V. and Mc Lead, R., 1974. Statistics: textbooks and monographs. Vol 5. Design of experiments. A realistic approach. M Decker Inc. New York, USA.

Bachelard, E. and Stowe, B., 1963. Rooting of cuttings of *Acer rubrum* and *Eucalyptus camaldulensis*. Aust. Jour. Biol. Sci. 16: 751 - 761.

Bonga, J. M., 1982. Vegetative Propagation in Relation to Juvenility, Maturity and Rejuvenation. In: Bonga, J. M. and Durzan, D. J. ed. *Tissue Culture in Forestry*. Boston, London. Nijhoff, M.; Junk, W. Publishers. Pp. 387 - 412.

Campinhos, E., 1987. Propagacao vegetativa de **Eucalyptus** por enraizamiento de estacas. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. Buenos Aires, Argentina. CIEF. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. Pp 208 - 214.

Campinhos, E. e Ikemori, Y. 1983. Producao massal de **Eucalyptus spp.** a través de estacas. Simposio IUFRO. El Mejoramiento Genetico e Productividade de Especies Forestais de Rapido Crecimiento. Brasil. Pp 770 - 775.

Cauvin, B. et Marien, J., 1978. La multiplication végétative des **Eucalyptus** en France. Quelques aspects de la juvénilité et de la réjuvenilisation. *Annales AFOCEL*. Pp 74 - 105.

Chaperon, H., 1983. Clonal propagation of eucalypt by cuttings in France. En: *Proceedings of a Workshop on Eucalyptus in California*. Sacramento, California. June, 14 - 16, 1983. Pp 108 - 114.

Chaperon, H., 1987. Vegetative propagation of **Eucalyptus** Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento de Especies Forestales. Buenos Aires, Argentina. CIEF. Centro de Investigación y Experiencias Forestales. Pp 215 - 232.

Chaperon, H. and Quillet, G., 1978. Results of Studies on the Use of Eucalypts Cutting in Congo-Brazaville. En: Nickles, D. et al., ed. *Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees*. Australia, Brisbane. Oxford University. Pp 1040 -1059.

Durand - Creswell, R.; Boulay, M. et Franclet, A., 1982. Végétative Propagation of Eucalypts. En: Bonga, J.M. y Durzan, D.J. ed. *Tissue Culture in Forestry*. Nijhoff, M. y Junk, W. Publishers. Pp 150 - 181.

Franclet, A., 1983. Rejuvenation: Theory and Practical Experiences in Clonal Silviculture. En: *Proceeding of the 19th Meeting of the Cannadian Tree Improvement Association. Part 2. Symposium on Clonal Forestry; its Impact on the Improvement and our Futures Forests*. Toronto, Ontario. August, 22 - 26, 1983. Pp 96 - 134.

García, L., 1984. The New Eucalypt Forest. Lectures given by the Marcus Walleberg Prize Winners at the Symposium in Falun, Sweden on september 14, 1984.

- González, A.; Vera, N.; Pérez, N. Y Rodríguez, E., 1987.** Obtención de Posturas de *E. saligna* en Topes de Collantes Mediante empleo de Estaquillas. Topes de Collantes, Cuba. Centro Agrícola 14(1): 77 - 84.
- Gurunurti, K.; Bhandari, H. and Negi, D., 1988.** Vegetative Propagation of Eucalypts. Indian Forestry 114(2): 78 - 83.
- Hartney, V., 1980.** Vegetative Propagation of Eucalypts. Aust. For. Res. 10(3): 191 - 211
- Heth, D.; Fanger - Vexler, L. and Reuveni, O., 1986.** Mass Production of Cutting of *Eucalyptus camaldulensis*. Commonwealth Forestry Review 65(3): 215 - 225.
- Infante, P. y Prado, J.A., 1989.** Crecimiento de 35 procedencias de *Eucalyptus globulus*. En: Informe Final Proyecto Investigación Mejoramiento Genético de Especies de Interés Económico Anexo N° 3. INFOR - CORFO. 1991.
- Infante, P. y Prado, J.A., 1991.** Crecimiento Juvenil de 32 Procedencias y 203 Familias de *Eucalyptus globulus* en la Zona Costera de la VIII Región en Chile. Ciencia e Investigación Forestal 5(2): 251 - 265.
- Jagadesh, K. and Adkoli, N., 1987.** Macropropagation in Eucalypts Hybrid, an Approach for Genetic Improvement and Breeding Program. Myforest 23(4): 231 - 234.
- Lindgren, D., 1977.** Possible Advantages and Risks connected with Vegetative Propagation for Reforestation. En: Symposium Vegetative Propagation of Forest Trees, Physiology and Practices. Uppsala, Sweden. February, 16 - 17, 1977.
- Mc Comb, J. and Bennet, I., 1986.** Eucalypts (*Eucalyptus* spp.) En: Baraj, YPS ed. Biotechnology in Agriculture and forestry. Berlin. Springer-Verlag Pp 340 -362.
- Minocha, S., 1987.** Plant Growth Regulators and Morphogenesis in Cell and Tissue Culture of Forest Trees. En: "Cell and Tissue Culture in Forestry". Editor Bonga, J. and Durzan, J. Martinus Nijhoff Publishers. Pp 50 - 66.
- Orme, R., S/F.** Genetic Improvement of *Eucalyptus globulus*. Forest Resources, Launceston. Tasmania. 8 p.
- Paton, D., 1983.** Vegetative Propagation of Adult Eucalypts. Colloque International sur les Eucalypts Résistants au Froid. IUFRO, France. Pp 570 - 586.
- Poggiani, F. and Suiter Filho, W., 1974.** Importance of Intermittent Misting and the Effects of Hormone Treatment on Rooting of Eucalypts Cutting. IPEF N° 9: 119 - 129.

Potts, B. and Potts, W., 1986. Eucalypt Breeding in France. *Aust. For.* 49(4): 210 - 218.

Rauter, R., 1983. Current Status of Macropropagation. En: Proceeding of the 19th Meeting of the Canadian Tree Improvement Association. Part 2: Symposium on Clonal Forestry, its Impact on the Improvement and our Futures Forests. Toronto, Ontario. August, 22 - 26, 1983. Pp 58 - 74.

Rojas, P.; Arce, P. y Arriagada, M. 1987. Propagación Vegetativa por Estacas en *Eucalyptus camaldulensis*. *Ciencia e Investigación Forestal* 1 (2) Pp. 1 - 10.

Ye, M., 1984. Effects of Plant Growth Regulators on Rooting of Cuttings of several Tree Species. *Plant Physiology Communications* 4: 28 - 29.

Zobel, B.; Ikemori, I. and Campinhos, E., 1983, Vegetative Propagation in *Eucalyptus*. En: Proceeding of the 19th meeting of the Canadian Tree Improvement Association. Part 2. Symposium on Clonal Forestry; its Impact on the Improvement and our Futures Forests. Toronto, Ontario. August, 22 - 26, 1983. Pp 136 - 144.

Zobel, B. and Talbert, N., 1984. Applied Forest Tree Improvement. Ed. John Wiley & Sons. New York, USA. 505 p.

DEMANDA GLOBAL POR MADERA Y LA NECESIDAD DE PROTECCION AMBIENTAL: UNA VISION SUDAMERICANA.*

Jorge Cabrera Perramón, ingeniero forestal de la División de Estudios Económicos, División Regional del Instituto Forestal, Calle Barros Aranas 121 Concepción Chile, y Arnaldo Jélvez Caamaño, Dr. Ingeniero Forestal, profesor asociado de la Universidad del Bío Bío, casilla 5-C Concepción-Chile

INTRODUCCION : SUDAMERICA

Sudamérica está compuesta por trece países, con 290 millones de personas, que representan el 5,6 % de la población mundial. Siete países tienen una población superior a los 10 millones, los cuales, en orden de magnitud, son: Brasil, Argentina, Colombia, Perú, Venezuela, Chile y Ecuador. Estos siete países corresponden al 95% del total de la población de Sudamérica y Brasil sólo, representa el 51% de este total.

Los bosques en Sudamérica cubren aproximadamente 650 millones de hectáreas, de las cuales el 99% son bosques naturales y sólo el 1% plantaciones. Brasil posee aproximadamente el 57% de los bosques nativos de la región.

La mayoría de los bosques naturales son bosques tropicales (principalmente ubicados en la zona del Amazonas). Sólo una pequeña proporción de éstos son bosques templados, los cuales existen fundamentalmente en Argentina y Chile. Las plantaciones se distribuyen principalmente en Brasil, Chile y Argentina.

Mientras el área cubierta por bosques naturales se reduce en forma continua, el área de plantaciones crece. Se estima que 2 millones de hectáreas de bosques naturales se pierden cada año en Sudamérica. El uso de estos terrenos forestales a sido reemplazado por diversos usos: agrícolas, ganaderos, caminos y otros, entre los cuales también se cuentan usos ilegales. Además, muchas zonas han sido despejadas por faenas de explotación no autorizadas y por el fuego.

Se estima que la industria de productos forestales es responsable sólo del 30% de la tasa de reducción actual en los bosques de la región. Crecimientos poblacionales altos y la pobreza son considerados factores claves al tratar de explicar el deterioro que el inventario forestal en Sudamérica está teniendo. Aún más, de acuerdo con Dourojeanni (1991), el cultivo de marihuana ha causado la deforestación de casi 700 mil hectáreas en el área Amazónica y otras áreas del Perú y Bolivia.

* Traducción del trabajo presentado a la conferencia "Wood Product Demand and the Environment" organizada por la Forest Products Research Society de los Estados Unidos de Norteamérica en Vancouver, Canadá en noviembre 1991.

Algunos países están llevando a cabo proyectos importantes para establecer plantaciones de rápido crecimiento (fundamentalmente eucaliptos y pinos). Estas nuevas plantaciones tienen efectos sociales y económicos importantes, como también conllevan un efecto ecológico, al disminuir la presión sobre el bosque nativo y al proteger suelos donde no existía vegetación en el pasado. En 1980, el área de plantaciones en Sudamérica correspondía aproximadamente a 3,8 millones de hectáreas. Actualmente, hay aproximadamente 7 millones de hectáreas de plantaciones en esta región.

OFERTA Y DEMANDA

Consideraciones Generales

FAO (1988) estima que el consumo de materia prima en la región crecerá desde los 336 millones de m³ en el año 1989 a los 450 millones de m³ en el año 2000 (Cuadro N°1). Esto representa un crecimiento total del 34%.

Cuadro N° 1

PROYECCION DEL CONSUMO DE MADERA EN TROZAS (millones de m³)

Región	1989			2000		
	Energía	Industrial	Total	Energía	Industrial	Total
Mundo	1.766	1.697	3.463	2.065	2.065	4.130
(%)	51	49	100	50	50	100
Sudamérica	235	101	336	275	175	450
(%)	70	30	100	61	39	100

Fuente: FAO, 1991.

En la actualidad, se estima que cerca del 70% de las extracciones totales son para uso de la madera como material de combustión. Hacia el año 2000,

esta cifra se estima será aproximadamente de un 65% .

Actualmente, el consumo industrial (30%) representa 101 millones de m³. De este total, el 81% (en base a volumen), es consumido domésticamente y la diferencia se exporta a gran parte del mundo entero. De este total para uso industrial, Brasil participa con un 72%, Chile con un 10% y Argentina con un 6% (FAO, 1991).

El Cuadro N°2 muestra la balanza comercial de productos forestales en Sudamérica. En términos regionales Sudamérica muestra una balanza comercial positiva. Exportadores netos, (en términos de volumen), son Brasil y Chile, e importadores netos lo son Venezuela, Colombia, Argentina y Perú.

Cuadro N° 2

BALANCE DEL COMERCIO DE PRODUCTOS FORESTALES EN SUDAMERICA EN VOLUMEN, AÑO 1989

Pais	Importaciones	Exportaciones	Balance
Argentina	1.227	604	- 623
Bolivia	28	136	108
Brasil	1.336	12.138	10.802
Chile	144	9.981	9.837
Colombia	899	79	- 820
Ecuador	459	132	- 327
Fr. Guayana	6	29	23
Guyana	10	40	30
Paraguay	56	335	270
Perú	628	20	- 608
Suriman	32	28	- 4
Uruguay	103	28	- 75
Venezuela	1.541	0	- 1.541
Total	6.469	23.550	17.081

Fuente: FAO 1991 y estimaciones propias

Dada la importancia relativa ya advertida, la discusión y el análisis que continúa se focaliza en Brasil y Chile.

Bosque Tropical

Sudamérica posee aproximadamente un cuarto de los bosques cerrados de mundo y aproximadamente la mitad de los bosques tropicales del mundo (FAO 1985). Este recurso de bosque tropical es considerado uno de los más importantes ecosistemas del planeta ya que la mitad de todas las plantas y especies animales del mundo viven en él. Esta es la principal razón por la cual existe preocupación en el mundo respecto del uso actual y futuro de este recurso (Cuadro N°3).

Cuadro N° 3

BOSQUES Y EXPORTACIONES DE MADERA EN TROZAS Y ASERRADA (INCLUYENDO DURMIENTES) EN LAS PRINCIPALES REGIONES

Regiones	Bosques Superficie Mill Km ²	Trozas uso Industrial Producción Export			Madera Aserrada Producción Export		
		Mill m ³	%	Mill US\$	Mill m ³	%	Mill US\$
Sud América	6,6	101	4,7	171	27	7,4	398
Africa	2,3	57	9,1	532	9	10,1	225
Asia	5,3	273	8,4	1.829	107	9,6	2.568
Europa	1,4	314	8,8	1.626	86	30,1	5.804
EE.UU.	1,9	599	5,5	3.184	166	31,1	7.009
Mundo	29,5	1.677	7,4	8.922	501	19,8	17.424

Fuente: FAO 1985, 1991

La diversidad de especies arbóreas en el bosque tropical es muy conocida, varias de las cuales poseen un alto valor estético, sin embargo, muchas de estas especies han sufrido importantes daños de insectos y otras calamidades, lo que ha provocado que varios países, importadores de este tipo de maderas, estén cambiando a importaciones desde el Sudeste Asiático. En general, los bosques Asiáticos son mucho más homogéneos que los bosques tropicales de Sudamérica.

El comercio regional alcanza aproximadamente al 80% del total transado en el mundo para las especies tropicales de madera. El actual nivel de exportación de las especies tropicales desde Sudamérica es de sólo 8,2% en lo que se refiere a la producción mundial de madera aserrada.

Por otro lado, el consumo de materia prima a nivel regional ha aumentado rápidamente. Para el período 1979-1989, la producción de madera aserrada aumentó en un 27% (en términos de volumen), los paneles en un 16% y la pulpa y el papel en un 79%. El consumo de tableros, papel y productos derivados de papel aumentará aproximadamente tres veces hacia el año 2000 (Erfurth, 1984 y FAO 1988).

El Cuadro N° 4 muestra la tendencia en el consumo de productos forestales para las diferentes regiones productoras.

Cuadro N° 4

**PROYECCION DEL CONSUMO DE PRODUCTOS FORESTALES EN
LAS REGIONES PRODUCTORAS**

Región	Producto	Unidad	1963	1979	1989	2000
Sud America	M.aserrada	mill m ³	11	19,8	25,1	28
	Tableros	mill t	1	2,9	3,3	11
	Papeles	mill t	3	6,0	7,2	24
Africa	M.aserrada	mill m ³	1	5,0	8,0	11
	Tableros	mill t	0	0	1,0	3
	Papeles	mill t	0	1,0	3,0	5
Lejano Este	M.aserrada	mill m ³	10	17	25	37
	Tableros	mill t	1	4	4	6
	Papeles	mill t	2	5	10	17

Fuente : FAO, 1988
Erfurth, 1984

Estos aumentos han sido causados fundamentalmente por el rápido crecimiento de la población y por algunas presiones políticas, tales como el programa para los Andes que intentaba promover el uso de especies tropicales en la construcción. Asumiendo que el consumo per cápita se mantuviera constante, el crecimiento poblacional de la región, por si solo, haría que el nivel de consumo total se doble dentro de los próximos 25 ó 30 años. Obviamente, si el estándar de vida aumenta de alguna forma, el aumento anterior en consumo de madera podría ser de una magnitud mucho más importante.



En 1989, el nivel de exportaciones de maderas tropicales sudamericana fue de aproximadamente 40 millones de m³ en rollizos (fundamentalmente desde Guyana y Surinám) y 0,8 millones de m³ en madera aserrada (el 79% provino de Brasil) (FAO,1991).

Varias fuentes de información estiman que la demanda por productos forestales desde bosques tropicales, en el mercado internacional, decrecerá dentro de los próximos 10 a 20 años. Por el lado de la oferta, los niveles futuros se verán afectados por acciones de protección ambiental. Por ejemplo, un grupo recomendó reducir el tamaño de las áreas comerciales. Otro grupo, recomienda un uso más integral de las especies forestales por unidad de área, pero en base a un rendimiento de tipo sostenido.

Independientemente de las acciones que se tomen, la oferta futura de estos bosques será afectada por factores tales como: el crecimiento poblacional, condiciones económicas y políticas, competitividad en términos de costo, movimientos de tipo ambientalista y otros. Por estas razones el desarrollo futuro de estos recursos permanece por ahora incierto.

Bosques Latifoliados Templados

En los últimos 30 años, la corta total de madera industrial desde bosques latifoliados templados en Chile y Argentina ha sido pequeña. Por ejemplo, en Chile la corta de bosque latifoliado nativo ha promediado sólo el 10% del total de la corta para uso industrial, la diferencia ha sido suplida por las plantaciones (INFOR, 1991). Esto representa 0,8 millones de m³, con una cosecha unitaria de aproximadamente 50 m³ por hectárea, bajo un sistema de extracción selectivo y con una rotación promedio de, más o menos, 150 a 200 años. Los incrementos medios anuales son de aproximadamente 0,2 a 0,8 m³ por hectárea, cero incremento para bosques sobremaduros y entre 3 y 5 m³ por hectárea en bosques nativos de segundo crecimiento.

Sin embargo, el consumo de leña desde los bosque latifoliados templados está creciendo significativamente. En Chile, sobre el 80% de la cosecha total del bosque natural va a este consumo. El establecimiento de plantaciones para leña no ha sido todavía una práctica relevante en Chile. En Argentina, los usos más importantes para las especies nativas templadas incluyen : la leña, el carbón, los postes y los durmientes.

Se estima que el bosque nativo latifoliado templado chileno podría producir anualmente 18 millones de m³, en base al manejo de tipo sostenido. El actual volumen en pie se estima en aproximadamente 915 millones de m³ (INFOR, 1991).

Durante 1989 y 1990, el total cortado de los bosques latifoliados chilenos aumentó al doble. La razón fue la demanda internacional por astillas de madera, fundamentalmente desde Japón (INFOR - CONAF, 1991). Esto ha causado un agudo y extensivo debate en relación a consideraciones de tipo ecológico y económico en el uso de los recursos y bosques latifoliados templados en Chile.

Recientemente, el sector privado y la agencia gubernamental forestal (CONAF) han llegado a un importante acuerdo respecto a un apoyo privado para controlar las cortas ilegales para astillas. Por otro lado, un Proyecto de Ley esencial sobre la materia ha sido propuesto por parte del Estado: subsidios para el manejo, incremento y protección de los bosques latifoliados templados. De hecho, en la actualidad una superficie de 14,6 millones de hectáreas, dentro de la cual se encuentran representados diversos ecosistemas, se incluyen dentro del Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Dentro de este sistema están bajo protección unos 1,3 millones de hectáreas de bosques naturales. Por otra parte, unas 3,7 millones de hectáreas de bosque nativo en manos privadas están representadas por bosques de protección, razón por la cual, de los aproximadamente 8,4 millones de hectáreas existentes, solo unos 3,6 millones estarían disponibles para manejo comercial.

Plantaciones

El total del área de plantaciones en Sudamérica se acerca a los 8,8 millones de hectáreas. Esto representa aproximadamente un 47% más que la superficie que existía en 1983. Brasil tiene 6,2 millones de hectáreas de plantaciones (el 52% se refiere a terrenos plantados con eucaliptos, el 30% con pinos y el 18% restante con variadas otras especies) (SBS, 1990). Chile tiene aproximadamente 1,5 millones de hectáreas de plantaciones, de las cuales el 85% corresponden a pino radiata, el 7% a eucaliptos y el 8% restante a otras especies (INFOR, 1991). En Argentina, el total plantado se acerca a las 770.000 hectáreas. En Venezuela hay aproximadamente 150.000 hectáreas de pino caribea. Surinam tiene aproximadamente 80.000 hectáreas, también con

pino caribea y Colombia tiene aproximadamente 160.000 hectáreas con 70.000 de pinos y 40.000 de eucaliptos, entre otras. También existen plantaciones en Perú, Ecuador y Uruguay.

Las plantaciones están jugando un rol muy importante en la industria forestal local. Esto se ilustra por el hecho de que en Chile, el 80% de la madera total, cortada para efectos industriales, proviene de plantaciones de pino radiata. En Brasil, las plantaciones actualmente aportan un poco más del 30% respecto de la demanda total industrial.

En el año 2000 se prevé que la contribución de las plantaciones aumentará hasta cerca de un 33% del total de corta en Sudamérica, la cual era de 17% en el año 1975 (Erfurth, 1984).

Chile

El Decreto Ley 701, promulgado en 1974 y luego modificado en 1979, ha promovido el establecimiento de nuevas plantaciones en Chile. Una de los beneficios claves de esta Ley es un subsidio de un 75% para el establecimiento de nuevas plantaciones y para las prácticas silviculturales (poda) hasta 1994. Esta Ley ofrece además ventajas en aspectos tributarias, ya que los impuestos a la tierra también se ven reducidos, y en materia de conservación, ya que obliga a los propietarios a reforestar toda área explotada (Jelvez, Blatner y Govett, 1990).

Como resultado de estos incentivos, la tasa de plantación anual en Chile ha aumentado significativamente. El nivel de plantación promedio anual es de 11.000 hectáreas en los años de la década del sesenta y cerca de 49.000 hectáreas en los inicios de los setenta. En los últimos 10 años, las tasas de plantación promedio han sido cercanas a las 80.000 hectáreas por año.

Otras políticas económicas han impactado significativamente el estado actual del sector forestal chileno, especialmente en los pasados 15 años. Primero, se ha establecido una economía de libre mercado y esto ha permitido la expansión y la presencia del país en el mercado internacional. De hecho, no existen restricciones actuales para importar o exportar productos de madera. También, es importante mencionar que el Gobierno chileno favorece la inversión extranjera en el país (Wisecarver y Tardones, 1989).

Las medidas económicas mencionadas anteriormente son responsables de alguno de los cambios significativos que han ocurrido en el sector forestal chileno. Por ejemplo, en los pasados veinte años, el consumo total de madera para uso industrial creció desde los 4 millones de m³ a los 15 millones de m³; las exportaciones forestales han aumentado desde los US \$ 42 millones a los US \$ 855 millones y el nivel de inversión dentro de la industria forestal se acerca a los US \$ 3.000 millones de dólares (INFOR, 1991; INFOR, 1990; INFOR-CONAF, 1991). El Cuadro N° 5 muestra algunas estadísticas del desarrollo forestal en Chile.

Cuadro N° 5

ESTADÍSTICA FORESTAL DE CHILE

Actividad	Unidades	Años				
		1960	1970	1980	1990	2000
Tasa Plantación	mil ha	11	49	70	80	100
Consumo madera Ind.	mill m ³	2	4	8	14	23
Producción						
Mad. aserrada	mill m ³	0,8	1	2,2	3,3	5,1
Pulpa	mill t	0,1	0,3	0,7	0,8	2,3
Tableros	mill m ³	0,2	0,5	0,11	0,35	0,5
Exportaciones	mill US\$	9	42	468	855	1400

Fuente: INFOR, 1991.

Las proyecciones señalan que la tasa de corta anual de pino radiata, desde el punto de vista de disponibilidad de madera en pie, podrá crecer al doble hacia el año 2000 y que se incrementará aproximadamente 3 veces hacia el año 2015 (INFOR, 1990). Debido a que el mercado doméstico para productos forestales es relativamente pequeño, el potencial de futuro crecimiento de la industria forestal dependerá fundamentalmente del mercado internacional. De hecho, se proyecta que las exportaciones forestales alcanzarán los US \$ 1.400 millones hacia el año 2000. Esta proyección asume que se exportarán aproximadamente 2,4 millones de m³ de madera aserrada; 1,8 millones de toneladas de pulpa y papel; y 2,3 millones de m³ de en trozos (85% en términos de volumen aserrable y el 15% restante en madera delgada pulpable).

La superficie de plantaciones de **Eucalyptus** también está creciendo. Se estima que hacia el año 2000 Chile dispondrá de 350 mil hectáreas de

plantaciones con especies de este género forestal, orientadas fundamentalmente a la producción de pulpa. De hecho la futura oferta de plantaciones de eucalipto alcanzará aproximadamente los 8 millones de m³ anuales y la producción de pulpa (que se orientará hacia el mercado exportador), se espera alcance los 2 millones de toneladas.

Brasil

En Brasil, el desarrollo forestal basado en plantaciones ha sido también muy exitoso. Las plantaciones de eucalipto tienen tasas de crecimiento muy importantes. Es así como, al inicio de estos proyectos de plantación masiva, se reportaban incrementos de 25 m³ por hectárea. Hoy, para algunas áreas, crecimientos de sobre 100 m³ por hectárea son comunes, lo cual se debe fundamentalmente al énfasis de la investigación genética. Se suma a esto, la decisión tomada por el Gobierno, en el año 1966 de usar incentivos por establecer plantaciones en el sector, los que han jugado un rol importante en el logro de los actuales niveles de plantación.

La actual tasa anual de plantación se estima en aproximadamente, 400.000 hectáreas y la producción de pulpa en aproximadamente, 4,5 millones de toneladas. Esta producción se orienta fundamentalmente al gran mercado doméstico brasileño y el 22% aproximadamente se exporta (Livio, 1991). Es importante hacer notar que en los inicios de los años 50, Brasil era un neto importador de pulpa y papel.

En 1989, las exportaciones brasileñas de pulpa y papel, principalmente a base de fibra corta, alcanzaron un valor de US \$ 1.700 millones. Esto representa el 37% del mercado mundial para la pulpa y se estima que para el año 1993, este porcentaje alcanzará un 50% (Livio, 1991).

En 1989, el consumo total de madera en el país fue de 140 millones de m³. Durante ese año, la producción, sólo de madera aserrada, correspondió a 18 millones de m³. Cerca del 50% del volumen de madera aserrada producida fue de coníferas. Sólo un 6% de ésta fue exportada. Por su parte, la producción de paneles fue de aproximadamente 3 millones de m³ y el 22% de esta fue enviado al mercado internacional. Por otro lado, la producción de pulpa fue de aproximadamente 4,3 millones de toneladas y el 23% fue exportado. A su vez, la producción de papel alcanzó los 4,8 millones de toneladas y el 23% fue vendido en el mercado internacional, en 1989. La producción de carbón se

estimó en 35 millones de m³ durante el mismo año.

Cuadro N° 6

OFERTA Y DEMANDA DE MADERA EN BRASIL
(millones de m³ en trozas)

Producto	Producción	Consumo Trozas	%
Demanda Industrial de madera			
Pulpa	4,3	17	7
Madera aserrada	35,0	70	27
Carbón	18,0	36	14
Tableros	3,0	7	3
Otros		10	4
Energía	115,0	115	45
Total Demanda		255	100
Oferta			
Plantaciones			
- Eucalipto		62	24
- Pino		17	7
Bosque nativos		176	69
Total Oferta		255	100

Fuente: SBS, 1990.
FAO, 1991.

Se considera posible que Brasil doble su producción de pulpa y papel hacia el año 1996, debido principalmente al uso de sus extensas áreas de plantación. Esto requiere de un nivel de inversión de aproximadamente US \$ 9.700 millones. Se estima que algunos de los proyectos, actualmente en desarrollo para el año 1990, demandaron inversiones por cerca de US \$ 4,8 mil millones (Livio, 1991). El Cuadro N° 6 muestra los niveles de oferta y demanda de madera en Brasil durante el año 1989.

ASPECTOS ECOLOGICOS REFERIDOS A LA OFERTA Y DEMANDA DE MADERA.

Aspectos Generales

Preocupación mundial existe por la conservación de los recursos naturales y, en especial, por la sobre-utilización de que están siendo objeto los bosques tropicales. Esto ha llevado a declarar que a la presente década se la denomine "La Era del Medio Ambiente". Sin embargo, existen, sobre este tema posiciones divergentes.

Plantaciones

Las plantaciones con incrementos medios anuales entre 20 y 70 m³ por hectárea, son mucho más productivas que los bosques naturales, cuyos incrementos medios anuales fluctúan entre los 2 y 15 m³ por hectárea. Por otro lado, sólo tienen demanda relevante las especies de madera de mayor belleza provenientes de bosques naturales. Por lo tanto, la madera para usos masivos se produce generalmente en las plantaciones y las maderas para usos decorativos provienen de los bosques nativos.

En la mayoría de los países sudamericanos, las plantaciones cubren áreas relativamente pequeñas, pero proveen la mayor parte de la madera industrial. Además, la mayor parte de estas plantaciones han sido establecidas en áreas donde no existía vegetación antes. En consecuencia, se debe reconocer que las plantaciones son verdaderamente productivas en variadas formas. Por ejemplo, Chile tiene muchas plantaciones de pino radiata en suelos que estaban altamente erosionados.

En general, existen percepciones negativas respecto de las plantaciones y de los aspectos monoculturales. Estos últimos de alguna forma, parecen haber sido exagerados, especialmente por los "medio ambientalistas". De hecho, monocultivos existen en el Japón desde el siglo XVI. En Chile, por ejemplo, estudios recientes muestran que no existen daños al suelo después de tres rotaciones con pino radiata. Las plantaciones más jóvenes han demostrado ser

consumidoras netas de anhídrido carbónico (CO_2). Los bosques nativos maduros no generan excedentes y tienen una relación balanceada de CO_2 y O_2 .

Bosques Tropicales

¿Cuál es la tasa real de deforestación en los bosques tropicales ?

De acuerdo a un estudio reciente (Da Cunha, 1988), la deforestación acumulada en el área amazónica "Legal" (que comprende básicamente todos los estados del área hidrográfica amazónica del Brasil) es de aproximadamente 5,1% (equivalente a 270.000 km^2) de la superficie total, durante el período 1975 a 1988. La deforestación más seria ocurrió en el estado de Rondonia (12,6%) y en el estado de Amapá (0,6%). Estas estimaciones difieren significativamente de predicciones anteriores que mostraban estas tasas entre el 11,8% al 43,1%. Otras mediciones muestran que las tasas de deforestación entre 1975 y 1988 son de tipo lineal y no exponencial como se habían proyectado.

Si se consideran las tasas históricas previas de deforestación y los estados de Pará y Maranhao, la deforestación total acumulada es de aproximadamente 7% en la Región Amazónica Legal y cerca de un 10% al considerar el bosque total original.

De acuerdo a varios autores (Kauman, 1990; Livio, 1991; Palmer, 1988 y Poore, 1988), las principales razones de la tendencia recién mostrada, en orden de magnitud, son las siguientes:

a) Ocupación de Tierras

Muchos países aún tienen una legislación que concede título legal de posesión a quien ocupa la tierra de facto. El acto de habilitar un área es considerado en muchos países como un mejoramiento y el "mejorador" adquiere derechos de propiedad sobre el terreno y puede vender (Kauman, 1990).



Esta práctica ha permitido que exista una gran especulación en la zona del bosque amazónico. El comprador adquiere de una forma encubierta la tierra por un precio muy bajo. Para mantener esta propiedad él debe "usar" la tierra. El método más barato para hacerlo es, básicamente, quemar todo el bosque que quede remanente e introducir, por ejemplo, ganado en forma extensiva (Palmer, 1988).

Aún cuando esta legislación ha sido recientemente revocada en Brasil, los efectos están por verse, dado que el control es muy difícil en la mayoría de los casos.

b) Producción de Alimentos

Programas de producción de alimentos han sido establecidos en estas áreas en base a su atractivo financiero. Extensas áreas han sido limpiadas y preparadas para permitir la producción de cultivos agrícolas. Como estos suelos son delgados y no pueden mantener un número alto de rotaciones, los campesinos se mueven hacia nuevas áreas en vez de fertilizar tierras ya ocupadas.

Además, estos cultivadores, que se mueven de lugar en lugar, se trasladan principalmente hacia los bosques. La carretera Trans-Amazónica construida en 1970 atrajo a un gran número de personas que se quería establecer allí lo que constituye otro de los aspectos negativos en lo que se refiere a la corta de madera. Estos sistemas de corta establecen caminos, los cuales son rápidamente invadidos por personas que se instalan en estos lugares y comienza la generación de áreas con cultivos de subsistencia. Luego de unos pocos años, el suelo desaparece. Frente a esta situación, existe en algunos la opinión que "si los brasileños no hubieran tomado la tierra, otros lo hubieran hecho".

c) Corta de Madera

Como se ha visto, la corta de madera en la Región Legal Amazónica es responsable de aproximadamente el 13% de la corta anual de la biomasa. El daño permanente que se provoca, debido a este factor, es causado por la invasión posterior de gente que se quiere establecer en el área.

d) Leña y Carbón

Esta es una de las principales razones de las actuales tasas de deforestación. En Brasil, cerca de 139 millones de m³ son usados para carbón

(extraídos igualmente de bosque naturales y de plantaciones). Esta demanda se asocia con la sobre-población y pobreza del país. Además, existe una demanda importante de especies del bosque nativo para carbón de uso industrial, especialmente para la industria del acero en el estado de Minas Gerais (Livio, 1991).

Es importante hacer notar, que del total de madera industrial consumida del bosque nativo en Brasil (cerca de 180 millones de m³), sólo el 19% es para uso realmente industrial.

El programa, recientemente introducido en Brasil, que lleva por título "Nuestra Naturaleza" intenta llevar alguna esperanza a la solución de estos problemas.

Al tratar de explicar la deforestación del área forestal amazónica, aparecen otros factores comúnmente citados, como por ejemplo: la construcción de infraestructura; actividades mineras y otros.

Bosques Latifoliados Templados (Chile)

El área total cubierta con formaciones vegetales naturales en Chile alcanza a unos 26,7 millones de hectáreas, de las cuales unos 8,4 millones son bosques nativos. De esta superficie de bosques nativos 3,7 millones de hectáreas son bosques de protección y 4,7 millones son consideradas como productivas. Unas 1,3 millones de hectáreas de estos bosques se encuentran bajo un régimen especial de protección, dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Parques Nacionales, Reservas Forestales, etc). Las especies, más importantes, desde el punto de vista comercial, son algunas del género **Nothofagus**. Los rendimientos de estos bosques son muy variables, cerca de 200 m³ por hectárea pueden ser extraídos, 50% como madera aserrada y chapas y el remanente para pulpa.

El control de las actividades forestales y el cumplimiento de la legislación actual forestal en Chile es realizada por el Servicio Forestal Chileno (CONAF). Esta tarea es particularmente difícil debido a la ubicación de los bosques y al gran número de pequeños propietarios.

Tal como se mencionó anteriormente en este trabajo, la actual demanda por astillas de madera, particularmente desde Japón, ha causado presiones

adicionales al bosque nativo de Chile. Sin embargo, acuerdos recientes entre el sector privado y el gobierno abren alguna esperanza para que este tipo de recursos nativos sea mejor utilizado en el país.

OBSERVACIONES FINALES

Los recursos forestales de Sudamérica son capaces, por varias décadas futuras, de satisfacer la demanda doméstica por productos forestales. Se cree que un balance satisfactorio se puede lograr entre la producción forestal y los efectos ecológicos que ésta pudiera tener. Los comentarios que siguen a continuación se orientan en esta dirección.

La futura demanda de productos forestales puede ser satisfecha por el establecimiento y el manejo inteligente de las nuevas plantaciones. Esto disminuirá la presión actual sobre el bosque nativo y además permitirá tener también reservas importantes de madera de alta calidad.

Las actuales áreas de bosque nativo deben ser protegidas contra las presiones ilegales, pero se deben suplir al mismo tiempo, las necesidades humanas. Las agencias gubernamentales tienen que afrontar ésta realidad y proponer alternativas para los actuales usuarios de estos recursos. Por otro lado, las áreas protegidas deben ser incorporadas en los planes de manejo, en los cuales, se deben balancear adecuadamente, los aspectos de valor económico y los aspectos de conservación.

Los gobiernos deben tener claro que la actual tasa de pérdida de estos recursos viene de las urgentes y más básicas necesidades de una alta proporción de la población que vive en pobreza. Por lo tanto, la implementación de políticas económicas para aliviar estas necesidades es urgente.

Es necesario mantener bajo propiedad gubernamental los parques nacionales y reservas forestales, áreas que representan actualmente importantes reservas ecológicas.

Un caso relativo al patrimonio estatal son las "áreas de vida silvestre", donde los turistas de países industrializados puedan disfrutar en sus deseos de tener áreas de "vida natural" antes de retornar al confort de sus casas. La mantención de este tipo de áreas puede significar importantes recursos

financieros turísticos pero, generalmente su existencia tiene el efecto de sacar de sus raíces o de sus culturas a poblaciones que abandonan su estilo de vida para orientarse más al estilo de los visitantes de altos recursos.

Los recientes boycotts a las maderas tropicales en Europa, no ayudan mucho a proteger el bosque tropical. Al mismo tiempo, hay algunas dudas de que exista algún Código Ético que justifique interferir en las políticas de la Región en relación al uso y conservación de sus recursos naturales.

Parece injusto que para poder conservar el medio ambiente se deba imponer a los pobres una reducción en su estándar de vida, sin que exista un costo para los ricos. La Región Sudamericana necesita del uso de sus recursos naturales para poder tener un crecimiento económico. Esta Región del mundo no puede eliminar a un costo cero el CO₂ que las naciones industrializadas producen.

El peor enemigo del bosque de la Región Sudamericana es la pobreza de su población. En consecuencia, la conservación del bosque es sólo factible a través del progreso económico de su gente. Evidentemente que esto no puede ser obtenido a través de continuas sanciones comerciales ejercidas por las naciones o países más ricos del mundo, cuando tratan de proteger sus propios mercados. Al contrario, el libre mercado, junto a una efectiva asistencia de tipo técnica y financiera, son mecanismos claves para proteger el bosque de los más pobres.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Da Cunha, R., 1988. Deforestation estimates through remote sensing: The State of the art in legal Amazonia. En: Amazonia, Facts, Problems and Solutions. University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil. pp. 240-273

Dourojeanni, M., 1991. La cocaína también destruye la Selva. En Diario El Sur. Concepción, Chile. pp 2-3

Erfurth, T., 1984. Trends in Timber Supplies from Tropical Regions. En: Proceedings of International Forest Products Trade. Edited by Dickerhof, H.E., Robertson, D. and White, J., Forest Products Research Society, Madison, U.S.A. 64 Pgs.

- FAO., 1991.** Yearbook of Forest Products 1978-1989. FAO, Rome, Italy. 333 Pgs.
- FAO., 1988.** Forest Products: World Outlook Projections. FAO Forestry Papers 84 and 29. FAO, Rome, Italy. pp 346-350
- FAO., 1988.** Tropical Forest Resources. Forest Products FAO Papers. FAO, Rome, Italy. 113 Pgs.
- FAO., 1985.** International Year of the Forest. Forest Resources 1980. FAO, Rome, Italy. 22 Pgs.
- Instituto Forestal., 1991.** Estadísticas Forestales 1990. Informe Técnico 21. Santiago, Chile. 101 Pgs.
- Instituto Forestal., 1990.** Disponibilidad de Madera de Pino Radiata en Chile 1990 a 2019. Informe Técnico 125, Santiago, Chile. 109 Pgs.
- INFOR - CONAF., 1991.** Exportaciones Forestales Chilenas. Informe Enero a Diciembre de 1990. Santiago, Chile. 73 Pgs.
- Jélvez, A., Blatner, K. and Govett, R., 1990.** Forest Management and Production in Chile. *J. For.* 88 (3). pp 30-34.
- Kauman, W., 1990.** Supply and demand trends in Latin America. Globe 90 Conference. Vancouver, B.C. pp. 26.
- Livio, J., 1991.** Situação atual e perspectivas da produção de celulosa nas regiões neotropicais. Informe GEP-DESR 1991. Universidade Federal de Vicosa, Brasil. pp 312-321
- Palmer, J., 1988.** Commentary on natural forest management for sustainable timber production in ITTO member countries. En: Serie Técnica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (143). Turrialba, Costa Rica. pp 7-13
- Poore, D., 1988.** Natural Forest Management for Sustainable Timber Production. Earthscan Publication Ltda. London, U.K. 252 Pgs.
- Sociedade Brasileira de Silvicultura., 1990.** A Sociedades Brasileiras e seu patrimonio florestal. Booklet, Sao Paulo, Brasil. 20 Pgs.
- Wisecarver, D. y Tardones, S., 1989.** Políticas, Desarrollo del Recurso y Exportaciones. *Revista Ciencia e Investigación Forestal*, Instituto Forestal, 3 (6). Santiago, Chile. pp 1-22

METODOLOGIAS DE PREDICCIÓN DE PERDIDAS DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA. Revisión Bibliográfica. Sandra Perret Durán. Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal.

INTRODUCCION

En las zonas áridas y semiáridas, a causa de la acción del hombre, se ha destruido la cubierta vegetal arbórea y arbustiva que protegía al suelo de la lluvia.

Las lluvias, aunque escasas, exhiben características de torrencialidad, lo cual erosiona el suelo provocando grandes pérdidas y conformando el desolado paisaje que actualmente caracteriza a estas zonas.

A lo anterior se suman las prácticas inadecuadas de uso de los suelos, que contribuyen a acelerar aún más el proceso de desertificación.

El agua, principal agente erosivo, afecta la productividad del suelo, empobreciéndolo a tal grado que provoca finalmente un efecto negativo en la calidad de vida de las poblaciones que en él habitan, en especial de las comunidades rurales.

El fenómeno erosión, puede ser evaluado y cuantificado de acuerdo al monto de suelo perdido (t/ha/año) de modo de expresar cuantitativamente la magnitud del daño.

El fin que persigue el presente trabajo es recopilar algunas metodologías indicadas en la bibliografía, de preferencia aquellas de uso más común y que constituyen un marco referencial para la estimación de la erosión hídrica.

ANTECEDENTES GENERALES

Al observar cualquier paisaje se distinguen en él cuatro grandes actores de la naturaleza: la topografía, el suelo, el clima y los seres vivos. Estos componentes no actúan por separado pues poseen múltiples relaciones que los hacen indispensables a cada uno de ellos.

Si se observa al actor clima se verá que forman parte de él las nubes, la neblina, la lluvia, la nieve, el granizo, la radiación solar, el viento, etcétera y cada uno de estos elementos tiene relación con el agua.

Es así como el ciclo hidrológico tiene su dinámica propia, la que se inicia cuando el agua precipita, luego escurre, se infiltra y pasa a formar parte de ríos, lagos, mares y océanos, después se evapora y así nuevamente llega a la atmósfera para formar las nubes y volver a precipitar cerrando el ciclo.

Pero como se dijo anteriormente este actor clima no está solo, sino que interactúa con los demás, pues la dinámica del agua le permite, a través de su movimiento constante, relacionarse con todos los otros actores antes mencionados.

El grado de penetración del agua en el suelo va a depender de la naturaleza de este, es decir de la relación existente entre la capacidad erosiva de las gotas de lluvia, el flujo de escorrentía superficial (erosividad) y la vulnerabilidad o susceptibilidad del suelo para ser erosionado (erodabilidad). Esta última, referida a sus características internas (textura, estructura, porosidad, permeabilidad, etc) y externas (cubierta vegetal existente, topografía, relieve y otras).

Todo esto analizado en forma natural aparentemente no constituye un gran problema, pero el hombre ha alterado tan drásticamente el componente biológico, especialmente en lo que se refiere a la cobertura vegetal, que este ya no cumple eficientemente su papel de regulador del ciclo hidrológico. La vegetación en forma natural intercepta el agua de lluvia, aumenta la capacidad de infiltración y disminuye la escorrentía superficial.

Las pérdidas de suelo producidas por la erosión hídrica están controladas por una serie de variables, que relacionan el clima, las condiciones edafológicas, la topografía, la vegetación y los usos del suelo. De todas ellas, la lluvia actúa de forma activa al incorporar energía al sistema erosivo, lo que provoca la disgregación de las capas superficiales del suelo y genera la escorrentía. Ante este factor, el suelo presenta una mayor o menor resistencia, es un factor eminentemente pasivo, mientras que la topografía y los usos del suelo, actúan como amplificadores o retardadores del proceso (Ipinza, R. y Perret, S. 1991).

Con el objeto de esquematizar mejor las relaciones antes mencionadas, se incluye el diagrama de la Figura N° 1.

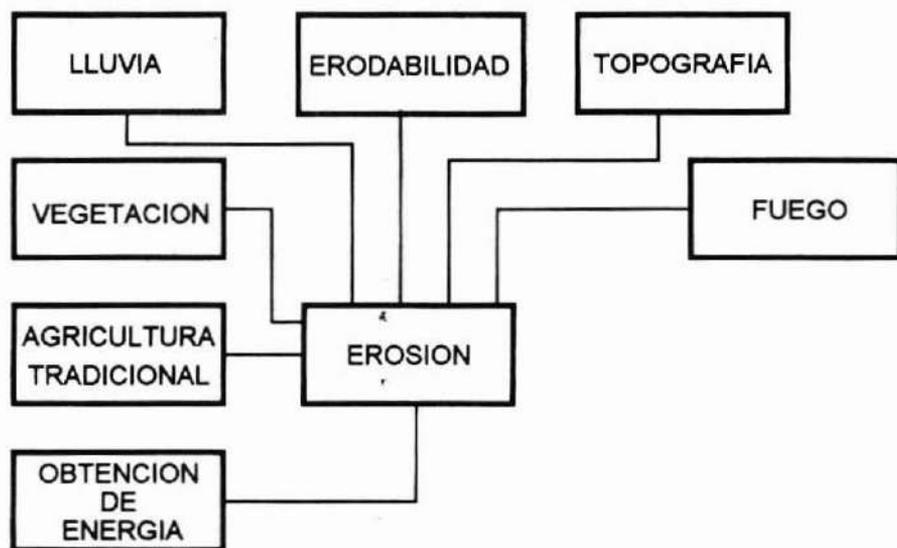


Figura N° 1: VARIABLES QUE INCIDEN EN LA EROSION

La grave situación de deterioro en la calidad de vida de la población, ha sido causada por un deterioro del medio. La toma de decisiones sobre cuanto invertir para controlar la erosión exige hacer predicciones de pérdidas de suelo y producción de sedimentos para así poder evaluar las pérdidas de productividad.

Un diagnóstico real de la situación se obtendrá al hacer una cuantificación del monto de pérdida de suelos ocasionado por la erosión hídrica.

A continuación se da una breve reseña sobre algunas metodologías para la cuantificación de las pérdidas de suelo por efecto del agua.

METODOLOGIAS DE ESTIMACION DE EROSION

Las distintas metodologías de evaluación difieren según su forma y su grado de sensibilidad. Unas son muy sencillas y económicas, otras requieren de equipos más complejos e infraestructuras específicas de instrumental y, en consecuencia, implican mayores costos.

A continuación se exponen los métodos más conocidos y difundidos para la evaluación de pérdidas de suelo.

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), 1965

La USLE (Universal Soil Loss Equation) es un método que estima la erosión hídrica en función de parámetros como el tipo de suelo, topografía, clima, cobertura vegetal y prácticas de manejo (Peña, 1989).

Para el desarrollo de este modelo determinístico, Wischmeier y Smith (1965), citados por FAO (1967), utilizaron datos provenientes de más de 8.000 parcelas experimentales de los Estados Unidos.

La ecuación obtenida con estos datos adquiere la siguiente forma:

$$A = 0,224 \times R \times K \times LS \times C \times P$$

- Donde: A = Pérdida de Suelo (t/ha/año)
 R = Factor de Erosividad de la Lluvia
 K = Factor de Erodabilidad del Suelo
 LS = Factor de Relieve
 C = Factor de Cobertura
 P = Factor de Prácticas Conservacionistas

Factor de Erosividad de la Lluvia (R)

El factor R define en que medida las lluvias erosionan la superficie del suelo

desnudo. Lo que resulta de la sumatoria de los productos a lo largo del año, de la energía cinética total de la lluvia y su intensidad máxima en 30 minutos.

La energía cinética unitaria (Eu) se calcula a partir de la siguiente expresión y depende principalmente de la intensidad de lluvia (I):

$$Eu = 1,213 + 0,890 \text{Log}_{10} I$$

Donde: Eu = Energía cinética unitaria (kg/m² por mm de precipitación)
I = Intensidad de lluvia (mm/h)

Luego la energía cinética total (E) es:

$$E = \sum_{i=1}^n (1,213 + 0,890 \text{Log}_{10} I_i) \times I_i \times T_i$$

Donde: T = Período de lluvia homogénea (h).
I = Intensidad de lluvia homogénea (mm/h).
i = Número de mediciones consideradas para la estimación.

La intensidad máxima en 30 minutos I_{30} es otra componente de la ecuación para estimar R.

Donde finalmente R queda como:

$$R = \frac{E \times I_{30}}{100}$$

Donde: R = Factor de erosividad de las lluvias
 I_{30} = Intensidad máxima de lluvia en 30 minutos (mm/h).

Factor de Erodabilidad del Suelo (K)

Este factor entrega una relación de la aptitud o resistencia que poseen los suelos a la erosión en forma cuantitativa. Su determinación requiere de parcelas preestabilizadas y predefinidas (9 % de pendiente, 1,83 x 22,13 m y

con una superficie en barbecho constante a favor de la pendiente). Cuando se cumplen las condiciones ya citadas, los factores LS, C y P tienen un valor de 1, quedando $K = A / R$.

La medición directa de este parámetro es muy costosa y complicada. Es por esto que un grupo de investigadores (Barnett, Diseker, Richardson y Rogers, 1966), desarrollaron la siguiente ecuación para estimar K.

$$K = \frac{2,1 \times M^{1,14} \times (10^{-4}) \times (12 - a) + 3,25 \times (b - 2) + 2,5 \times (c - 3)}{100}$$

Donde: M = Tamaño de partícula.

(% limo + % arena fina) x (100 - % arcilla).

a = % de materia orgánica

b = Código que está en función de la estructura del suelo (1 granular muy fina, 2 granular fina, 3 granular media a gruesa y 4 masiva o de bloque).

c = Clase de permeabilidad del perfil (1 rápida, 2 moderada a rápida, 3 moderada, 4 moderada a lenta, 5 lenta, 6 muy lenta).

Luego para llevar al sistema métrico el valor de K se multiplica por 1,292, que equivale a la condición de parcela estándar (22,13 m y 9% de pendiente).

Factor de Relieve (LS)

Este factor posee dos componentes: L = distancia desde el punto en que se inicia la escorrentía hasta donde la pendiente es mínima y se produce la depositación del material (m).

S = pendiente (%).

La ecuación para su estimación es la siguiente:

$$LS = (X / 22,13)^m \times (0,065 + 0,045 \times S + 0,0065 \times S^2)$$

Donde: X = Longitud de la pendiente (m)

m = toma distintos valores según la gradientes S

Si:	$S = 5 \%$	$m = 0,5$
	$3 \% \leq S < 5 \%$	$m = 0,4$
	$1 \% \leq S < 3 \%$	$m = 0,3$
	$S < 1 \%$	$m = 0,2$

Factor de Cobertura (C)

Este factor representa el efecto amortiguador que posee la vegetación en la pérdida de suelo y se estima en forma experimental al confrontar los datos obtenidos con una parcela a suelo desnudo.

Factor de Prácticas Conservacionistas (P)

Este factor mide el efecto que las técnicas de cultivos ejercen sobre la pérdida de suelo y varía en valor de 0 a 1 siendo $P = 1$ cuando el suelo no tiene ninguna práctica de conservación de suelo.

Conclusiones Sobre la USLE

Es un procedimiento cuantitativo de evaluación de pérdida de suelo, de carácter universal, se puede emplear en cualquier región, pues sus parámetros son adaptables a las situaciones locales.

Una vez determinados los parámetros, la ecuación constituye una herramienta para identificar las áreas de mayor riesgo de erosión.

Los parámetros que definen la ecuación son de gran complejidad, lo cual implica costos elevados, considerable tiempo y equipos complejos.

Algunas limitaciones para su aplicación están dadas por el hecho de que los valores de las constantes para estimar el factor de erosividad de la lluvia R , corresponden a un promedio de 22 años de pluviometría, luego predicciones con menos datos pueden conducir a errores en la estimación. Además, no se

recomienda extrapolar datos más allá del período en que se derivó la ecuación, sobre todo para el factor LS, ya que la factibilidad de introducir errores será mayor.

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (MUSLE), 1975

A partir de la década de 1970, se extendió el modelo USLE a pequeñas cuencas hidrográficas, lo cual dio origen al modelo MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), a fin de poder determinar los sedimentos aportados por las cuencas para un aguacero concreto (Mintegui, López, 1990).

El científico que logra ajustar el modelo MUSLE en forma definitiva es J.R.Willians (1975) y queda expresado de la siguiente forma:

$$Y = 11,8(Qq_p)^{0,56} K \times LS \times C \times P$$

Donde: Y = Sedimentos acumulados por una tormenta aislada en un tiempo (t).

Q = Volumen de escorrentía (m³)

q_p = Caudal instantáneo máximo (m³ /s)

Este modelo entrega, al incorporar sus dos primeros términos, el efecto que produce el flujo de escorrentía en el proceso erosivo, tanto en volumen total del caudal escurrido Q (m³) como el caudal punta q_p (m³/s) (Mintegui, Robredo, 1991). Los restantes términos fueron descritos en el punto anterior y los principios y conceptos rigen de la misma forma. Si se esquematiza este razonamiento de lo que significa la USLE y como interviene la MUSLE queda de la siguiente forma:

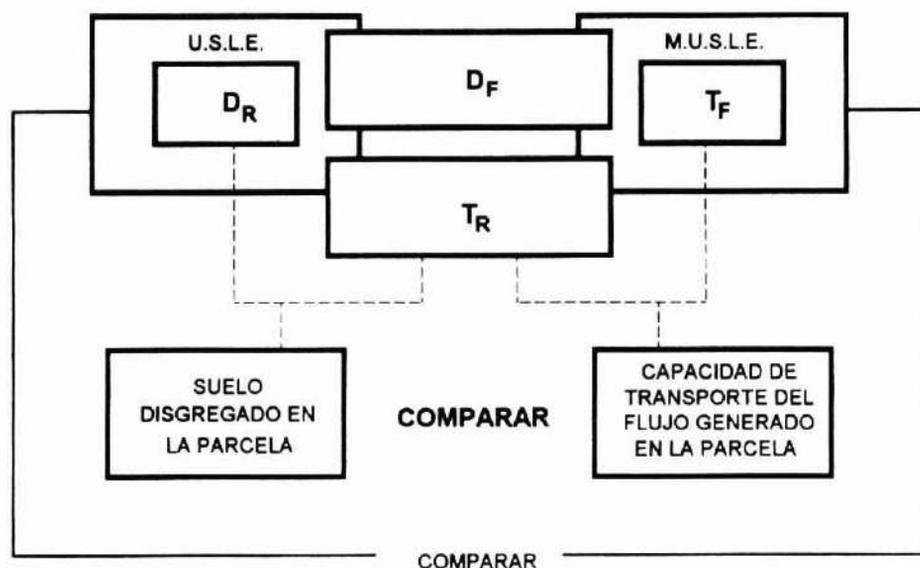


Figura N° 2. RELACION USLE - MUSLE.

- D: Disgregación de partículas del suelo en la parcela
- T: Transporte de las partículas disgregadas fuera de la parcela
- r: Impacto o salpicadura de la gota de lluvia
- f: Impacto producido por efecto del flujo de escorrentía superficial.

El desarrollo de estas ecuaciones, para generalizarlas a cuencas de mayor superficie y con series de datos más completas de precipitaciones aisladas, trajo aparejada la formulación de modelos hidrológicos, entre los cuales se destacan el HYMO y HEC-1 (1984) (Mintegui, López, 1990).

Modelo de Fournier, 1960

Este método estima la degradación de una cuenca en función de la precipitación anual, temperatura y relieve.

Para la determinación de este modelo, Fournier utilizó datos provenientes de 96 cuencas pluviales repartidas en distintas zonas del planeta, en las cuales definió analíticamente el comportamiento de la erosión (López Cadena y Blanco, 1968).

El primer paso a seguir fue analizar por separado las cuencas que disponían de mayor número de años de observación climatológica y de pérdidas de suelo. En función de este análisis se determinó que aquellas cuencas con degradación elevada tenían lluvias en un período muy corto y una distribución desigual, en cambio las de menor pérdida eran aquellas con régimen hídrico más uniforme. De esta conclusión comenzó el análisis de otras variables como:

Coeficiente P/n

Esta dado por el cociente entre la precipitación anual P (mm) y el número de días de lluvia en el año n . Este coeficiente mide la concentración pluvial y la abundancia de lluvias.

Sin embargo, este coeficiente presenta desventajas ya que para P/n similares no se muestran las reales intensidades de pérdida de suelos.

Coeficiente S/P

Siendo P la precipitación anual (mm) y S la altura de agua caída durante la estación de mayor precipitación, S se calcula por la sumatoria de los tres meses consecutivos que dan mayor altura de agua caída. Este coeficiente refleja la distribución de lluvias durante el año. A partir del coeficiente se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- A medida que la relación S/P es mayor, la tendencia de aumento de la erosión es mayor, y esto es más significativo en terrenos con relieve accidentado.
- Para valores intermedios de S/P las conclusiones no están claras por lo cual se analizaron otros coeficientes, como por ej. $(S/P) \times P^2$, $(S/P)^2$, $(S/P) \times S$, pero en definitiva ninguno de estos nuevos coeficientes aportaron mejores relaciones que las obtenidas al utilizar S/P y S^2/P .

Coefficientes p/P

En este caso p representa la precipitación del mes más lluvioso del año (mm) y P la precipitación media anual en (mm).

Haciendo un análisis de las cuencas en estudio, para aquellas con relieves poco accidentado los valores de la relación p/P fueron muy variados, por lo que se buscó una nueva relación que permitiera una mayor confiabilidad en ellos. En forma similar que con S^2/P se determinó un nuevo coeficiente, p^2/P (Índice de Agresividad del Clima). Cabe hacer notar que este coeficiente debe ser analizado año a año en función de la precipitación del mes más lluvioso, para poder trabajar con un mínimo nivel de garantía.

Coefficiente Orográfico (C_o)

En donde C_o es una relación entre la altura media de la cuenca y la tangente de la altura media de la cuenca y la superficie de la cuenca, es decir:

$$C_o = H \times tg_x$$

$$tg_x = \frac{H}{A}$$

Donde: H = Altura de la cuenca (m)

A = Superficie de la cuenca (km²)

La altura media se puede calcular a partir de un gráfico que relacione altura por superficie de la cuenca.

$$H = \text{Area bajo la Curva} / \text{Superficie.}$$

Luego reemplazando se tiene que:

$$C_o = H \times H / A \Rightarrow C_o = H^2 / A$$

En resumen, en base a estos dos últimos parámetros, es decir p^2/P y Co , se establecieron cuatro grupos de cuencas, en los cuales se puede determinar la pérdida anual de suelos a través de la siguiente regresión matemática.

$$y = a + bx$$

Donde: y = Pérdida de suelo (t/km^2 /año)

x = p^2/P

Aplicando la expresión se obtuvo la información del Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1

GRUPOS DE CUENCAS

Grupo	Condiciones	Ecuación Asociada
Cuenca A	$p^2/P < 20$ $Co < 6$	$y = 6,14 x - 49,78$
Cuenca B	$p^2/P > 20$ $Co < 6$	$y = 27,12 x - 475,40$
Cuenca C	$Co > 6$ Clima no Semiárido	$y = 52,49 x - 513,21$
Cuenca D	$Co > 6$ Clima Semiárido	$y = 91,78 x - 737,62$

Método de M. Djorovic

Este modelo para la medición de los caudales sólidos transportados por la red hidrográfica, fue desarrollado por M. Djorovic del Instituto Forestal de Industrias de la Madera de Belgrado, basado en otros estudios realizados en Godelica y Río Morava del Sur (Mintegui, López, 1990).

El modelo sirve para calcular la degradación en volumen de sedimentos por año, en cuencas no muy extensas y con características de torrencialidad. Sus principios matemáticos se basan en la concurrencia de parámetros tales como: precipitación, suelo, relieve y vegetación, incluyendo además un parámetro que estima la influencia del grado de erosión presente en la cuenca y el tipo de erosión predominante.

La ecuación que define este modelo es la siguiente:

$$W = T \times P \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times F$$

Donde: W : Caudal sólido (m³/año) (degradación específica de una cuenca).
 T : Factor de temperatura que queda definido por:

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10} + 1}$$

t₀ : temperatura media anual (°C)

P : Precipitación media anual en mm

π : 3,1416

F : Superficie de la cuenca en (km²)

Z : Coeficiente de erosión que refleja la intensidad y extensión del fenómeno erosivo de una cuenca, en función de la valoración de los factores suelo, vegetación y relieve, definido por:

$$Z = Y \times X \times (a + \sqrt{S})$$

Donde: Y : Coeficiente adimensional de erodabilidad del suelo que varía de 0,5 para los suelos con buena estructura menos erosionables, a 2,0 para arenas, gravas y suelos sueltos.

X : Coeficiente adimensional que cuantifica el estado de la cubierta vegetal y las prácticas de conservación de suelo.

a : Coeficiente adimensional que cuantifica el grado de erosión de la cuenca en estudio, sus valores oscilan de 0,1 para cuencas con procesos erosivos manifiestos en toda la superficie, hasta 0,2 para aquellos que presentan pequeños deslizamientos de márgenes dentro de la red de drenaje.

S : Pendiente media de la cuenca, como parámetro que representa el factor relieve (%).

Sin embargo se recomienda obtener el valor de Z por medio de un promedio ponderado en relación a la superficie, es decir, separar en subunidades que permitan una aproximación más certera de Z, siempre y cuando sea factible de

acuerdo a los objetivos del proyecto.

Luego la expresión ponderada de Z queda:

$$Z = \frac{\sum Z_i \times F_i}{F}$$

De acuerdo a los estudios efectuados con este modelo los valores de Z obtenidos dieron origen a una tabla de clasificación de los procesos erosivos en 5 categorías.

I	EROSION EXCESIVA	: 1,01 ≤ Z < 1,50
II	EROSION INTENSA	: 0,71 ≤ Z < 1,01
III	EROSION MEDIA	: 0,41 ≤ Z < 0,71
IV	EROSION DEBIL	: 0,20 ≤ Z < 0,41
V	EROSION MUY DEBIL	: 0,01 ≤ Z < 0,20

Modelo de Fleming

Este modelo de estimación de sedimentos en suspensión, fue desarrollado por Fleming en Estados Unidos y para ello utilizó datos de más de 250 cuencas en diferentes países del mundo.

En base a estos antecedentes definió una tasa media anual de transporte de sedimentos, en función del caudal medio anual y de los grados de cobertura vegetal.

La ecuación propuesta para esta estimación es:

$$Q_s = a \times Q^n$$

Donde: Q_s : Transporte medio anual en suspensión (t).
 Q : Caudal medio anual (m^3/s)
 a y n : Constantes

Fleming desarrolló los valores del Cuadro N° 2 para a y n, en función de la cobertura vegetal.

Cuadro N° 2

VALORES DE LAS CONSTANTES SEGÚN COBERTURA VEGETAL

Cobertura	n	a
Bosques de hoja ancha y coníferas	1,02	117,000
Bosques de coníferas y pastos altos	0,82	3,523
Pastos bajos y arbustos	0,65	19,260
Desierto y arbustos	0,72	37,760

Para el cálculo del caudal medio en cuencas sin datos, se pueden obtener los valores por medio de fórmulas empíricas, de las cuales existen un sin número en la literatura (Ayes, 1960). Se pueden encontrar distintas variantes para el cálculo del caudal, por esto es necesario saber de ante mano las condiciones en donde se van a aplicar y determinar la factibilidad de emplearlas en función de los requerimientos y deducción de cada una de ellas (Mintegui, Robredo, 1991).

Como ejemplo se puede usar la siguiente fórmula :

$$Q = \frac{P \times S \times e}{b}$$

- Donde: P : Precipitación anual (mm)
 S : Superficie de la cuenca (m²)
 e : Coeficiente de escorrentía.
 b : Número de segundos que posee un año (315.576 x 10⁵)

Este modelo puede arrojar errores de estimación de hasta un 50 %, por lo que su uso debe ser solo referencial.

CONCLUSIONES

- Todo modelo utilizado para estimar las pérdidas de suelo por efecto de las lluvias, debe comenzar por analizar las precipitaciones, tanto la intensidad, distribución, torrencialidad en períodos por lo general menores a 24 horas y sus valores extremos, para una serie de tiempo lo más completa posible.
- Las metodologías expuestas en este trabajo a excepción de la USLE y MUSLE, poseen la ventaja de no necesitar información que requiera de estudios relativamente acabados para su análisis.
- De estas metodologías cabe señalar que la de Fleming solo es recomendable para tener como referencia los sedimentos en suspensión en aquellas cuencas que no poseen datos y cuya superficie es pequeña.
- La de Fournier en tanto, no es recomendable para climas áridos, de características torrenciales y de superficies pequeñas, se recomienda para cuencas de superficie mayor o igual a 1.000 km².
- La determinación de la carga del lecho propuesta por Djorovic puede ser aplicada tanto en la superficie total de la cuenca como en partes de ella, ya que sus parámetros reflejan de mejor forma el proceso precipitación - escorrentía.
- Finalmente, como recomendación, se puede señalar que para que estas metodologías reflejen la realidad de los procesos erosivos en el país, es necesario realizar investigaciones que permitan calibrarlos para las distintas situaciones presentes, como también lograr implementar la ecuación universal de pérdida de suelo, de manera de poder comprender el fenómeno hídrico y sus consecuencias para el recurso suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayres, Q. 1960. La Erosión del Suelo y su Control. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. Omega 441 p.
- FAO. 1967. La Erosión del Suelo por el Agua. Roma, FAO. 207 p.

Ipinza, R. y Perret, S., 1991. El Impacto de la Erosión en Chile. Documento solicitado por las Comisiones Unidas de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente de la Cámara de Diputados. Chile, 20 p.

IREN-CORFO-CIFCA. 1978. Los Recursos Naturales. Curso Seminario sobre Metodología para el Desarrollo de Zonas en Desertificación.

López Cadena, F. y Blanco, M. 1968. Aspectos Cualitativos y Cuantitativos de la Erosión Hídrica y del Transporte y Depósito de Materiales. Madrid, España. Ed. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 190 p.

Mintegui, J.A. y López U., F., 1990. La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación. España. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 306 p.

Mintegui, J.A. y Robredo, J.C., 1991. Fundamentos Hidrológicos de la Preparación del Suelo para las Repoblaciones Forestales en Zonas Semiáridas, con Precipitaciones de Carácter Torrencial. E.T.S.I. Montes, Madrid, España. 25 pág. (Apuntes).

Peña, L., 1989. Hidrología y Manejo de Cuencas. Curso de Perfeccionamiento. Chile. 82 pág. 24 Abril - 6 Mayo Chillán. U. de Concepción, Fac. de Ciencias Agropecuarias y Forestales.



AVANCES SOBRE EL CIZALLE EN UNIONES DE *Pinus radiata* D. Don. Hernán Poblete W., Ing. Forestal, Dr. Cs. Forestales. Instituto Tecnología de Productos Forestales. U. Austral de Chile.

INTRODUCCION

Con el objeto de incorporar cada vez un mayor valor a los productos de madera y para entregar una mejor calidad, en Chile se están desarrollando nuevos productos, entre los cuales se encuentran los tableros enlistonados. Estos tableros, llamados también "blocks", están compuestos por tablillas de madera que se encuentran unidas por medio de un adhesivo. Se emplean como producto base para la fabricación de muebles y requieren de un control permanente de la calidad de las uniones producidas. Actualmente las normas utilizadas para efectuar este control son las normas alemanas DIN 68 602, "Evaluación de Adhesivos para Unir Maderas y Productos Derivados de Madera", y DIN 53 254, "Determinación de la Adhesión de Uniones Longitudinales por Cizalle".

Al examinar las normas DIN se observa que los valores de resistencia exigidos a las uniones, están referidos a los que se puedan obtener con madera de Haya (*Fagus sylvatica*). Debido a lo anterior se decidió comparar la resistencia de probetas sin la unión con las probetas normales. Ambos tipos de probetas fueron obtenidos de los mismos paneles. De esta manera se controlarían las diferencias existentes entre los adhesivos y se verificaría si las exigencias de la norma sirven para el caso del *Pinus radiata*, ya que no se conoce el comportamiento de esta madera luego de los tratamientos que exige la norma.

MATERIAL Y METODO

Para realizar este estudio se elaboraron tableros con madera de pino insigne con un contenido de humedad promedio de 9% al momento de ser encolada. Los tableros se fabricaron utilizando tres adhesivos de polivinil acetato (PVA) formulados para uso en exteriores, que comercializan tres firmas diferentes en el mercado nacional. El encolado y fraguado de los adhesivos se realizó en una planta comercial de blocks.

Los ensayos se realizaron de acuerdo con las normas ya citadas. En ellas se distinguen los siguientes grupos de calidad:

- B1 Para interiores secos
- B2 Para interiores húmedos (ej. cocinas, baños)
- B3 Para interiores con períodos cortos de alta humedad, (ej. puertas, ventanas, escalas)
- B4 En interiores con variaciones drásticas del ambiente y acción del agua (cabinas de duchas, instalaciones en piscinas). También para exteriores expuestos (ventanas, puertas, escalas, etc.).

Tomando en consideración las características de los adhesivos empleados en el presente estudio, se aplicó el método de evaluación para la clase B4. Las exigencias de resistencia para los distintos tratamientos de envejecimiento y una descripción de éstos se presenta en el Cuadro N°1.

CUADRO N° 1

TIPOS DE TRATAMIENTO Y RESISTENCIA MINIMA
EXIGIDA POR DIN 68 602 TIPO B4

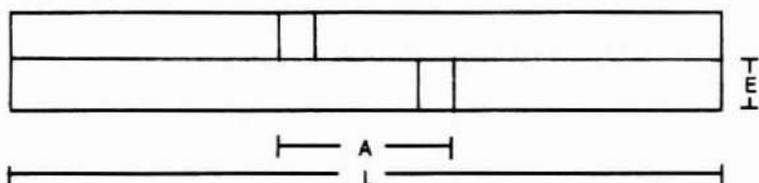
Exigencia (N/mm ²)	Tratamiento	
	N°	Características
> 10	1	7 días climatizado DIN 50 014
> 2	2	7 días climatizado DIN 50 014
> 4	3	4 días agua fría 7 días climatizado DIN 50 014
> 8	4	6 horas en agua hirviendo 2 horas en agua fría 7 días climatizado DIN 50 014
		6 horas en agua hirviendo 2 horas en agua fría 7 días climatizado DIN 50 014

La forma de las probetas correspondió a la estipulada por la norma y se describe en la Figura N°1.

Las probetas se confeccionaron con la dirección de las fibras paralelas al eje mayor de la probeta. El corte transversal, ranura, se realizó con precisión hasta la línea de cola. Las probetas no presentaban nudos u otros defectos.

En el caso de las probetas sin unión, éstas se confeccionaron exactamente igual a las ya descritas y se sometieron a los mismos tratamientos de envejecimiento que considera la norma. El corte transversal se efectuó hasta el centro de la probeta, originando un plano de cizalle en el que no existe una unión con adhesivo. Las dimensiones de estas probetas fueron exactamente iguales a las con unión. El aspecto de la probeta sin unión quedó como se muestra en la Figura N°2.

Vista lateral



Vista de la cara



L: Largo total	150 +/- 1,0 mm
A: Ancho entre cortes	10 +/- 0,1 mm
E: Espesor de las tabillitas	5 +/- 0,1 mm
D: Ancho de la probeta	20 +/- 0,1 mm

Figura N° 1 FORMA DE LAS PROBETAS

Vista lateral

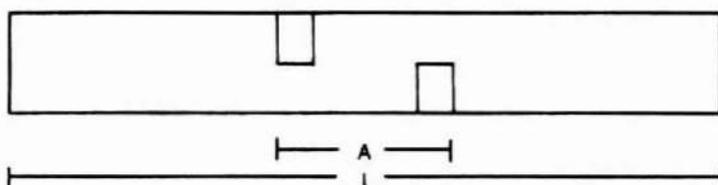


Figura N° 2 FORMA DE LA PROBETA SIN UNION

En total se ensayaron 200 probetas, 50 por cada tipo de adhesivo y 50 sin unión.

RESULTADOS

Un resumen de los resultados de los ensayos se presentan en el Cuadro N° 2. En general se observa que los paneles confeccionados con el adhesivo 1 cumplen con la norma en todos los tratamientos. El adhesivo 2 no cumple con los requisitos del primer tratamiento (10 N/mm²), por lo tanto estos tableros no podrían ser calificados para la clase B4. Lo mismo ocurre con el adhesivo 3, el cual falla en los últimos dos tratamientos.

Cuadro N° 2

**RESISTENCIA AL CIZALLE DE LOS DIFERENTES
TIPOS DE ADHESIVO Y DE LAS PROBETAS SIN UNION,
LUEGO DE LOS 4 TRATAMIENTOS EXIGIDOS POR LA NORMA DIN.
(N / mm²)**

Tratamiento	Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Sin Unión
1 Promedio	10,61	8,97	11,05	11,06
Máximo	14,94	12,75	14,60	17,55
Mínimo	7,66	5,48	7,30	6,09
Desv. Estándar	1,931	1,467	1,952	2,837
2 Promedio	3,38	2,73	4,68	10,83
Máximo	5,73	4,59	9,69	15,92
Mínimo	1,73	1,27	2,03	5,32
Desv. Estándar	1,004	1,027	1,985	2,548
3 Promedio	5,67	4,48	3,33	10,37
Máximo	11,18	7,36	6,54	15,01
Mínimo	3,71	3,30	1,12	6,85
Desv. Estándar	1,849	1,028	1,438	2,026
4 Promedio	10,60	9,69	6,01	11,59
Máximo	14,25	16,18	10,04	19,22
Mínimo	6,95	4,16	2,43	5,68
Desv. Estándar	2,019	2,712	2,100	2,960

Al analizar los resultados obtenidos con las probetas sin unión se pudo determinar que al ser ensayadas según el tratamiento 1 (7 días de climatizado) la variabilidad de los resultados (desviación estándar 2.837) es mayor que la obtenida en las probetas con unión. Si se tiene presente que la resistencia promedio de las probetas sin unión es 11.06 N/mm², se verifica que la norma

exige un valor de cizalle que puede ser más alto que la resistencia de la madera de pino insigne. Lo anterior es importante ya que puede ocurrir que los paneles no cumplan con la norma por causa de la madera y no por falla de la unión. En esta situación podría encontrarse el adhesivo N° 2 de los ensayos.

Al someter las probetas a los tratamientos 2, 3 y 4 la madera de pino insigne sin unión da resistencias promedio y desviaciones estándar que permiten esperar que la madera cumpla con las exigencias de la norma.

Los resultados obtenidos en las probetas sin unión, demuestran que al controlar un panel de este tipo, si no se cumple con la norma en los tratamientos 2, 3 y 4 se trata de una falla atribuible al adhesivo.

Para poder hacer comparaciones entre los tratamientos se realizaron análisis de varianza, los que dieron los resultados que se presentan a continuación.

En el tratamiento 1 la muestra sin unión no es significativamente diferente de los adhesivos 1 y 3. El adhesivo 2 es significativamente diferente a los otros ensayos, con una resistencia más baja. Los adhesivos 1 y 3 no presentan diferencias significativas entre ellos.

En el tratamiento 2 el grupo sin unión es significativamente diferente al resto y registra los valores más altos de cizalle. Para un nivel de confianza de 0.01 el adhesivo 1 no presenta diferencias significativas con los adhesivos 2 y 3. El adhesivo 1 y el 3 presentan diferencias al nivel 0.05. El adhesivo 2 es diferente e inferior al 3.

En el tratamiento 3 la muestra sin unión es significativamente diferente y superior a las probetas con adhesivo. El adhesivo 3 es diferente e inferior a los adhesivos 1 y 2. Entre los adhesivos 1 y 2 existen diferencias al nivel de 0.01 pero son iguales a un nivel de 0.05.

En el tratamiento 4 las probetas sin unión dan resultados que no son significativamente diferentes al adhesivo 1. La muestra sin unión es diferente y mayor a los adhesivos 2 y 3. El adhesivo 3 es significativamente inferior a todos los otros tipos ensayados.



CONCLUSIONES

A modo de conclusiones se puede indicar que la norma DIN 68 602 en su tratamiento 1 presenta una exigencia que resulta ser muy alta para el caso del pino insigne.

Para poder determinar si la falla se produce por causa del adhesivo, sería conveniente realizar un examen de la adhesión por planos expuestos, como se efectúa en la norma británica BS 6566 para contrachapados.

Los valores de cizalle obtenidos luego de los tratamientos 2 y 3 de la norma DIN demuestran que no habría inconvenientes para evaluar los resultados ya que la madera prácticamente no se ve afectada por el tratamiento, mientras que las uniones con adhesivo descienden a menos de un 50% de la resistencia original.

El tratamiento 4 de la norma tiene una exigencia de 8 N/mm² lo que da un cierto margen de seguridad para atribuir las fallas al adhesivo antes que a la madera. Para este caso también resulta recomendable la aplicación de un test de falla del plano expuesto.

Adicionalmente se pudo constatar que existen diferencias entre los adhesivos de PVA que se estudiaron y que algunos de ellos dan resultados iguales a los de la madera cuando la determinación se efectúa luego de un climatizado, sin tratamiento de envejecimiento.

RECONOCIMIENTOS

Para este trabajo se contó con la colaboración de la empresa Aserraderos Aragón S.A., a través del Ingeniero Sr. K. Hellemann, y del Sr. Luis Inzunza D., Técnico Forestal del Instituto de Tecnología de Productos Forestales de la Universidad Austral de Chile, quien preparó y realizó las determinaciones de laboratorio.

NORMAS CITADAS

BS 6566. 1985. British Standar. Plywood. Part 8. Specification for bond performance of veneer plywood. pp.7-9.

DIN 68 602. 1988. Beurteilung von Klebstoffen zur Verbindung von Holz und Holzwerkstoffen. Holzfasserplatten, Spanplatten, Sperrholz. DIN-Taschenbuch. BEUTH Verlag. Berlin. pp. 100-101.

DIN 53 254. 1987. Prüfung von Holzklebstoffen. Bestimmung der Klebfestigkeit von Längsklebung im Scherversuch. Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN. 6 p.



FUNCION DE VOLUMEN Y ALTURA / DIAMETRO PARA MONTE BAJO DE *Eucalyptus globulus* EN LA PROVINCIA DE LIMARI, IV REGION. Alberto Peña Comejo. Ingeniero Forestal, Corporación Nacional Forestal. IV Región, La Serena.

RESUMEN

*A partir de los datos obtenidos durante la cosecha de un bosque pequeño de **Eucalyptus globulus**, situado cerca de Ovalle, IV Región, se logra construir funciones de Altura y Volumen para monte bajo, aplicando modelos lineales y simples y establecer un análisis comparativo entre los distintos modelos aplicados.*

La mejor función para la Altura correspondió a:

$$H = -21,92110476 + 13,68965982 \ln DAP$$

Luego de la corrección del sesgo variable determinado en el análisis de bondad de ajuste, quedó definida como:

$$H = -24,80068023 + 17,42034911 \ln DAP$$

La mejor función para el volumen correspondió a:

$$V = 0,037209753 + 0,00002662916735 (DAP)^2 H$$

Sin embargo, se sugiere utilizar, dependiendo de condiciones de medición de H, la siguiente función:

$$V = -0,053692893 + 0,0008713354484 (DAP)^2$$

Es necesario considerar que las funciones de volumen se elaboraron sólo con 20 árboles por lo que su consistencia estadística puede ser baja y su aplicabilidad tiene un carácter muy local.

INTRODUCCION

En la actualidad no se conocen relaciones funcionales que expliquen el volumen de **Eucalyptus globulus** como variable dependiente del DAP (Diámetro a la altura del pecho) y/o la Altura, para bosques o bosquetes en la provincia de Limarí, IV Región de Coquimbo. Además de lo anterior, no se conoce de relaciones funcionales determinadas para Monte Bajo de **Eucalyptus globulus**, siendo eso si probable la existencia de Tablas de Volumen elaboradas mediante Método Gráfico para Monte Alto en la Región

La demanda creciente por los productos procedentes de los bosques y bosquetes de **Eucalyptus globulus** requiere contar con instrumentos de estimación del crecimiento y del rendimiento que alcanzan los diversos rodales de la especie en la zona. De acuerdo a la información disponible en la Corporación Nacional Forestal (CONAF), la existencia de bosquetes de **Eucalyptus sp** para la provincia de Limarí alcanza a 722,9 ha (CONAF, 1990). Por otra parte, un estudio de estimación del consumo de leña por parte de las principales agroindustrias regionales indicó una demanda anual de varios miles de toneladas. A lo anterior sería necesario agregar la demanda asociada a la plantación de 11.030 ha de parronales en la IV Región (INE, 1990), que equivale a una cantidad aproximada de 11 millones de postes, rodrigones, tutores, etc., dependiendo de la calidad de la madera, la aplicación de tratamientos de preservación apropiados, las condiciones de manejo del mismo parronal, etc.,

Esta superficie de parronales requiere de una reposición estimada de los postes al menos cada 8 - 10 años (sería importante poder determinarlo para precisar proyecciones de demanda).

Además de todo lo anterior también hay que considerar la demanda de leña para uso doméstico, que se estima fluctúa entre 80.000 a 140.000 t/año (Peña, 1991), la cual con la especie **Eucalyptus globulus** u otra del género se puede satisfacer adecuadamente.

Considerando globalmente la demanda actual y eventuales demandas potenciales relacionadas con el consumo de la II y III Regiones (minería,

agroindustrias y parronales), se hace muy necesario contar con relaciones volumétricas, de peso, o de unidades de consumo (postes, metros ruma, etc.) que faciliten las valorizaciones de los bosques.

El presente trabajo entrega la relaciones funcionales para un bosque de **Eucalyptus globulus** ubicado en Ovalle, provincia de limarí, IV Región.

MATERIAL Y METODO

Los datos fueron obtenidos de un pequeño bosque de monte bajo de **Eucalyptus globulus**, ubicado en un terreno de suelos aluviales y establecido alrededor de 1945, no obstante, había también algunos rodales más recientes (1978). La mayoría de los rodales habían sido ya explotados y los árboles actuales representan desde una segunda hasta una quinta rotación.

La superficie total del bosque es cercana a 20 ha y se distribuyeron en esta al azar 18 parcelas rectangulares de 1/20 ha (unidades de muestreo).

En cada parcela se midieron los diámetros a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles, con huincha diamétrica en cm, y las alturas (H), con hipsómetro y en m, de los 6 árboles centrales. Para este efecto, se consideró como árbol cada uno de los retoños procedentes de un mismo tocón, ya que se consideró que poner el volumen en función del diámetro de los tocones y de la altura conduciría a errores dada la gran variabilidad del bosque (no se aprecia ningún criterio de manejo en las explotaciones anteriores). Para este efecto se consideró como base del árbol la zona de nacimiento desde el tocón.

Con las mediciones de los árboles de las 18 parcelas, se elaboró una tabla de rodal para conocer la distribución diamétrica del bosque. A partir de ésta se definieron las clases diamétricas, considerando un diámetro menor de 7,5 cm y uno mayor de 74,8 cm. Así se definieron 23 rangos de diámetro que incorporaron los 705 DAP medidos y agrupados en frecuencia según el valor clase correspondiente. Esta frecuencia permitió ponderar los árboles muestras a voltear por clase diamétrica. De este modo y de acuerdo con el propietario del bosque, se decidió voltear 20 árboles a los cuales se les efectuaron las siguientes mediciones:

- a) DAP (cm)
- b) Altura Total (m)
- c) Altura Comercial (hasta IU de 7,5 cm) (m)
- d) Diámetro cada 2,2 m (cm)

Se definió el IU (Índice de Utilización) en 7,5 cm pensando en el diámetro inferior límite para rodrgones o rollizos de metro ruma.

Con las mediciones de diámetro cada 2,2 m se obtuvo posteriormente el volumen cúbico de cada troza (m³) aplicando la formula de Smalian.

Análisis Estadístico

Todas las observaciones obtenidas se analizaron en dos etapas:

- Relaciones Altura / Diámetro
- Relaciones Volumen / Diámetro / Altura

Relaciones Altura / Diámetro

Con las 108 mediciones de DAP y altura realizadas a los 6 árboles centrales de las 18 parcelas, se elaboró un diagrama en papel milimetrado a fin de obtener una estimación gráfica de la tendencia en la nube de puntos definida. Este diagrama de dispersión se comparó con los gráficos de curvas que presentan las tablas Larsen a fin de asociar la dispersión de puntos con algún modelo conocido.

Los modelos que más se aproximan son:

- 1) Logarítmico $H = a + b \ln \text{DAP}$
- 2) Recto $H = a + b \text{DAP}$
- 3) Parabólico (cúbico) $H = a + b (\text{DAP})^{1/3}$
- 4) Semiparabólico $H = a + b (\text{DAP})^{1/2}$

Todos los modelos son lineales (Gujarati, 1983) respecto de los coeficientes y corresponden a regresiones simples que proceden del modelo general:

$$Y = a + b X$$

Donde: $Y = H$ (Altura)

$X_1 = \ln \text{DAP}$

$X_2 = \text{DAP}$

$X_3 = (\text{DAP})^{1/3}$

$X_4 = (\text{DAP})^{1/2}$

Los datos fueron procesados en una calculadora Casio fx-100 C, la cual contiene una rutina de regresión simple. Si se hubiera dispuesto de un programa de regresión paso a paso (Stepwise) se habrían podido probar otras cofunciones de la variable independiente e incluso jugar con regresiones múltiples.

Relaciones Volumen / Diámetro / Altura

Con los volúmenes (con corteza) de los 20 árboles volteados se elaboraron diagramas que los relacionan con el DAP y/o la altura total y usando similar procedimiento que para las relaciones altura / diámetro se identificaron los siguientes modelos:

- | | |
|-------------------|--|
| 1) Parabólico | $V = a + b (\text{DAP})^2 H$ (o de variables combinadas) |
| 2) Logarítmico | $V = a + b \ln \text{DAP}$ |
| 3) Semiparabólico | $V = a + b (\text{DAP})^{1/2}$ |
| 4) Parabólico | $V = a + b (\text{DAP})^2$ |

Todos los modelos son lineales y simples. El modelo 1), también conocido como de variables combinadas, se probó ya que normalmente, para otras situaciones, entrega ajustes de buena precisión y exactitud. Aquí también el modelo general es del tipo:

$$Y = a + b X$$

Donde: $Y = V$ (Volumen)

$X_1 = (DAP)^2 H$

$X_2 = \ln DAP$

$X_3 = (DAP)^{1/2}$

$X_4 = (DAP)^2$

Bondad del Ajuste del Modelo

Adicionalmente, dado que se disponía de 20 mediciones de altura en árboles volteados (esta altura se midió con huincha de distancia en el suelo), se hizo una comparación de la calidad del modelo estimador de alturas en relación a estos 20 datos reales. Para esto se usó el procedimiento descrito por Vallejos (1979), que consiste en contrastar la altura estimada (HE) con la altura real (HR). La situación que se obtiene se indica en la Figura N° 1.

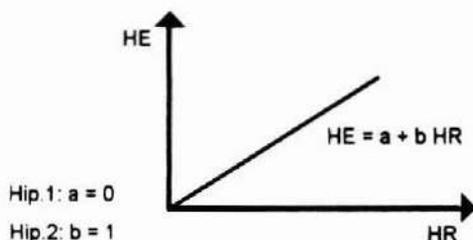


Figura N° 1. Relación Altura Estimada - Altura Real.

Las hipótesis se prueban mediante t de student aplicada a los coeficientes de regresión. Si se cumplen ambas hipótesis el ajuste es exacto y preciso. Al no cumplirse las hipótesis las posibilidades del sesgo son:

- HE sobrestima a HR en todo el recorrido de la función.
- HE subestima a HR en todo el recorrido de la función.
- HE sobrestima a HR en la primera parte del recorrido de la función y luego subestima.
- HE subestima a HR en la primera parte del recorrido de la función y luego sobrestima.

En cualquier caso la función original de la HE se puede corregir aplicando la función inversa de $HE = f(HR)$ una vez verificada la significación de las diferencias en los coeficientes (Vallejos, 1979).

Finalmente, los resultados de las relaciones funcionales obtenidas indican el modelo, los coeficientes de regresión, el coeficiente de determinación (R^2), expresado en porcentaje, y el error estándar de estimación, expresado como porcentaje de la media del volumen SYX (%) (Douglas, 1976).

Instrumentos

- 1 huincha de distancia de 50 m.
- 1 huincha diamétrica
- 1 hipsómetro Haga
- 1 calculadora Casio fx - 100 c.

RESULTADOS

Relaciones Altura / Diámetro

Cuadro N° 1

RELACIONES ALTURA / DIAMETRO

Modelo	Coeficientes Regresión		Coeficiente Determ.	Error Estandar
	A	B	$R^2 \times 100$	SY x %
1) $H = a + b \ln DAP$	-21,92110476	13,68965982	74,0	19,5
2) $H = a + b DAP$	6,968763817	0,541558219	62,6	24,0
3) $H = a + b (DAP)$	-20,90902794	14,53202019	71,0	20,6
4) $H = a + b (DAP)^{1/2}$	-5,941301485	5,431820924	67,0	21,9

El mejor modelo es:

$$H = a + b \ln \text{DAP}$$

$$H = -21,92110476 + 13,68965982 \ln \text{DAP}$$

Donde: H = Altura (m)

DAP= Diámetro Altura Pecho (cm)

Relaciones Volumen / Diametro / Altura

Cuadro N° 2

RELACIONES VOLUMEN / DIAMETRO / ALTURA

Modelo	Coeficientes Regresión		Coefficiente Determ.	Error Estandar
	A	B	R ² x 100	SY x %
1) V= a + b DAP ² H	0,037209753	0,00002662916	93,5	26,8
2) V= a + b Ln DAP	-2,550689919	1,038526301	74,0	53,9
3) V= a + b (DAP) ^{1/2}	-1,582905433	0,460071001	80,0	46,7
4) V= a + b (DAP) ²	-0,053692893	0,00087133545	91,6	30,4

El mejor modelo es :

$$V = a + b (\text{DAP})^2 H$$

$$V = 0,037209753 + 0,00002662916735 (\text{DAP})^2 H$$

Donde: V = Volumen (m³)

DAP= Diámetro Altura Pecho (cm)

H = Altura (m)

Bondad del Ajuste del Modelo

Cuadro N° 3

Bondad del Ajuste del Modelo

Modelo	Coeficientes Regresión		Coefficiente Determ.	Error Estandar
	A	B	$R^2 \times 100$	SY x %
HE = a + b HR	2,431663214	0,785843023	74,2	19,8

Es decir, la función sobrestima las alturas inferiores y subestima las alturas mayores. Los Coeficientes a y b fueron significativamente distintos de 0 y de 1 respectivamente.

Por lo tanto, la función corregida de $H = f(\text{DAP})$ sería la resultante de :

$$\begin{array}{cc} (\text{HE} = a + b \text{Ln DAP}) & - & (\text{HE} = a_1 + b_1 \text{HR}) \\ \text{Función original} & & \text{Función ajuste} \end{array}$$

es decir :

$$H = - 24, 80068023 + 17,42034911 \text{Ln DAP.}$$

Esta sería la función que permitiría determinar H, a partir del DAP, para introducirla en la función de volumen.

CONCLUSIONES

La función altura / diámetro, construida a partir de las mediciones de los 6 árboles de cada parcela, muestra sesgos variables al someterla al análisis de bondad de ajuste y ello probablemente se deba a imprecisión del instrumento de medición más que a la calidad del modelo (es necesario tener en cuenta que la función se construye con los datos de las 18 parcelas, es decir con 108 pares de datos, lo que se cree conforma una base consistente). Si ello fuese así,



debiera tenerse cuidado al utilizar las funciones asociadas. Si no hubiere certeza de contar con un buen instrumento se sugiere utilizar para función de volumen el modelo $V = a + b (DAP)^2$ que alcanza el segundo lugar como calidad de función.

La función de volumen de variables independientes combinadas ($V = a + b (DAP)^2 H$) resulta ser la que mejor explica el volumen del árbol (el más alto coeficiente de determinación) y muestra el menor error estándar de estimación; es más segura, al menos 3,6 puntos mejor que la que sigue. Sin embargo, esta función depende de la medición de H, variable que normalmente se mide en forma imprecisa ya sea por el tipo de instrumento, la visibilidad y/o la experiencia de la persona que mide, por lo cual su mejor calidad como modelo se ve atenuada por esta condición. El segundo modelo en calidad es $V = a + b (DAP)^2$, en el cual no se aprecia una diferencia sustancial en coeficiente de determinación y error estándar de estimación al compararlo con el modelo anterior. Este segundo modelo es más fácil de aplicar pero es probable que tenga una expresión sumamente local.

Se considera que es apropiado aplicar los modelos al monte bajo de **Eucalyptus globulus**, pero tomando a cada retoño como si fuese un árbol aislado, como se hizo en esta oportunidad. Esta observación cobra mayor importancia cuando se trata de bosques no manejados en los cuales será muy difícil encontrar una asociación entre el diámetro de tocón, por ejemplo, y el volumen.

Resulta interesante haber constatado que la elaboración de funciones de volumen no resulta ser de una complicación mayor y que los datos básicos se pueden lograr poniéndose de acuerdo con un propietario que vaya a realizar la cosecha de su bosque. La recopilación de la información básica del volumen, sólo tomó un día a dos personas en este caso.

BIBLIOGRAFIA

CONAF, 1990. Determinación Cualitativa y Cuantitativa del Recurso **Eucalyptus** en las Provincias de Elqui y Limarí. Corporación Nacional Forestal IV Región. 60. p.

Douglas, P. C., 1976. Método de Descuento de Volumen por Concepto de Defectos para Algunas Especies del Bosque Nativo. Tesis Universidad Austral de Chile. Fac. de Ingeniería Forestal. Valdivia. 113 p.

Gujarati, D., 1983. Econometría Básica. Mc Graw-Hill. 463 p.

INE, 1990. Informe Estadístico 1989-1990. Instituto Nacional de Estadísticas. IV Región. 88 p.

Peña, C. A., 1991. La Dendroenergía en la Problemática del Desarrollo Rural : la Silvicultura Familiar, una respuesta alternativa. En Seminario: La problemática de la Dendroenergía en el Desarrollo Rural. Universidad de Chile. 13.p.

Vallejos, S. J., 1979. Un Método para Evaluar la Exactitud de la Función de Volumen. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 75. 24 p.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

El Instituto Forestal edita regularmente diversas publicaciones técnicas referidas a Estadísticas Básicas, Estudios de Mercado, Estudios Sectoriales, Precios de Productos Forestales, Silvicultura del Bosque Nativo y de Plantaciones, Construcción en Madera, Especies Forestales Exóticas, entre otros temas. En esta oportunidad se entregan antecedentes de 3 publicaciones recientes y de interés, disponibles para consulta o adquisición en las oficinas de INFOR (Huérfanos 554) y en Concepción (Barros Arana 121).

1. a) **PRECIOS DE PRODUCTOS FORESTALES CHILENOS.** Actualizados a Diciembre de 1991. Boletín Estadístico N:25. Febrero de 1992.
- b) **BOLETIN DE PRECIOS FORESTALES.** Año 6 N:30. Febrero 1992
- c) **BOLETIN DE PRECIOS FORESTALES.** Año 6 N: 31. Abril 1992
- d) **BOLETIN DE PRECIOS FORESTALES.** Año 6 N:32. Junio 1992

Con parte de la información que se recopila en el desarrollo del proyecto Inventario y Mantención de Estadísticas Básicas del Sector Forestal, se publican los boletines indicados. El primero de éstos se edita semestralmente y contiene un breve análisis del mercado interno y externo de productos forestales y las series estadísticas de precios, de los principales productos del sector, en ambos mercados. Los restantes boletines se publican cada dos meses y contienen los precios actualizados de insumos y productos forestales.

2. **ESTADISTICAS FORESTALES 1991.** Boletín Estadístico N:26, Julio 1992 (en prensa).

Publicación anual del proyecto Inventario y Mantención de Estadísticas Básicas del Sector Forestal, que caracteriza y dimensiona la actividad sectorial, mediante los indicadores macroeconómicos, la información sobre el recurso forestal, el consumo y la producción, las exportaciones, las series de precios, el transporte y otros antecedentes.

3. **EXPORTACIONES FORESTALES CHILENAS.** Enero - Diciembre 1991. Boletín Estadístico N:24.

Publicación mensual acumulativa anual, que registra el volumen y el valor de todas las exportaciones del sector, según producto, exportador y país de destino. Entrega información tan detallada como el listado Exportador - Producto, que proporciona información sobre volúmenes y productos exportados por cada exportador, y el listado de Exportaciones Forestales Mensuales, que indica volumen y valor de las exportaciones por producto y mes.

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, informes 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 Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. Si es necesario se podrán incluir adicionalmente Apéndices y Anexos.

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

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

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

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

En Material y Método se explicará cuidadosamente como se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de la metodología aplicada y los materiales empleados en las investigaciones y estudios que han dado origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original se deberán citar con claridad las 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 tres espacios (sangría). No se numerarán páginas.

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

En la primera página se incluirá el Título en mayúsculas, 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 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 tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

Los cuadros no deberán repetir información proporcionada en el texto, estarán enmarcados en línea simple y centrados, se numerarán correlativamente y en letras mayúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando un espacio entre el título y el marco. Tablas y otras formas similares de mostrar 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 Figura N°. Además, cuando la información que se presenta en cuadros o figuras no es original, se citará la fuente correspondiente al pie del marco, en letra corriente, en minúsculas y entre paréntesis. Información esta que, además se anotará completa en el punto Referencias. Si son necesarias aclaraciones de símbolos u otros elementos de cuadros y figuras se procederá de igual forma que con los antecedentes referentes a la fuente de información.

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que 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 abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por la norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará en todo caso el sistema métrico decimal.

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicado donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al 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 4° piso. Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 5¼” 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 poliéster, 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.



instituto forestal