

Tabla VIII-18 : Eucalyptus globulus
 Tipo: Volumen Cúbico Total (m³ ssc)
 Localidad: Leonera, Tomé, VIII Región
 Tipo de Monte: Alto
 Autor: Hernandez y Morales (1985)

DAP cm	CLASES DE ALTURA TOTAL EN METROS																						
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50		
10			.070	.068	.065																		
12			.091	.092	.093																		
14			.117	.121	.126	.131	.135	.140															
16			.146	.155	.164	.173	.181	.190															
18			.180	.193	.207	.220	.234	.248															
20								.312	.330	.349	.368												
22								.382	.407	.432	.457												
24											.554	.585	.616										
26											.659	.697	.735										
28											.773	.818	.864										
30													1.003	1.057	1.111	1.165							
32													1.151	1.213	1.276	1.339							
34													1.308	1.380	1.452	1.524	1.596	1.668					
36													1.475	1.557	1.639	1.721	1.802	1.884					
38													1.652	1.744	1.836	1.928	2.021	2.113					
40																2.148	2.251	2.354					
42																2.378	2.492	2.607					
44																		2.873	2.999	3.126	3.253		
46																		3.151	3.290	3.430	3.569		
48																		3.441	3.594	3.746	3.899		
50																		3.744	3.910	4.077	4.243		
52																		4.059	4.240	4.420	4.601		
54																					4.973		
56																						5.359	
58																						5.759	
60																						6.174	
62																						6.602	
64																						7.044	
66																						7.501	
68																						7.971	
70																						8.455	

$V = 0.0850803 - 0.00460581 H + 0.0000351046 DAP^2 H$
 $r = 0.9550$
 $SE = 0.0993$

n = 254
 DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
 H = Altura total (m)

Tabla VIII-19: Eucalyptus globulus
 Tipo: Volumen Cúbico Fuste (m³ ssc)
 Diámetro Límite de Utilización: 10 cm
 Localidad: Leonera, Tomé, VIII Región
 Tipo de Monte: Alto
 Autor: Hernandez y Morales (1985)

DAP cm	ALTURA TOTAL EN METROS																				
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
10	.018	.022	.026	.031	.035																
12	.027	.034	.041	.048	.055																
14	.039	.049	.059	.069	.079	.089															
16	.054	.067	.080	.094	.108	.123															
18		.089	.106	.125	.144	.163	.182														
20		.114	.137	.160	.184	.209	.234														
22		.143	.172	.201	.231	.262	.294	.326	.358												
24			.211	.247	.284	.322	.361	.400	.440	.481											
26				.299	.344	.390	.437	.484	.533	.582	.632										
28					.410	.465	.521	.578	.635	.694	.753	.813									
30					.484	.548	.614	.681	.749	.818	.888	.958	1.030								
32						.639	.716	.794	.873	.953	1.035	1.117	1.201	1.285							
34							.827	.917	1.008	1.101	1.195	1.290	1.387	1.484	1.583						
36								1.050	1.155	1.261	1.369	1.478	1.589	1.701	1.814	1.928					
38									1.313	1.434	1.557	1.681	1.807	1.934	2.062	2.192	2.323				
40										1.620	1.759	1.899	2.041	2.185	2.330	2.476	2.624	2.773			
42											1.975	2.133	2.292	2.454	2.616	2.781	2.947	3.115	3.284		
44												2.382	2.560	2.741	2.923	3.106	3.292	3.479	3.668	3.858	
46																3.453	3.659	3.867	4.077	4.288	4.502
48																3.820	4.048	4.279	4.511	4.745	4.981
50																4.210	4.461	4.715	4.971	5.229	5.489
52																4.621	4.897	5.176	5.457	5.740	6.025
54																	5.357	5.662	5.969	6.279	6.591
56																	5.841	6.173	6.508	6.846	7.186
58																	6.349	6.710	7.075	7.442	7.812
60																	6.882	7.274	7.669	8.067	8.468
62																	7.440	7.864	8.290	8.721	9.154
64																	8.024	8.480	8.941	9.405	9.872
66																	8.633	9.124	9.619	10.12	10.62
68																	9.268	9.795	10.33	10.86	11.40
70																	9.930	10.49	11.06	11.64	12.22

$Ln(V s/c) = -12.251 + 1.18896 Ln DAP^2 H$
 $r = 0.9539$
 $SE = 0.1119$

$n = 254$
 DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
 H = Altura total (m)

Funciones de Crecimiento

Para las Regiones V y VIII se han desarrollado diversas funciones para la estimación del crecimiento de *Eucalyptus globulus*, tanto en diámetro y altura como en volumen.

Ribalta (1983) determinó funciones de crecimiento para monte bajo en la zona de San Antonio, V Región; Rojas y Hernández (1982) desarrollaron funciones para monte alto en la

zona de Tomé, VIII Región; y Díaz (1984) definió funciones para monte alto en la zona de Lota, VIII Región.

En el Cuadro VIII-4 se indican las funciones, mencionándose autor, zona y otros antecedentes, y en los Cuadros VIII-5 y VIII-6 se tabulan los crecimientos estimados mediante cada una de estas funciones.

CUADRO VIII-4
FUNCIONES DE CRECIMIENTO EUCALYPTUS GLOBULUS

SITIO	TIPO DE MONTE	CRECIMIENTO	r	n	FUENTE
San Antonio V Región	Monte Bajo	a) En diámetro $D c/c = 0,408949 + 1,558195 E$ $D s/c = 1,46289 E$	0,9994 0,9998	384 383	Ribalta (1983)
		b) En altura $E^2/H = 0,119565 + 0,347013 \cdot E + 0,014540 E^2$	0,9930	383	
		c) En volumen $V c/c = 0,000667 \cdot E^{2,339192} \cdot e^{0,031371 \cdot E}$	0,9991	384	
		$V s/c = 0,000574 \cdot E^{2,285481} \cdot e^{0,034022 \cdot E}$	0,9990	384	
Colcura Lota VIII Region	Monte Alto	a) En diámetro $1/D s/c = 0,0178 + 0,1577 \cdot 0,7899^{(R/2-1)}$ $D c/c = 0,1308 + 1,1035 \cdot Ds/c$	0,9939	24	Díaz (1984)
		b) En altura $H = 64,4902 - 60,3814 \cdot 0,9312^{(R/2-1)}$	0,9965	24	
		c) En volumen $1/V s/c = 0,2097 + 7,4387 \cdot 0,6991^{(R/2-5)}$	0,9894	21	
Leonera Tomé VIII Region	Monte Alto	a) En diámetro $D c/c = -4,44275 + 7,77338 \sqrt{E}$ b) En altura $H = -10,28494 + 11,58924 \sqrt{E}$	0,949 0,973	- -	Rojas y Hernández (1982)

D = DAP (cm)
H = Altura total (m)

V = Volumen (m³)
E = Edad (años)

c/c = con corteza
s/c = sin corteza

CUADRO VIII-5

CRECIMIENTO DE UN MONTE BAJO DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* V REGION

Monte Bajo	Crecimiento en Diámetro			Crecimiento en Altura			Crecimiento en Volumen		
	D s/c (cm)	IMA (cm)	ICA (cm)	H (m)	IMA (m)	ICA (m)	V s/c (m ³)	IMA (m ³)	ICA (m ³)
5	7,31	1,46	1,46	11,27	2,25	2,08	0,0274	0,0055	0,0116
10	14,63	1,46	1,46	19,83	1,98	1,51	0,1593	0,0159	0,0384
15	21,94	1,46	1,46	26,17	1,74	1,13	0,4789	0,0319	0,0838
20	29,26	1,46	1,46	31,07	1,55	0,89	1,0988	0,0549	0,1547

Fuente: Ribalta (1983)

CUADRO VIII-6

CRECIMIENTO DE UN MONTE ALTO DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* VIII REGION

Monte Alto	Crecimiento en Diámetro			Crecimiento en Altura			Crecimiento en Volumen		
	D s/c (cm)	IMA (cm)	ICA (cm)	H (m)	IMA (m)	ICA (m)	V s/c (m ³)	IMA (m ³)	ICA (m ³)
5	7,78	1,56	0,76	10,23	2,05	1,97	0,2194	0,0439	0,0346
10	12,63	1,26	1,12	19,09	1,91	1,65	0,5034	0,0503	0,0751
15	19,29	1,29	1,47	26,50	1,77	1,38	1,0686	0,0712	0,1411
20	27,26	1,36	1,65	32,70	1,64	1,15	1,9746	0,0987	0,2034
25	35,37	1,41	1,56	37,89	1,52	0,97	3,0216	0,1209	0,2023
30	42,36	1,41	1,26	42,23	1,41	0,81	3,8573	0,1286	0,1385
35	47,57	1,36	0,89	45,86	1,31	0,67	4,3488	0,1242	0,0738
40	51,06	1,28	0,58	48,90	1,22	0,56	4,5877	0,1147	0,0339
45	53,22	1,18	0,35	51,45	1,22	0,47	4,6930	0,1043	0,0145
50	54,50	1,09	0,20	53,58	1,07	0,40	4,7375	0,0947	0,0061

Fuente: Díaz (1984)

IMA: Incremento Medio Anual
ICA: Incremento Corriente Anual
H: Altura total

D s/c: DAP sin corteza
V s/c: Volumen sin corteza

Funciones de Biomasa

Debido a los diferentes usos que se le está dando a las plantaciones de eucalipto, es corriente que se haga necesario cuantificar el volumen de los árboles separadamente para fuste, ramas y hojas. Del primero se obtiene madera aserrada, postes y otros productos. De las ramas se puede obtener leña o astillas y de las hojas aceites esenciales.

Ribalta (1983) desarrolló funciones de biomasa para los distintos componentes anatómicos del árbol en plantaciones de *E. globulus* en la V Región. Estas funciones permiten estimar el rendimiento, en peso de materia seca, del fuste sin corteza, corteza, ramas, ramillas, hojas y frutos, y para el total del árbol, a partir del

DAP y la altura total.

Estas funciones son del tipo siguiente:

$$\log PS = a + b \log (D^2 H)$$

en que :

PS = Peso anhidro

D = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

log = Logaritmo en base 10

En el Cuadro VIII-7 se indican los coeficientes de las funciones de biomasa para la estimación del peso seco, según componentes del árbol, a partir del DAP y la altura total.

CUADRO VIII-7

Coefficientes de la función de Biomasa
(Ribalta, 1983)

Componente	a	b	r	Syx
Fuste (ton)	-4,55820	0,93370	0,9908	0,1008
Corteza (ton)	-5,27552	0,91558	0,9799	0,1477
Ramas (ton)	-4,67410	0,89032	0,8549	0,3945
Ramillas (Kg)	-1,89528	2,12505	0,9329	0,2453
Hojas (Kg)	-1,95420	0,68598	0,8918	0,2757
Frutos (Kg)	-4,98897	1,20679	0,9777	0,1697
Total (ton)	-4,35596	0,94747	0,9756	0,1688

CUADRO VIII-8

**Estimación de Biomasa Según
Componentes *Eucalyptus globulus*. V Región**

Componente (Kg/Peso Seco)	Clase de diámetro (cm)						
	5	10	15	20	25	30	35
Madera del Fuste	3,79	22,39	64,18	135,19	239,66	380,28	558,31
Corteza	0,66	3,77	10,59	21,98	38,54	60,60	88,31
Total Fuste	4,45	26,16	74,77	157,17	278,20	440,88	646,62
Ramas	2,31	12,56	34,29	69,77	120,43	187,04	269,75
Ramillas	0,39	1,70	4,02	7,40	11,90	17,53	24,32
Hojas	0,41	1,52	3,30	5,70	8,69	12,19	16,17
Frutos	0,01	0,06	0,23	0,60	1,26	2,29	3,76
Total Copa	3,12	15,84	41,84	83,47	142,28	219,05	314,00
Total Arbol	6,49	39,38	114,63	244,11	436,43	697,22	1029,45

La altura se estima separadamente en función del DAP, de acuerdo a la siguiente función:

$$H = 2,119145 + 1,170476 D - 0,0079766 D^2$$

De acuerdo a las funciones indicadas se obtiene la estimación de biomasa, según componentes del árbol, para clases de diámetro de 5 a 35 cm., que aparece en el Cuadro VIII - 8.

Díaz (1984) desarrolló una función para estimar biomasa de follaje para la producción de aceites esenciales.

El estudio se efectuó en bosques de Colcura, VIII Región, y expresó la biomasa de follaje en términos de peso fresco en función del DAP, de

acuerdo a la siguiente función exponencial :

$$F = 0,2233 (DAP)^{1,4619}$$

en que :

F : Peso fresco follaje (kg)

DAP : Diámetro a la altura del pecho (cm)

$$r : 0,8467$$

$$Se : 19,4153$$

$$n : 36$$

También estableció una relación peso fresco-peso seco, en que este último equivale al 48,5% del primero. En consecuencia, el peso seco se puede estimar en función del DAP de la siguiente manera :

$$f = 0,1083 (\text{DAP})^{1,4619}$$

en que :

f : Peso seco follaje (kg)

El Cuadro VIII-9 indica la estimación de biomasa de follaje obtenida, según clases diamétricas.

Relaciones Funcionales

Existen diversas relaciones funcionales entre variables de estado de los árboles, que son de uso frecuente en la mensura forestal. Estas normalmente relacionan el DAP, variable de fácil medición, con otras variables como altura

comercial, altura total, diámetro del tocón, espesor de corteza y otras.

Para *Eucalyptus globulus* se han definido las siguientes relaciones funcionales.

Relación DAP-DAT (Diámetro del tocón)

Díaz (1984) y Hernández y Morales (1985) desarrollaron funciones lineales que relacionan el DAP con el diámetro del tocón. Estas funciones permiten, con la ayuda de una función de volumen local, estimar el rendimiento obtenido de un bosque anteriormente explotado.

A partir del diámetro de los tocones se estima el DAP y a partir de éste el volumen extraído.

CUADRO VIII-9

Tabla de Peso Fresco y Seco del Follaje

Clase DAP (cm)	Peso Fresco (Kg)	Peso seco (Kg)
10	6,47	3,14
15	11,70	5,67
20	17,82	8,64
25	24,69	11,98
30	32,23	15,63
35	40,38	19,58
40	49,08	23,81
45	58,31	28,28
50	68,02	32,99
55	78,19	37,92
60	88,79	43,06
65	99,81	48,41
70	111,23	53,95

Fuente : Díaz (1984)

Las funciones son las siguientes :

$$DAP = 1,0574 + 0,8409 DAT \text{ (Díaz, 1984)}$$

$$r = 0,9945 \text{ Se} = 1,9782 \text{ n} = 52$$

$$DAP = -0,6447 + 0,8740 DAT \text{ (Hernández y Morales, 1985)}$$

$$r = 0,9811 \text{ Se} = 1,2847 \text{ n} = 254$$

Relación DAP - H (Altura Total)

Rojas y Hernández (1982), Ribalta (1983) y Díaz (1984) desarrollaron funciones que estiman la altura total a partir del DAP, éstas son las siguientes:

$$H = 43,552 - 58,997 e^{-0,08 DAP} \text{ (Rojas y Hernández, 1982)}$$

$$r = -0,927 \text{ E.S.} = 0,85 \text{ n} = 42$$

Para monte alto, Zona Tomé, VIII Región.

$$H = 2,119145 + 1,170476 DAP - 7,976655 \times 10^{-3} DAP^2 \text{ (Ribalta, 1983)}$$

$$r = 0,9561 \text{ Se} = 2,6750 \text{ n} = 384$$

Para monte bajo, zona costera, V Región.

$$H = 63,6641 - 66,3055 x e^{-0,03 DAP} \text{ (Díaz, 1984)}$$

$$r = 0,9647 \text{ Se} = 3,4409 \text{ n} = 52$$

Para monte alto, zona Lota, VIII Región.

Relación DAP - EC (Espesor de corteza)

Martínez (1981), Díaz (1984) y Hernández y Morales (1985) determinaron funciones que relacionando el DAP con el doble espesor de corteza, permiten estimar volúmenes sin corteza.

Las funciones definidas son las siguientes :

$$2EC = 0,0505 + 0,11342 DAP \text{ (Martínez, 1981)}$$

$$r = 0,9200 \text{ Se} = 3,600 \text{ VIII Región}$$

$$2EC = 0,1185 + 0,0938 DAP \text{ (Díaz, 1984)}$$

$$r = 0,9861 \text{ Se} = 0,2748 \text{ n} = 52 \text{ VIII Region}$$

$$2EC = 0,080679 + 0,074954 DAP \text{ (Hernández y Morales, 1985)}$$

$$r = 0,7154 \text{ Se} = 0,4859 \text{ n} = 254 \text{ VI a IX Reg.}$$

Hernández y Morales (1985) obtienen una correlación más baja y la función aparentemente subestima el espesor de corteza.

Crecimiento y Rendimiento de Otras Especies del Género en Chile

La información disponible para otras especies del género *Eucalyptus* es reducida, por lo que normalmente se debe recurrir a los antecedentes que proporcionan las parcelas experimentales de Introducción de Especies, consistente en datos de supervivencia, altura, diámetro y rendimiento medio de las diferentes especies en distintas localidades.

Sin embargo, para algunas de las principales especies se han desarrollado tablas de volumen, funciones de crecimiento y diferentes relaciones funcionales.

Funciones de Volumen

Hernández y Morales (1985), en base a parcelas experimentales de introducción de especies del Instituto Forestal ubicadas en el predio Leonera, Tomé, VIII Región, generaron tablas de volumen para *Eucalyptus delegatensis* y *Eucalyptus regnans*. Estas tablas se incluyen a continuación, indicándose en cada caso la función matemática que las origina y otros antecedentes.

Tabla VIII - 20 : *Eucalyptus delegatensis*

Tipo: Volumen Cúbico total (m³ scc.)

Localidad: Leonera, Tomé, VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Hernandez y Morales (1985)

DAP cm	CLASES DE ALTURA EN METROS																						
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50		
10			.049	.056	.063	.070	.077																
12			.069	.079	.089	.099	.109	.119															
14			.093	.106	.119	.133	.146	.159	.172														
16			.119	.136	.154	.171	.188	.205	.222														
18			.149	.170	.192	.213	.234	.256	.277														
20								.311	.337	.363	.389												
22								.371	.402	.433	.464												
24											.544	.581	.617										
26											.630	.672	.714										
28											.720	.768	.816										
30												.923	.978	1.032	1.087								
32												1.035	1.096	1.157	1.218								
34												1.152	1.220	1.287	1.355	1.423	1.491						
36												1.272	1.347	1.422	1.498	1.573	1.648						
38												1.397	1.479	1.562	1.644	1.727	1.809						
40														1.795	1.885	1.975							
42															1.951	2.048	2.146						
44																	2.321	2.427	2.533	2.639			
46																	2.500	2.614	2.728	2.842			
48																	2.683	2.805	2.927	3.049			
50																	2.868	2.999	3.130	3.261			
52																	3.057	3.197	3.336	3.475			
54																				3.693			
56																				3.914			
58																				4.137			
60																				4.362			
62																				4.590			
64																				4.820			
66																				5.051			
68																				5.283			
70																				5.516			

$$\ln V = -10.2103 - 0.00746336 \text{ DAP} + 0.000000215771 \text{ DAP}^2 + 1.00245 \ln (\text{DAP}^2 \text{ H})$$

$$r = 0.9709$$

$$\text{SE} = 0.0952$$

n = 343

DAP = Diámetro a la Altura del pecho (cm)

H = Altura Total (m)



Tabla VIII - 21 : Eucalyptus delegatensis

Tipo: Volumen Cúbico Fuste (m³ scc.)

Diámetro Límite de Utilización: 10 cm

Localidad: Leonera, Tomé VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Hernandez y Morales (1985)

DAP cm	CLASES DE ALTURA EN METROS																								
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50				
10	.019	.023	.027	.031	.036	.040																			
12	.030	.036	.043	.049	.056	.062																			
14	.044	.053	.063	.072	.081	.091	.101																		
16		.074	.087	.100	.113	.126	.140	.153																	
18		.098	.115	.133	.150	.168	.186	.204	.221																
20			.148	.171	.193	.216	.239	.261	.284	.308															
22			.185	.213	.241	.269	.297	.326	.355	.383	.412														
24				.258	.292	.327	.361	.396	.431	.465	.501	.536													
26					.347	.387	.428	.469	.511	.552	.594	.635	.677												
28						.450	.497	.545	.593	.641	.689	.738	.786	.835											
30							.566	.620	.675	.730	.785	.840	.895	.951	1.006										
32								.694	.755	.816	.877	.939	1.001	1.063	1.125	1.187	1.250								
34										.829	.896	.964	1.032	1.100	1.168	1.236	1.305	1.374							
36											.969	1.042	1.116	1.189	1.263	1.337	1.411	1.486	1.560						
38												1.110	1.188	1.267	1.345	1.424	1.503	1.582	1.662	1.741					
40													1.247	1.329	1.412	1.494	1.577	1.660	1.744	1.827					
42														1.375	1.461	1.546	1.632	1.718	1.804	1.891	1.977				
44															1.491	1.578	1.666	1.754	1.842	1.930	2.018				
46																1.502	1.590	1.678	1.767	1.855	1.944	2.033	2.123		
48																1.494	1.581	1.669	1.757	1.845	1.934	2.022	2.111		
50																	1.553	1.639	1.726	1.812	1.899	1.986	2.073		
52																		1.507	1.591	1.674	1.759	1.843	1.927	2.012	
54																			1.525	1.605	1.686	1.767	1.848	1.929	
56																			1.445	1.521	1.598	1.674	1.751	1.828	
58																				1.425	1.497	1.568	1.640	1.712	
60																					1.386	1.453	1.519	1.586	
62																					1.270	1.330	1.391	1.453	
64																						1.150	1.205	1.260	1.316
66																						1.031	1.080	1.129	1.179
68																						.914	.957	1.001	1.045
70																						.801	.840	.878	.917

$\ln(V) = -11.6775 + 0.0562229 \text{ DAP} - 0.00110379 \text{ DAP}^2 + 1.05274 \ln(\text{DAP}^2 H)$

$r = 0.9656$

$SE = 0.0972$

$n = 343$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)



Tabla VIII-22: Eucalyptus regnans
 Tipo: Volumen Cúbico Total (m³ scc)
 Localidad: Leonera, Tomé, VIII Región
 Tipo de Monte: Alto
 Autor: Hernandez y Morales (1985)

DAP cm	CLASE DE ALTURA EN METROS																						
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50		
10			.030	.037	.044																		
12			.059	.068	.076																		
14			.093	.104	.115	.126	.137	.148															
16			.132	.146	.160	.173	.187	.201															
18			.176	.193	.210	.227	.244	.261															
20								.328	.349	.369	.390												
22								.402	.427	.451	.476												
24											.570	.598	.627										
26											.672	.705	.739										
28											.782	.821	.859										
30												.988	1.032	1.076	1.120								
32												1.126	1.176	1.225	1.275								
34												1.273	1.329	1.385	1.440	1.496	1.552						
36												1.429	1.492	1.554	1.616	1.678	1.740						
38												1.594	1.663	1.732	1.801	1.871	1.940						
40															1.997	2.073	2.150						
42															2.203	2.287	2.370						
44																	2.602	2.694	2.786	2.878			
46																	2.844	2.945	3.045	3.145			
48																	3.097	3.206	3.315	3.424			
50																	3.361	3.479	3.598	3.716			
52																	3.636	3.764	3.891	4.019			
54																				4.334			
56																				4.661			
58																				4.999			
60																				5.350			
62																				5.712			
64																				6.087			
66																				6.473			
68																				6.871			
70																				7.281			

$V = -0.0486136 + 0.000324864 \text{ DAP}^2 + 0.000998833 \text{ H} + 0.0000232171 (\text{DAP}^2 \text{ H})$
 $r = 0.9625$
 $\text{SE} = 0.1000$

$n = 275$
 DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
 H = Altura total (m)



Tabla VIII-23: Eucalyptus regnans
 Tipo: Volumen Cúbico Fuste (m³ sec)
 Diámetro Límite de Utilización: 10 cm
 Localidad: Leonera, Tomé, VIII Región
 Tipo de Monte: Alto
 Autor: Hernandez y Morales (1985)

DAP cm	CLASE DE ALTURA EN METROS																				
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
10	.045	.045	.046	.046	.046																
12	.060	.063	.067	.070	.073																
14		.084	.091	.098	.105	.111	.118	.125													
16			.119	.130	.141	.152	.163	.173													
18			.152	.167	.182	.198	.213	.229													
20						.249	.270	.290	.311	.331	.352										
22						.306	.332	.358	.384	.411	.437										
24									.465	.498	.530	.562	.595								
26									.553	.592	.631	.670	.710								
28									.648	.694	.741	.787	.834								
30											.912	.967	1.021	1.075	1.130						
32											1.046	1.109	1.172	1.234	1.297						
34											1.189	1.260	1.332	1.404	1.475	1.547	1.618				
36											1.340	1.421	1.502	1.583	1.664	1.745	1.826				
38											1.500	1.591	1.682	1.773	1.864	1.955	2.046				
40												1.973	2.075	2.176	2.278						
42													2.184	2.296	2.409	2.521					
44														2.528	2.653	2.777	2.901	3.025	3.150		
46														2.771	2.908	3.044	3.181	3.317	3.453		
48																3.174	3.323	3.473	3.622	3.771	
50																3.452	3.615	3.777	3.939	4.101	
52																	3.918	4.094	4.270	4.446	
54																		4.423	4.613	4.804	
56																		4.764	4.970	5.175	
58																		5.119	5.339	5.560	
60																		5.485	5.722	5.958	
62																		5.864	6.117	6.370	
64																		6.255	6.525	6.795	
66																		6.659	6.947	7.234	
68																		7.075	7.381	7.686	
70																		7.504	7.828	8.152	

142

$V = 0.0438047 - 0.00323896 H + 0.0000337571 DAP^2 H$
 $r = 0.9562$
 $SE = 0.1057$

n = 275
 DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
 H = Altura total (m)



Funciones de Crecimiento

Rojas y Hernández (1982), también en base a parcelas experimentales del predio Leonera, ubicado en Tomé, VIII Región, desarrollaron

funciones de crecimiento para *Eucalyptus delegatensis*, *Eucalyptus regnans* y *Eucalyptus fastigata*. Estas son las siguientes :

CUADRO VIII-10

Funciones de Crecimiento para *E. regnans*, *E. delegatensis* y *E. fastigata*

ESPECIE	CRECIMIENTO	r
<i>E. regnans</i>	a) En diámetro $D\ c/c = -6,88343 + 9,02730 \sqrt{E}$	0,986
	b) En altura $\ln H = 1,03897 + 0,50035 (\ln E^2)$	0,948
<i>E. delegatensis</i>	a) En diámetro $\ln D\ c/c = 1,44528 + 0,711254 \ln E$	0,954
	b) En altura $H = -10,10527 + 11,35215 \sqrt{E}$	0,983
<i>E. fastigata</i>	a) En diámetro $D\ c/c = -10,12288 + 9,93667 \sqrt{E}$	0,947
	b) En altura $H = -11,24864 + 10,32121 \sqrt{E}$	0,954

D = DAP (cm)

E = Edad (años)

H = Altura Total (m)

c/c = con corteza

Relaciones Funcionales

También en base a las parcelas experimentales antes indicadas, en Leonera, Tomé, VIII Región, Hernández y Morales (1985) y Rojas y Hernández (1982), determinaron algunas relaciones DAP-Altura, DAP-Diámetro de tocón y DAP-Espesor de corteza. Esta última relación también fue definida en base a diferentes ensayos, entre las Regiones VI y IX, por Hernández y Morales (1985).

$r = 0,9752$ Se = 1,4042 n = 343

E. regnans DAP = $0,9225 + 0,8531\ DAT$
(Hernández y Morales, 1985)

$r = 0,9725$ Se = 1,5261 n = 275

Relación DAP-H (Altura total)

E. regnans $H = 42,843 - 61,609 e^{-0,08\ DAP}$
(Rojas y Hernández, 1982)

Relación DAP-DAT (Diámetro del tocón)

$r = -0,911$ E.S. = 1,03 n = 42

E. delegatensis DAP = $-0,1767 + 0,8596\ DAT$
(Hernández y Morales, 1985)

E. delegatensis $H = 40,081 - 53,877 e^{-0,08\ DAP}$
(Rojas y Hernández, 1982)

$r = 0,946$ E.S. = 2,01 $n = 45$

E. fastigata $H = 28,813 - 32,920 e^{-0,08 \text{ DAP}}$
(Rojas y Hernández, 1982)

$r = -0,895$ E.S. = 1,87 $n = 30$

Relación DAP-EC (Espesor de corteza)

E. regnans $2EC = 1,5219 + 0,0148 \text{ DAP}$
(Rojas y Hernández, 1982)

$r = 0,9855$ $n = 9$

E. delegatensis $2EC = -0,9075 + 0,1572 \text{ DAP}$
(Rojas y Hernández, 1982)

$r = 0,9202$ $n = 10$

E. fastigata $2EC = -3,1796 + 0,2941 \text{ DAP}$
(Rojas y Hernández, 1982)

$r = 0,8864$ $n = 5$

E. regnans $2EC = -0,230342 + 0,05494 \text{ DAP}$
(Hernández y Morales, 1985)
Regiones VI a IX

$r = 0,7427$ Se = 0,3248 $n = 275$

E. delegatensis $2EC = 0,212829 + 0,08617 \text{ DAP}$
(Hernández y Morales, 1985)
Regiones VI a IX

$r = 0,7406$ Se = 0,4962 $n = 343$

REFERENCIAS

Barros, S. 1988. Adaptación de Diversas procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus* en la Zona Semiárida Chilena. En Actas Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*; 9 y 10 de Junio de 1988, Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal. II, 31 p.

Díaz, F. 1984. Características Dendrométricas de *Eucalyptus globulus* (Labill) en la Localidad de Colcura, Concepción. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Fac. de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 92 p.

Di Castri, F. 1975. Esbozo Ecológico de Chile. Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas. Ministerio de Educación. Santiago, Chile. 64 p.

Hernández, M. y Morales, J. 1985. Evaluación de la Productividad de *Eucalyptus spp.* bajo Diferentes Condiciones de Sitio. VI a XI Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 131 p.

Hillis, W.E., and Brown, A.G. (Eds). 1978. Eucalypts for Wood Production. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia. 434 p.

Instituto Forestal - Universidad de Chile. 1979. Areas Cubiertas por Ensayos de Introducción de Especies y Ubicación de Nuevas Experiencias. Informe II al Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI-76-003 Investigación y Desarrollo Forestal. Actividad I.2.2. Introducción de Especies Forestales. Santiago, Chile. 87 p. 2 ap. 4 map.

Instituto Forestal - Corporación de Fomento de la Producción. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Gerencia de Desarrollo AF/86/32. Santiago, Chile. 188 p.

Lehmann, W. 1967. Construcción de Tablas de Volumen para *Eucalyptus globulus* en la Zona Costera Centro Norte. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Facultad de

- Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 63 p.
- Lisboa, H. 1960. Construcción de Tablas de Volumen para *Eucalyptus globulus*. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 41 p.
- Martínez, N. 1981. Indices de Sitio para *Eucalyptus globulus* (Lab.) de la Zona de Concepción y Arauco. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Fac. de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 90 p.
- Peñaloza, S. 1985. Funciones de Volumen Cúbico para la Especie *Eucalyptus globulus* Labill. de Monte Bajo en la Región Metropolitana. Corporación Nacional Forestal. Boletín Técnico N° 25. Santiago, Chile. 73 p.
- Peñaloza, S. 1986. Tablas Generales de Producción de Leña para *Eucalyptus globulus* Labill. en la Región Metropolitana. Corporación Nacional Forestal. Boletín Técnico N° 28. Santiago, Chile. 87 p.
- 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 (1). pp. 17-27.
- Ribalta, E. 1983. Evaluación de Producción y Productividad del Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab.), V Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Escuela de Ciencias Forestales. Fac. de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 124 p.
- Roberts, R. y Díaz, C. 1959 - 1960. Los Grandes Grupos de Suelos de Chile. En : Agricultura Técnica. Vol. 19-20. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. pp. 7-36.
- Rojas, P. y Hernández, M. 1982. Estudio de Crecimiento y Productividad de Cuatro Especies de *Eucalyptus* en la Zona Centro-Sur de Chile. Instituto Forestal. Trabajo presentado a la reunión técnica "Principios de Introducción de Especies", Lourizán, España. 4 al 8 de Octubre. Santiago, Chile. 27 p.
- Spurr, S.H.; B.V. Barnes. Forest Ecology - Third Edition - John Wiley & Sons. 687 p.

ANTECEDENTES SOBRE PROPIEDADES Y UTILIZACION DE LA MADERA

José A. Prado D.
Santiago Barros A.
Juan José Aguirre A.

Introducción

Además de las poblaciones naturales existentes en Australia y algunas islas cercanas, en el mundo existen más de seis millones de hectáreas plantadas con especies del género *Eucalyptus*.

En Australia el uso de los eucaliptos para leña, postes y estructuras rurales ha evolucionado hacia una utilización en construcciones de alta calidad, muebles, chapas, tableros y hacia la producción de pulpa y papel. Estos nuevos usos han sido el resultado de un intenso programa de investigación y desarrollo.

En el resto del mundo los eucaliptos han demostrado ser especies de rápido crecimiento y se han convertido en una gran fuente de energía y de materia prima para diversas industrias, especialmente de pulpa y papel.

Por su velocidad de crecimiento, las plantaciones de eucaliptos generan un producto muy diferente al de los bosques naturales, requiriendo diferentes procesos de conversión y métodos de utilización. Sus características pueden ser, en cierta medida, modificadas por la silvicultura y mejoradas mediante la selección y manipulación genética (Hillis, 1978).

El aprovechamiento industrial de la madera de eucalipto, especialmente de las especies de más baja densidad, se concentra en la producción de pastas y celulosa para la manufactura de varios tipos de papel y otros productos. En menor proporción, se la emplea en la producción de tableros, madera aserrada y chapas.

En muchos países, las plantaciones de eucalipto constituyen una importante fuente de energía, al ser su madera empleada directamente como combustible. También aportan una considerable proporción de madera para diferentes usos, en sectores tales como la agricultura, minería, pesca, obras civiles, construcción, etc.

En algunos casos, la utilización de las plantaciones de eucaliptos puede ser más integral, ya que es posible obtener valiosos productos a partir de sus hojas y corteza. Existe un buen número de especies con un alto contenido de aceites esenciales en sus hojas y otras con un apreciable contenido de tanino en sus cortezas.

Muchas especies de eucaliptos se emplean con fines ornamentales, de protección, en la recuperación de suelos y en otros usos, entre los que se destaca la producción de miel.

En Chile, aún cuando la plantación con especies del género *Eucalyptus* se remonta al siglo pasado, existen escasos antecedentes relacionados con las propiedades y utilización de sus maderas. Esta escasez de información es aún mayor para las especies que han sido más recientemente introducidas.

En este capítulo sólo se pretende entregar algunos antecedentes básicos relativos a las propiedades y utilización de la madera. Para esto se ha recopilado gran parte de la información local referente a propiedades y utilización, la cual se entrega junto a otros antecedentes que, aunque obtenidos en otros países, se estiman de interés.

Calidad de la Madera

A continuación se analizan las propiedades físicas y mecánicas, que determinan, junto a otros factores, la calidad de la madera y sus alternativas de utilización.

Propiedades Básicas

Se analizan algunas propiedades básicas de la madera de las especies del género *Eucalyptus* que han sido introducidas y se consideran de importancia para la forestación en Chile.

Contenido de Celulosa, Hemicelulosa y Lignina

Existe una considerable variación en el contenido de estos elementos en la madera de las distintas especies del género *Eucalyptus*. Hillis (1978) señala que los contenidos de celulosa varían entre 40 y 62%; los de hemicelulosa entre 12 y 22% y los de lignina entre 15 y 22%. Además de esta variación entre especies, el autor indica que existen notables variaciones intraespecíficas. Como ejemplo señala que entre 260 árboles "plus" de *Eucalyptus*

globulus el contenido de celulosa varió entre 36 y 57%, con un valor medio de 47%.

La lignina, que es el compuesto que mantiene las fibras unidas, posee una estructura compleja, que la hace poco deseable como constituyente de la pulpa. También confiere a la fibra un cierto grado de rigidez, dificultando algunos procesos (Melo y Paz, 1978).

Melo et al. (1979) determinaron el contenido de lignina de algunas especies de eucalipto crecidas en Chile. (Cuadro IX-1)

Componentes del Duramen

En comparación con muchas otras especies, la madera de *Eucalyptus* tiene un alto y variado contenido de extraíbles que varían considerablemente según la especie.

El monto de extraíbles fenólicos aumenta desde la médula hacia el exterior en el duramen, y disminuye en la albura.

El mismo patrón de distribución se encuentra en todo el árbol, aún cuando los contenidos de extraíbles son menores en la parte superior (Hillis, 1978).

Las especies de mayor interés en Chile se pueden clasificar en 2 grupos de acuerdo al color de su madera : especies de duramen rojo y especies de duramen café pálido. Entre las especies de madera roja se destaca *E. camaldulensis*. En cambio, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. regnans* y *E. delegatensis* presentan un duramen café pálido.

Entre los componentes del duramen, el ácido elálgico es de gran importancia ya que se le asocia con problemas en el pulpaje y en el empleo de adhesivos. Este componente se encuentra en mayor proporción en bosques adultos (4%), pero es mucho menor en árboles jóvenes (0,16 a 0,43%), especialmente los de rápido crecimiento (0,05%). Estos datos corresponden a *E. camaldulensis* (Hillis, 1978).

CUADRO IX-1

Contenido de Lignina de Algunas Especies del Género *Eucalyptus* en Chile

ESPECIE	CONTENIDO LIGNINA (% BMS *)
<i>E. globulus ssp. maidenii</i>	20,7
<i>E. globulus ssp. globulus</i>	21,0
<i>E. regnans</i>	21,1
<i>E. citriodora</i>	21,6
<i>E. cladocalyx</i>	21,7
<i>E. delegatensis</i>	21,9
<i>E. fastigata</i>	23,2
<i>E. globulus ssp. bicostata</i>	23,4
<i>E. obliqua</i>	24,6

* BMS = Base Madera Seca

Melo et al., (1979) encontraron un mayor porcentaje de extraíbles, con un rango de 0,98 a 2,9%. Ellos señalan la existencia de diferencias dentro de una misma especie, atribuibles al sitio. Existe una tendencia hacia la disminución del porcentaje de extraíbles a medida que aumenta la precipitación, pero esta no es una regla general, ya que hay otros factores que inciden en la concentración de estos compuestos en la madera.

En el Cuadro IX-2 se entregan los contenidos de extraíbles de algunas especies introducidas en Chile.

CUADRO IX-2

Contenido de Extraíbles de la Madera de Algunas Especies del Género *Eucalyptus* en Chile

Especie	Contenido de Extraíbles (% BMS) (1)
<i>E. delegatensis</i>	0,98 - 2,17
<i>E. globulus ssp bicostata</i>	2,03 - 2,90
<i>E. globulus ssp globulus</i>	0,99 - 2,76
<i>E. globulus ssp maidenii</i>	1,12 - 2,30
<i>E. regnans</i>	1,54 - 2,13

(1) Valores extremos según procedencia de la muestra. Fuente : Melo et al. (1979).

Fibras

Tres características de las fibras son de importancia en la utilización de la madera como materia prima para la fabricación de pulpa y papel: la longitud, el diámetro y el espesor de la pared. Sus dimensiones aumentan con la edad, lo que ha sido demostrado para diversas especies del género *Eucalyptus*, según trabajos citados por Hillis (1978). Como ejemplo se menciona que en *E. camaldulensis* la máxima longitud de fibra se logra alrededor de los 20 años (Israel) y cerca de los 10 años en *E. regnans*.

Las diferencias de longitud de fibra dentro del árbol pueden ser mayores que las diferencias entre especies del género. La máxima diferencia se produce en sentido radial, aumentando la longitud de fibra desde la médula hacia el exterior. También se encuentran diferencias, aunque menos marcadas, a distintas alturas del árbol. El largo de fibra es mayor a mayor altura (Hillis, 1978; Nicholls and Pederick, 1979; Mc Kimm and Ilic, 1987).

La longitud de fibra también puede verse afectada por la velocidad de crecimiento; en general, una mayor tasa de crecimiento reduce la longitud de la fibra. Higgs (1969) citado por Hillis (1978) indica que la fertilización puede producir una disminución altamente significativa en la longitud de la fibra y en la densidad. El raleo, en cambio, produciría el efecto contrario.

La longitud y otras características de las fibras de especies crecidas en Chile se entregan en el Cuadro IX-3.

Hillis (1978) menciona que en un ensayo con *E. grandis*, evaluado a los 5 años, no se encontró relación entre el largo de fibra y la procedencia. Nicholls y Pederick (1979) en cambio, encontraron diferencias pequeñas, pero estadísticamente significativas en el largo de fibras de árboles de *E. nitens* de diversas procedencias.

Mc Kimm and Ilic (1987) confirman lo anterior, ya que encontraron que las procedencias de *E. nitens* del oeste de Victoria y del norte de New South Wales presentaban valores significativamente superiores a los de las otras procedencias ensayadas. En este caso las mejores procedencias presentaron un largo de fibra promedio cercano a 0,8 mm, con un largo mínimo, cerca de la médula, de 0,6 mm y un máximo, cercano a la corteza, de 1,0 mm. Este estudio también confirma que la longitud de fibra aumenta con la edad.

CUADRO IX-3

Características de las Fibras de Algunas Especies de Eucalyptus Introducidas en Chile

Especie	Longitud de Fibra (mm)	Diámetro de Fibra (micr)	Espesor de Pared (micr)
<i>E. globulus ssp bicostata</i>	0,92 - 1,02	17,58	2,40
<i>E. globulus ssp globulus</i>	0,81 - 1,06	19,59	2,36
<i>E. globulus ssp maidenii</i>	1,01	17,84	2,50
<i>E. delegatensis</i>	0,71 - 0,86	21,45	2,71
<i>E. regnans</i>	0,78 - 0,80	20,85	1,84
<i>E. obliqua</i>	0,91	16,58	2,48
<i>E. grandis</i>	0,95	19,50	2,81
<i>E. fastigata</i>	0,94 - 0,96	19,60	3,25
<i>E. cladocalyx</i>	0,79 - 0,81	16,94	3,29
<i>E. citriodora</i>	0,99	16,36	3,59

Fuentes : Melo et al., 1979
Melo et al., 1981

No sólo la longitud de fibra es importante en la determinación de la calidad de la madera como materia prima industrial; el diámetro y principalmente el espesor de la pared de la fibra también afectan la resistencia y trabajabilidad de la madera, influyendo en varias propiedades de la pulpa y el papel (Hillis, 1978).

Al igual que el largo, el diámetro de la fibra aumenta desde la médula hacia el exterior de la troza y también existen variaciones a lo largo del árbol.

Vasos

La presencia de vasos puede ser importante para la impregnación, secado, encolado, pintura y otros procesos. En las especies introducidas en Chile, con la excepción de *E. delegatensis*, los vasos se encuentran uniformemente distribuidos en los anillos de crecimiento y casi siempre en forma separada. En el caso de *E. delegatensis* los vasos son poco frecuentes y no se presentan en las poblaciones naturales que crecen en Tasmania (Hillis, 1978).

El diámetro de los vasos aumenta desde el centro hacia afuera, pero disminuye la frecuencia de éstos. Estas diferencias en tamaño y número dependen bastante de las especies; son pequeñas en *E. camaldulensis*, pero pronunciadas en *E. regnans*.

En varias de las especies de mayor interés (*E. fastigata*, *E. globulus*, *E. obliqua*, *E. regnans*, *E. viminalis* y otras) la frecuencia de vasos es de 5 a 7 por mm².

Densidad

La densidad de la madera depende de varios factores, muchos de ellos propios de cada especie y otros relacionados con el medio ambiente. Los tipos de células, sus diámetros, el espesor de las paredes y el contenido de extraíbles inciden en la densidad de la madera. Estos a su vez están influidos por la edad de los árboles y sus interacciones con el medio ambiente. La densidad de la madera normalmente se expresa como densidad básica, que es el peso de la madera seca (anhidra) por unidad de masa medida en estado verde.

La densidad de la madera tiene gran influencia en muchas propiedades y procesos de conversión, incluyendo el aserrío, secado, encolado y en los rendimientos en la fabricación de pulpa y papel.

La densidad, por lo general, entrega una buena indicación de la resistencia, dureza y durabilidad de la madera.

Entre las especies del género *Eucalyptus* existe una considerable variación en su densidad. Lo mismo ocurre entre árboles de una misma especie y aún dentro de un árbol. Hillis (1978) menciona que dentro de un árbol de *E. grandis* (Sud-Africa) la densidad variaba entre 160 y 250 kg/m³ y que para un árbol de *E. robusta* (Hawaii) la densidad varió entre 360 y 820 kg/m³.

Dentro del árbol, la mayor variación se produce en sentido radial. La tendencia general es hacia un aumento de la densidad desde el centro hacia afuera. Sin embargo, en árboles jóvenes se ha encontrado una disminución en los primeros centímetros de crecimiento, para luego continuar con la tendencia creciente (Mc Kimm e Ilic, 1987; Nicholls and Pederick, 1979). Esta variación en sentido radial se hace menor e incluso desaparece en la parte alta de los árboles (Hillis, 1978).

La variación de la densidad con la altura del árbol no está tan bien definida. Hillis (1978) analiza diversos trabajos realizados al respecto y encuentra que la densidad varía en forma bastante irregular a lo largo del árbol.

Entre los factores que pueden incidir en la densidad se menciona la tasa de crecimiento. Se supone que un crecimiento acelerado debe producir madera de menor densidad.

Esto ha sido comprobado por Tischler (1976) y Hans et al. (1972) en *E. camaldulensis* y *E. grandis*, respectivamente. Sin embargo, Hillis (1978), quien cita a estos autores,

considera estas relaciones como excepción, ya que el sostiene que aparentemente la densidad media de un árbol no está influenciada, o muestra una correlación no significativa, con la tasa de crecimiento. Trabajos realizados con diversas especies del género *Eucalyptus* respaldan esta afirmación.

El contenido de extraíbles en el duramen, que normalmente aumenta desde el centro hacia la periferia de éste, también influye en la densidad. El contenido de extraíbles y la densidad básica son los parámetros más importantes para predecir las propiedades de la pulpa (Hall et al. 1973).

La densidad de la madera es una propiedad que en las especies del género *Eucalyptus* presenta bastante heredabilidad, lo cual permite un mejoramiento a través de la selección genética.

Doran (1974) (citado por Hillis, 1978) encontró grandes variaciones en la densidad de árboles pertenecientes a 37 familias de *E. regnans*. En cambio Mc Kimm (1985) y Nicholls and Pederick (1979) no encontraron diferencias consistentes en la densidad media de árboles jóvenes de varias procedencias de *E. nitens*.

Mullin et al. (1983), con la misma especie, en Zimbabwe, encontraron que las procedencias del sur de New South Wales eran significativamente menos densas que las demás ensayadas.

En Chile se han hecho diversas determinaciones de la densidad básica de las especies de eucalipto introducidas al país. Según los antecedentes que se entregan en el Cuadro IX-4, existen considerables diferencias entre especies. *E. cladocalyx* y *E. citriodora* presentan las mayores densidades, en tanto que *E. delegatensis*, *E. regnans* y *E. nitens* producen la madera menos densa. (Ver también Cuadros IX-5 y IX-6).

CUADRO IX-4

Densidad Básica y Contenido de Humedad de Algunas Especies de Eucalyptus Según Zona Edafoclimática (1)

ESPECIE	CONT. HUMEDAD (%)		DENS. BASICA (Kg/m ³)	
	Verde	Seco	Verde	Seco
Zona Mediterránea Semiárida				
<i>E. citriodora</i>	67,2	12,1	654	761
<i>E. cladocalyx</i>	63,0	12,1	659	734
<i>E. delegatensis</i>	125,4	11,7	437	521
<i>E. fastigata</i>	116,1	12,3	455	615
<i>E. globulus ssp globulus</i>	102,1	12,1	507	594
<i>E. regnans</i>	114,5	12,3	412	477
Zona Mediterránea Central				
<i>E. delegatensis</i>	145,2	11,7	395	477
<i>E. fastigata</i>	122,1	12,2	442	511
<i>E. globulus ssp bicostata</i>	92,4	12,0	543	628
<i>E. globulus ssp globulus</i>	100,5	11,9	518	506
<i>E. globulus ssp maidenii</i>	91,0	11,9	545	642
<i>E. nitens</i>	138,1	14,3	424	524
<i>E. obliqua</i>	116,8	12,1	465	514
Zona Oceánica Los Lagos				
<i>E. delegatensis</i>	138,1	12,6	421	522
<i>E. globulus ssp globulus</i>	121,7	12,4	428	536
<i>E. regnans</i>	169,1	12,3	372	470

Fuente: Pérez (1982); Pérez (1983)

(1) : Ver Capítulo VIII

En el caso de *E. regnans* y *E. globulus ssp. globulus* las densidades disminuyen considerablemente en la Zona Oceánica de Los Lagos. Esto coincide con lo señalado por Melo et al. (1981), quienes indican que la densidad de *E. globulus ssp. globulus* tiende a disminuir de

norte a sur, aunque manteniéndose dentro de un rango relativamente estrecho, cuyo valor medio es 540 kg/m³.

En general los datos obtenidos por Melo et al. (1979; 1981) son consistentes con los del

Cuadro IX-4. En ambos casos se obtuvieron muestras de las parcelas de introducción de especies de INFOR.

Como es de suponer, las densidades básicas de todas las especies son muy inferiores a las que éstas presentan en su estado natural. Por ejemplo, en Australia la densidad básica en seco (12% C.H.) de *E. delegatensis* varía entre 650-720 kg/m³; *E. regnans* de 650-720 kg/m³; *E. globulus ssp globulus* de 730-800 kg/m³ y *E. nitens* de 650-720 kg/m³ (FAO,1979), todos valores muy superiores a los medidos en Chile. Esto resulta lógico, ya que los datos nacionales corresponden a plantaciones jóvenes, de menos de 20 años.

Al comparar algunas especies con otras de edad semejante crecidas en Australia, se encuentran datos similares. Mc Kimm (1985) analizando una serie de procedencias de *E. nitens* encuentra valores muy semejantes a los obtenidos en Chile para esta especie (433-450 kg/m³).

Chafe (1986) analiza árboles de *E. regnans* de 40 años y determina un promedio de 436 kg/m³, lo cual se acerca a los datos presentados en el Cuadro IX-4.

Contenido de Humedad

Como se aprecia en el Cuadro IX-4, los contenidos de humedad de la madera varían notablemente según especie y zona de crecimiento. Los menores valores corresponden a *E. cladocalyx* y *E. citriodora* cuyas muestras fueron obtenidas al norte de La Ligua (V Región), mientras que los mayores contenidos de humedad corresponden a *E. delegatensis* (VIII Región) y *E. regnans* (X Región) con 145,2 y 169,1%, respectivamente.

El contenido de humedad varía dentro del

árbol, tanto en sentido radial como en altura. El duramen contiene mayor humedad que la albura; lo mismo sucede con la parte baja del árbol en relación a la sección superior; se produce una disminución de la humedad desde la base hacia la punta del árbol (Hillis, 1978).

Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas son las que indican la capacidad que tiene la madera para resistir diversas sollicitaciones. De acuerdo a los valores de las distintas propiedades se pueden determinar los posibles usos de la madera.

En los Cuadros IX-5 y IX-6 se entregan algunas propiedades mecánicas de varias especies del género *Eucalyptus*. Estas determinaciones fueron realizadas por el Instituto Forestal (Pérez, 1982; Pérez, 1983) con muestras obtenidas de parcelas del programa de introducción de especies de la misma institución. La edad de los árboles muestra fluctúa entre 15 y 20 años.

El Cuadro IX-5 entrega las propiedades obtenidas en estado verde, con un contenido de humedad variable, dependiendo de la especie y zona en que se obtuvo la muestra.

El Cuadro IX-6 presenta las propiedades en estado seco, esto es con un contenido de humedad del 12%, o muy cercano a éste.

Densidad Básica

Como se discutió anteriormente, la densidad básica de la madera de eucalipto varía considerablemente entre especies.

Las especies de mayor densidad son *E. citriodora* y *E. cladocalyx*. No se han realizado los ensayos con *E. sideroxylon*, que se supone debe tener una densidad aún mayor.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE DIVERSAS ESPECIES DEL GENERO EUCALYPTUS
ESTADO VERDE (1)

Especie y Zona de Crecimiento	Densidad Básica Kg/m ³	Módulo de Rotura (M pa)	Módulo de Elasticidad (M pa)	Compresión Paralela (M pa) (2)	Tensión Normal (M pa)	Dureza Normal (N)	Tenacidad Tangencial (N/m)	Clivaje Tangencial (N/mm)	Cizalle Tangencial (N/mm)
<i>E. citriodora</i> (MSA,V,C)	654	86.2	10.273	23.8	5.0	6865	53.1	82	102
<i>E. cladocalyx</i> (MSA,RM)	607	75.2	8.926	34.3	4.5	6816	35.2	102	121
<i>E. delegatensis</i> (MSA,VI,C)	437	59.4	7.449	25.0	3.7	3883	46.9	83	79
<i>E. delegatensis</i> (ZMC,VIII)	395	54.3	7.163	23.3	3.5	3256	34.1	54	84
<i>E. delegatensis</i> (ZMC,IX)	421	60.6	6.685	27.2	3.7	4315	36.6	63	104
<i>E. fastigata</i> (MSA,VI)	455	76.8	8.790	32.9	4.2	5031	37.1	80	112
<i>E. fastigata</i> (ZMC,VII)	433	76.8	8.760	30.7	3.6	5217	39.8	74	108
<i>E. fastigata</i> (ZMC,VIIIIN)	462	81.0	8.370	31.4	4.5	5050	37.5	82	112
<i>E. fastigata</i> (ZMC,VIIIS)	417	70.4	7.940	30.9	4.3	4687	32.0	77	108
<i>E. globulus ssp bicostata</i> (ZMC,VII)	532	82.0	8.436	29.7	4.9	5501	64.9	92	109
<i>E. globulus ssp bicostata</i> (ZMC,VIII)	543	79.9	10.553	34.0	4.4	5384	57.1	84	114
<i>E. globulus ssp globulus</i> (MSA,V)	530	80.4	10.063	31.0	5.3	4933	40.8	76	105
<i>E. globulus ssp globulus</i> (MSA,V)	491	69.2	8.394	30.3	4.2	4648	54.7	74	93
<i>E. globulus ssp globulus</i> (MSA,VI)	509	70.0	9.853	29.0	3.8	3962	45.8	89	85
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,VII)	506	73.6	9.234	31.1	3.4	3874	47.2	86	90
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,VIIIIN)	521	80.8	13.504	32.6	3.0	4943	39.3	46	94
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC, VIIIS)	505	73.2	11.463	28.9	4.7	4746	53.3	88	99
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC, IX)	428	68.2	7.864	28.9	3.3	4070	59.7	68	89
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,VII)	544	85.9	9.981	32.7	4.7	5099	63.8	84	102
<i>E. globulus ssp maidenii</i> (ZMC,VIIIIN)	545	86.4	13.817	35.3	4.8	5668	62.9	75	86
<i>E. nitens</i> (ZMC,VIIIS)	380	55.8	8.150	24.9	4.2	3697	31.1	62	81
<i>E. nitens</i> (ZMC,VIII,VC)	467	73.9	11.200	30.4	4.7	4560	49.1	81	100
<i>E. obliqua</i> (ZMC,VIIIIN)	465	69.1	8.807	28.7	3.4	4276	34.2	64	89
<i>E. regnans</i> (ZMC,VII)	412	68.0	7.930	27.8	3.4	3707	37.5	57	77
<i>E. regnans</i> (ZOL,X)	372	53.8	6.430	21.1	3.9	3079	28.8	59	80

(1) Contenido de Humedad Variable

(2) Tensión Máxima

MSA: Zona Mediterránea Semiárida

ZMC: Zona Mediterránea Central

ZOL: Zona Oceánica Los Lagos

N: Norte

S: Sur

VC: Valle Central

C: Costa

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE DIVERSAS ESPECIES DEL GENERO EUCALYPTUS
ESTADO SECO (1)

Especie y Zona de Crecimiento	Densidad Básica Kg/m ³	Módulo de Rotura (M pa)	Módulo de Elasticidad (M pa)	Compresión Paralela (M pa) (2)	Tracción Normal (M pa)	Dureza Normal (N)	Tenacidad Tangencial (N/m)	Clivaje Tangencial (N/mm)	Clizaje Tangencial (N/mm)
<i>E. citriodora</i> (MSA,V,C)	761	-	-	-	-	-	-	-	161
<i>E. cladocalyx</i> (MSA,RM)	663	109.5	10.540	54.8	-	11640	39.9	129	180
<i>E. delegatensis</i> (MSA,VI,C)	521	-	-	44.8	-	4129	35.9	67	137
<i>E. delegatensis</i> (ZMC,C,VIII,CS)	453	-	-	48.2	-	3805	20.5	68	116
<i>E. delegatensis</i> (ZMC,IX,VC)	509	-	-	49.2	-	4786	24.6	86	123
<i>E. fastigata</i> (MSA,VI,C)	615	-	-	-	-	5580	29.5	-	126
<i>E. fastigata</i> (ZMC,VII,C)	578	-	-	56.7	-	6257	38.0	72	113
<i>E. fastigata</i> (ZMC,VIII,CN)	551	112.5	11.000	-	-	5041	29.3	-	92
<i>E. fastigata</i> (ZMC,VIII,CS)	512	81.3	7.680	53.0	-	4286	26.1	82	86
<i>E. globulus ssp bicostata</i> (ZMC,VII,C)	624	109.5	10.480	54.6	4.5	6659	36.5	120	146
<i>E. globulus ssp bicostata</i> (ZMC,VIII,CN)	654	-	-	65.7	3.9	6512	43.4	102	142
<i>E. globulus ssp globulus</i> (MSA,V)	634	106.9	11.270	53.0	5.5	6776	32.1	92	136
<i>E. globulus ssp globulus</i> (MSA,V)	578	-	-	51.7	5.4	5511	33.7	84	149
<i>E. globulus ssp globulus</i> (MSA,VI,C)	578	-	-	56.0	3.8	5296	44.7	80	111
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,VII,C)	592	115.5	11.930	54.8	-	6463	33.1	93	134
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,VIII,CN)	646	136.5	18.990	80.3	5.0	6806	47.3	97	123
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,VIII,CS)	598	124.6	14.640	63.6	4.5	5864	36.8	104	144
<i>E. globulus ssp globulus</i> (ZMC,IX,VC)	530	86.2	10.520	51.4	4.1	4786	33.9	89	129
<i>E. globulus ssp maidenii</i> (ZMC,VII,C)	627	-	-	60.2	-	7286	38.2	-	147
<i>E. globulus ssp maidenii</i> (ZMC,VIII,CN)	670	-	-	79.3	4.6	7080	52.4	117	155
<i>E. nitens</i> (ZMC,VIII,CS)	427	84.6	10.260	-	-	3217	19.6	59	109
<i>E. nitens</i> (ZMC,VIII,VC)	563	117.8	13.390	56.4	3.6	5766	26.6	88	142
<i>E. obliqua</i> (ZMC,VIII,CN)	527	102.6	10.950	53.0	-	4452	16.1	71	109
<i>E. regnans</i> (ZMC,VII,C)	477	-	-	47.7	-	3609	26.3	64	106
<i>E. regnans</i> (ZOL,X,1)	450	-	-	43.6	2.1	3285	16.4	58	97

(1) Contenido de Humedad 12%

(2) Tensión Máxima

Las menores densidades corresponden a *E. regnans*, *E. nitens* y *E. delegatensis*, es decir a las especies de más rápido crecimiento. *E. globulus ssp. globulus*, a pesar de presentar una tasa de crecimiento bastante alta en algunos de los lugares de ensayo, por ejemplo Leonera y Antiquina, presenta densidades considerablemente más elevadas (521 y 505 kg/m³, respectivamente). Las diferencias existentes entre las tres subespecies de *E. globulus* creciendo en un mismo lugar son mínimas, siendo *E. globulus ssp. maidenii* la de mayor densidad.

El efecto del sitio en la densidad se manifiesta en algunos casos. En *E. globulus ssp. globulus* la mayor y menor densidad se produce en la V y IX Región, respectivamente. En el caso de *E. nitens* también se produce una considerable diferencia entre la muestra costera y la obtenida en las parcelas interiores.

Flexión

La flexión es la resistencia que opone una pieza de madera a una carga puntual aplicada en el centro de la luz (distancia entre apoyos).

El módulo de rotura es la medida de la máxima capacidad resistente que tiene una pieza de madera para soportar una carga aplicada en forma gradual, durante un período corto de tiempo, y se expresa en unidades de presión.

El módulo de rotura en estado seco no ha sido determinado para todas las especies. Las maderas de menor resistencia serían las de *E. fastigata* y *E. nitens* crecidas en la costa de la VIII Región. La madera de esta última especie crecida en el interior presenta un valor considerablemente más alto. El *E. globulus ssp. globulus* es el que presenta los mayores valores del módulo de rotura, pero también presenta valores muy bajos, como los de las muestras tomadas en la IX Región. Hillis (1978) indica valores en el rango 139 - 154 MPa para madera en estado seco y de 111 - 124 MPa, en estado verde, para esta especie en Australia. Los valores en estado verde obtenidos en Chile son consi-

derablemente menores (68,2 - 80,8 MPa), no así los valores obtenidos en estado seco que en algunos casos se acercan bastante al rango australiano. Esta gran diferencia se debe a la edad de los árboles muestreados, ya que los datos australianos corresponden a árboles maduros.

De acuerdo a estos antecedentes, la madera de *E. globulus* sería la más conveniente para estructuras de gran luz, por ejemplo, puentes.

El módulo de elasticidad es la medida de la resistencia a la deformación de la pieza de madera en sentido vertical.

Al igual que en el caso del módulo de rotura, el *E. globulus ssp. globulus* presenta valores altos, sólo superados por *E. globulus ssp. maidenii*. Las maderas con menor resistencia a la deformación serían *E. regnans*, *E. delegatensis* y *E. fastigata*, es decir, las especies del Grupo Ash.

E. nitens, que en ciertas características se asemeja a las especies anteriores, presenta un módulo de elasticidad bajo sólo en áreas en donde ha experimentado un crecimiento extremadamente rápido. De acuerdo a los datos entregado por INFOR - CORFO (1986) los árboles de *E. nitens* de donde se obtuvieron estas muestras serían los con la mayor tasa de crecimiento registrada en el país.

Los módulos de elasticidad de las mismas especies en su estado natural son superiores (Hillis, 1978). *E. globulus* presenta los valores más altos en un rango de 19.400 - 21.700 MPa, en estado seco, lo cual no se aleja demasiado del más alto de los valores obtenidos en Chile (18.990 MPa, correspondiente a la zona de Menque, VIII Región).

Compresión Paralela

Es la resistencia que opone una pieza de madera a una carga aplicada en el mismo sentido de la dirección de sus fibras (Pérez, 1983).

Al igual que en las otras propiedades, existen diferencias considerables entre las especies ensayadas. La mayor resistencia a la compresión paralela está directamente relacionada con la densidad. Es así como *E. cladocalyx* y *E. citriodora*, que son las maderas más densas, son también las de mayor resistencia a la compresión paralela. Entre las especies de más rápido crecimiento *E. globulus ssp. maidenii* y *E. globulus ssp. globulus* presentan los mayores valores.

Dureza

Es la resistencia que opone la madera a la penetración de cuerpos que tengan mayor solidez y consistencia que ella (Pérez, 1983).

En este caso se entrega la dureza normal, que indica la resistencia que ofrece la madera a la penetración en sentido perpendicular a la dirección de las fibras.

La dureza, al igual que la compresión paralela está directamente relacionada a la densidad. La madera más dura entre las ensayadas es la de *E. cladocalyx* (11.640 N). Las más blandas corresponden a *E. nitens* y *E. regnans* (3.217 y 3.285 N, respectivamente). En condiciones naturales (Hillis, 1978) estas 2 especies presentan menor dureza que las otras especies con valor comercial. En estado verde *E. nitens* presenta una dureza 4.050 a 4.450 N; en cambio *E. globulus* fluctúa entre 8.050 y 8.900 N. Esto da ventajas a la primera especie para ciertos usos, por ejemplo, fabricación de tableros de partículas.

Tenacidad

Es la capacidad que tiene la madera de absorber energía al aplicarse una carga que actúa en forma instantánea sobre ella. También se le denomina flexión dinámica.

Los mayores valores en esta propiedad corresponden a *E. globulus ssp. bicostata*; *E. globulus ssp. maidenii* y *E. globulus ssp. globulus*. Nuevamente las especies del Grupo Ash son las que presentan la menor resistencia a esta

solicitud. En estado natural *E. globulus* es también una de las especies con mayor tenacidad (28,4 a 31,6 N/m en estado seco).

Clivaje

Es la resistencia que ofrece la madera al rajamiento. En este caso se entrega el clivaje tangencial que es aquel en que el plano de falla es tangente a los anillos de crecimiento (Pérez, 1983).

Entre las especies ensayadas, la que pone mayor resistencia al rajamiento es *E. cladocalyx*. Entre las de rápido crecimiento, nuevamente es *E. globulus* la que presenta los mayores valores. Esto mismo sucede en estado natural entre las especies de mayor importancia económica en Australia (Hillis, 1978).

El valor de 46 N/mm entregado para *E. globulus ssp. globulus* crecido en la Zona Mediterránea Central, en la zona costera en la VIII Región, es muy bajo para la especie. El valor en estado seco está dentro de rangos normales.

Cizalle

Es la capacidad que tiene la madera para resistir fuerzas que tienden a causar el deslizamiento de una sección sobre otra adyacente. Esta solicitud puede presentarse tanto en sentido paralelo a las fibras como perpendicular a ellas. Este último caso no se considera entre las propiedades mecánicas de la madera ya que "a priori" se sabe que ésta presenta una gran resistencia en este sentido, lo cual otorga completa seguridad ante cualquier requerimiento (Pérez, 1983). En este caso se entrega el cizalle tangencial, en el cual la solicitud es paralela a las fibras y origina un plano de falla tangente a los anillos de crecimiento.

Así como en el clivaje, la mayor resistencia corresponde a *E. cladocalyx*. Entre las especies de rápido crecimiento los mayores valores corresponden a *E. globulus* y a *E. nitens*, crecido en el interior. Al igual que con todas las propiedades mecánicas estudiadas, los meno-

res valores corresponden a especies del Grupo Ash.

Tracción

Es la resistencia que opone la madera a una carga de tracción aplicada en dirección perpendicular a las fibras. En este caso se entrega la tracción normal radial, en la cual el plano de falla se dispone en forma perpendicular a los anillos de crecimiento (Pérez, 1983). *E. globulus ssp. globulus* crecido en condiciones de semiaridez (Norte de la V Región) es la especie que presenta la mayor resistencia a la tracción. Dentro de esta misma especie se presentan diferencias considerables. La resistencia a la tracción tiende a disminuir en la medida que mejoran las condiciones del sitio, llegándose a los valores más bajos con la misma especie crecida en Antiquina (VIII Región).

Problemas Asociados a la Calidad de la Madera

Como la mayoría de las especies forestales, las del género *Eucalyptus* presentan una serie de características que pueden afectar la calidad de la madera como materia prima para la elaboración de diversos productos.

Muchas de estas características están asociadas a la especie y otras se ven afectadas por el medio ambiente o el manejo que se da al bosque.

Tensiones de Crecimiento

Las fuerzas generadas entre capas sucesivas de madera al producirse el crecimiento y la necesidad de mantener la copa en una posición lo más vertical posible, producen tensiones en el interior del tronco que se manifiestan al momento de la corta.

Cuando hay mucha tensión, se pueden producir rajaduras al momento del volteo y posteriormente en las trozas, especialmente si son almacenadas al sol. El daño durante el volteo puede aumentar al producirse tensiones debido al empleo de técnicas inadecuadas.

La presencia de tensiones de crecimiento

depende de factores genéticos y también de la interacción entre crecimiento y medio ambiente. Esto permite realizar una selección genética tendiente a obtener una menor proporción de rajadura en las trozas (Nicholson, 1973).

Las tensiones de crecimiento pueden mostrar una considerable variabilidad entre especies, entre árboles y dentro de un mismo árbol, especialmente en árboles inclinados (Chafe, 1985).

El mismo autor señala que en el caso de *E. nitens* las tensiones de crecimiento disminuyen con la altura, siendo considerablemente inferiores las que se producen a 15 m con respecto a las producidas a 1,5 m (5,5 y 9,4 M Pa, respectivamente). En *E. regnans* en cambio se produce lo contrario, generándose una tensión considerablemente menor en las trozas inferiores (Chafe, 1981). Esto lo confirma Ferrand (1982) trabajando con *E. delegatensis* y *E. nitens*.

Las razones de esta variación en las tensiones no son todavía conocidas.

El conocer esta variación puede ser importante para decidir la utilización de la madera. En el último caso, las trozas obtenidas de la porción más alta del fuste tendrán más tendencia a rajarse en las puntas debido a las mayores tensiones y a una mayor gradiente de tensión que se produce en trozas de menor diámetro. Si se logra determinar esta tendencia se puede hacer una mejor selección de las trozas a aserrar (Chafe, 1981).

No existe mucha información en cuanto al efecto de las técnicas silviculturales en las tensiones de crecimiento. Un rodal uniforme en el tamaño de los árboles y uniformemente espaciado debería reducir el nivel de tensiones (Hillis, 1978).

Ferrand (1982) señala que las tensiones de crecimiento estarían relacionadas con el espa-

ciamiento y la calidad del sitio.

El indica que existe una buena posibilidad de modificar la magnitud de las tensiones de crecimiento mediante un manejo silvícola simple, ya que este problema parece estar muy relacionado con la densidad del rodal y por lo tanto con la competencia entre árboles. A menor competencia menores serían las tensiones de crecimiento, por lo tanto un espaciamiento amplio, obtenido mediante raleos intensos, debería producir trozas más adecuadas para aserrío o chapas. Revell (1981) citado por Ferrand (1982) coincide en estas apreciaciones al señalar que, a la misma edad, las trozas de mayor tamaño son más fáciles de aserrar y que los árboles que han crecido sin competencia (en caminos, potreros, etc.) son los que producen las mejores trozas. La calidad de sitio, por la misma razón, tiene importancia. A mayor calidad de sitio menores serán las tensiones de crecimiento. En sitios pobres aún los árboles dominantes de mayor tamaño son difíciles de aserrar (Ferrand, 1982). Nicholson (1973) sugiere que la mejor solución para reducir las tensiones de crecimiento es el mejoramiento genético.

Otro factor que afecta la liberación de las tensiones es el contenido de humedad al momento del volteo. En buenos sitios, si los árboles se voltean cuando el suelo está saturado, el rajado de las trozas se intensifica (Hillis, 1978).

Existen varias alternativas para reducir el grado de rajado en las trozas. En general, una extensión de la rotación debería reducir los niveles de tensión. En trozas de mayor diámetro debe existir un mayor volumen de madera aserrable con menos tensiones y por lo tanto con menor tendencia a rajarse.

Otra alternativa para reducir tensiones es detener el crecimiento de los árboles, o al menos disminuirlo, por un período de algunos meses antes de la corta. Esto permitiría una disminución de las tensiones internas. Giordano et al.

(1969) citado por Hillis (1978) indican que al anillar la corteza de árboles de *E. camaldulensis* un tiempo antes de la corta (no indica cuanto tiempo) resultó en una reducción considerable de las tensiones. El mismo autor señala que esta técnica no es de aplicación general, ya que no resultó al aplicarla en otras especies (*E. viminalis*, *E. globulus ssp. maidenii* y *E. regnans*). El empleo de este sistema también se ve limitado por la presencia de taladradores, por ejemplo *Phoracantha semipunctata*, que atacaría rápidamente los árboles anillados, provocando un daño considerable en el exterior de las trozas.

Con el fin de minimizar este ataque, en vez de anillar el árbol se sugiere reducir su tasa de crecimiento provocando una defoliación parcial, producida mediante el empleo de un herbicida. Waugh (1977) trató con herbicidas una parcela de *E. regnans* causando una severa defoliación un año antes de la corta. Este tratamiento no produjo mortalidad y redujo significativamente las tensiones periféricas (de 15% a 20%).

Una vez volteados los árboles también se pueden reducir sus tensiones. Las rajaduras terminales en las trozas se reducen considerablemente con el solo hecho de almacenarlas a la sombra. Si éstas se almacenan en agua la reducción de las rajaduras es aún mayor. Lo mismo se logra al almacenarlas en una cancha con riego por aspersión. Esto ha sido demostrado por diversos autores para un buen número de especies (Hillis, 1978).

Otro sistema empleado para reducir tensiones, especialmente en la producción de chapas, es la inmersión en agua hirviendo por 24 horas. Esto, sin embargo, puede producir otro tipo de rajaduras. El calentamiento de las trozas también se señala como un método para reducir este problema (FAO, 1979).

Un sistema de aserrío adecuado también puede disminuir el efecto de las tensiones internas de las trozas.

Madera de Tensión

La madera de tensión es una manifestación extrema de una tensión de crecimiento.

El fuste y la copa del árbol siempre tienden a mantener una posición de equilibrio en el plano vertical, por lo tanto al salirse de éste, el árbol tiende a formar madera de reacción para retomar el equilibrio. Vientos dominantes, raleos u otros factores físicos pueden conducir a la formación de madera de reacción, la cual es típica en árboles inclinados o torcidos. También se le encuentra con frecuencia en árboles con un crecimiento radial excéntrico (Hillis, 1978).

Dado que la madera de tensión es parte de un mecanismo de reorientación del crecimiento en respuesta a cambios en el medio ambiente, normalmente se desarrolla durante los primeros años, aún cuando puede desarrollarse a cualquier edad.

La madera de tensión es anatómicamente diferente a la madera normal; tiene gran contenido de celulosa, muy poca lignina y mayor densidad.

Esta madera presenta muchos más problemas al momento del secado y normalmente se colapsa, sin que sea posible su recuperación. La calidad de la pulpa también se puede ver disminuida ya que las fibras tienen un mayor espesor en sus paredes, lo cual puede reducir su capacidad de unión (Hillis, 1978).

Madera de Corazón (Brittle Heart)

Muchas especies latifoliadas y entre ellas los eucaliptos presentan este problema, que es la presencia, en el centro de la troza, de una madera de muy baja densidad, escasa resistencia y de un color más pálido que la madera normal.

La formación de este tipo de madera sería el resultado de grandes tensiones de crecimiento en la periferia y de vientos severos, que producen fuerzas en la sección interior del tronco muy superiores a la que cualquier madera puede

resistir, provocando una rotura de las paredes de algunas fibras.

El porcentaje del volumen del árbol que puede estar afectado por este problema varía entre especies y entre árboles de una misma especie. Hillis (1978) indica que en 50 trozas de *E. robusta* sólo una no presentaba el problema y también en una troza sólo la albura no estaba afectada. Este autor también cita otro estudio en que se analizaron trozas de 10 rodales, encontrándose que esta madera ocupaba entre el 6,9 y el 22,2% del volumen total.

Para reducir este problema se deben seleccionar árboles de alta densidad en su madera juvenil y luego hacer un manejo que evite el inicio de grandes tensiones de crecimiento. Según lo recomendado por Ferrand (1982) esto se lograría con la plantación en buenos sitios, con espaciamentos amplios.

En Chile, la madera de corazón se presenta en prácticamente todas las trozas de *E. globulus*, ocupando un cilindro central de unos 5 cm de diámetro. Este material normalmente se destina a astillas (J. Torrico, Com. personal).

Kino

Kino es una exudación polifenólica que se encuentra en la corteza y en la madera de los eucaliptos, formando "venas" o "bolsas".

La presencia de kino es una de las razones más usuales de rechazo de madera en Australia. Cuando las venas son pequeñas la madera queda descalificada para su uso en recubrimientos y mueblería; si son mayores pueden debilitar la madera en algunas de sus propiedades mecánicas.

El kino también disminuye el rendimiento de pulpa e incrementa el consumo de productos químicos en los procesos.

La presencia de kino varía según la especie, el espesor de la corteza, ocurrencia de daño

en el cambium durante el período de crecimiento (insectos u otros), vigor del árbol y otros factores (Hillis, 1978).

El origen de la presencia de kino en la madera no está bien definido. Doran (1975) concluyó que la formación de venas de kino se debía más a condiciones ambientales que a factores genéticos. Nelson y Hillis (1978), en cambio, sostienen que existe una significativa influencia genética en la formación de venas de kino (*E. regnans*) lo cual abriría una interesante posibilidad de solución de este defecto a través del mejoramiento genético.

En Sud-Africa este defecto aparece comúnmente en *E. diversicolor* y *E. obliqua*, también en *E. fastigata*; es poco común en *E. saligna* y *E. grandis* y no ha sido encontrado en *E. nitens*.

En Chile, la presencia de bolsas de kino es más frecuente en la madera de *E. globulus* que las venas. No existen antecedentes precisos en cuanto a la aparición de este defecto, pero se estima que en el área de Colcura (VIII Región) podría estar presente en hasta un 10% de las trozas (J. Torrico, Com. personal).

Utilización

La madera de las especies del género *Eucalyptus* tiene un amplio rango de utilización, desde leña hasta productos con un alto valor agregado, como la pulpa y el papel.

A continuación se describen brevemente algunas formas de utilización y los procesos asociados a cada una de ellas.

Pulpa y Papel

En varios países del mundo, el abastecimiento de la industria de pulpa y papel está basado en plantaciones del género *Eucalyptus*. Australia, Brasil, República de Sud Africa, España y Portugal son los países en donde se hace un mayor uso de estas especies en la industria de celulosa y papel.

En Chile, el empleo de madera de eucalipto en la producción de pulpa y papel ha sido hasta hoy baja, pero se espera un incremento considerable durante los próximos años. En la actualidad su consumo representa aproximadamente un 5% del total de la madera empleada en la industria de celulosa y papel.

Muchas especies de este género pueden ser empleadas con este propósito; otras, en cambio, por su alta densidad son menos adecuadas. Esto se debe principalmente a ciertas características anatómicas de la madera.

Algunos Factores que Afectan los Procesos y Propiedades de la Celulosa y el Papel

A continuación se discute brevemente la incidencia de algunas propiedades de la madera en los procesos y características de los productos obtenidos.

Densidad Básica

La densidad básica de la madera es considerada como una de las características que más influyen en las propiedades de la pulpa y el papel. Las propiedades de resistencia del papel, que están directamente asociados a la unión entre las fibras, disminuyen considerablemente en la medida que aumenta la densidad de la madera. La suavidad del papel se ve afectada de la misma manera (Higgins, 1978).

Antecedentes sobre la densidad básica de las maderas de eucalipto en Chile se presentan en los Cuadros IX-4, IX-5 y IX-6.

Contenido de Extraíbles

El contenido de extraíbles en los árboles está altamente relacionado con la edad. En árboles de eucalipto de mucha edad el contenido de extraíbles puede llegar a un 20% del peso total. La mayoría de los compuestos son compuestos fenólicos, con alguna proporción de ácido elágico.

El contenido de extraíbles incide en los procesos de pulpaje de varias maneras, pero principalmente incrementando el consumo de

productos químicos y reduciendo el rendimiento de pulpa. También, la presencia de extraíbles puede afectar las estructuras de los digestores, cañerías, etc., ya que al reaccionar con algunos metales produce incrustaciones, algunas de ellas difíciles de extraer.

Además, otros procesos de pulpaje se ven afectados, especialmente cuando se emplea madera de bosques adultos. La madera de bosques jóvenes, de rápido crecimiento, no produce grandes problemas (Higgins, 1978).

El contenido de extraíbles de las especies de rápido crecimiento en Chile es bajo, con un máximo de 2,9%, correspondiente a *E. globulus* ssp. *bicostata* plantado en la VII Región. El mismo estudio, realizado por Melo et al. (1979) indica que existe una tendencia a la disminución del porcentaje de extraíbles cuando las condiciones de sitio son más favorables.

Vasos

La presencia de vasos en la madera de eucalipto puede producir ciertos problemas en papeles de impresión. Los vasos pueden resistir a los procesos de pulpaje y blanqueado y quedar en la superficie de la hoja de papel. Durante el proceso de impresión tienden a levantarse dejando áreas en blanco, lo cual disminuye la calidad de ésta.

Cuando los vasos son de escaso diámetro el problema no es serio, pero obliga a tratar el papel para evitar el problema (Higgins, 1978).

Longitud y Características de las Fibras

La longitud de fibra es una característica importante, debido a su efecto en la resistencia del papel. En general los eucaliptos presentan fibras cortas (0,6 a 1,4 mm) lo cual favorece la producción de cierto tipo de productos, tales como papel de impresión y escritura. Esto en cambio no es favorable para la producción de papeles de mayor resistencia, para lo cual el eucalipto debe mezclarse con madera de fibra larga.

Otra característica importante de la fibra es el espesor de sus paredes. Las especies de alta densidad presentan fibras con paredes gruesas, lo cual disminuye la calidad del papel, ya que le resta resistencia.

En la fabricación de papel, las fibras de mayor diámetro y paredes delgadas son superiores a las fibras angostas y de paredes gruesas. Esto se relaciona con la flexibilidad y la aptitud para colapsar éstas que presentan.

Antecedentes sobre longitud y diámetro de fibras y espesor de pared de varias especies de eucaliptos introducidas a Chile, se presentan en el Cuadro IX-3.

De acuerdo a estos antecedentes, las especies menos adecuadas para la fabricación de pulpa y papel serían *E. cladocalyx* y *E. citriodora*. En cambio *E. globulus* y *E. regnans* serían las más convenientes.

Contenido de Lignina

La lignina es el compuesto que mantiene las fibras unidas. Posee una estructura compleja y es menos hidrófila que la fracción de carbohidratos de la madera, lo que la hace indeseable como constituyente de la pulpa. También confiere a las fibras un cierto grado de rigidez, dificultando los procesos destinados a darles flexibilidad (Melo y Paz, 1978).

Los contenidos de lignina de algunas de las especies introducidas en Chile se presentan en el Cuadro IX-1.

Edad de los Árboles

Para la producción de pulpa son preferibles los árboles jóvenes, de baja densidad, ya que requieren de menos productos químicos durante el pulpaje; tienen un mayor rendimiento; tienen menor contenido de extraíbles, reduciendo los problemas que éstos generan y producen un papel de mayor resistencia; entre otras ventajas.

Los árboles jóvenes en algunos casos pueden ser empleados con corteza. Esto, bajo las mismas condiciones de pulpaje, produce una pulpa ligeramente más oscura y consume más cloro en el blanqueado y el número Kappa (indicador de contenido de lignina residual en pastas sin blanquear) es superior, pero sus propiedades no se ven afectadas. Esto fue probado por Sibly et al. (1976) (citado por Higgins, 1978) con *E. globulus* y *E. delegatensis*.

Esto puede permitir un uso más intensivo de la materia prima, al incluirse las ramas, que muchas veces, por su forma, son difíciles de descortezar.

Algunos Antecedentes sobre Procesos de Pulpaje Químico

Melo et al. (1979 y 1981) realizaron ensayos de pulpaje químico para diversas especies del género *Eucalyptus*, obteniendo muestras de los ensayos de Introducción de Especies del Instituto Forestal.

El Cuadro IX-7 resume las propiedades de algunas especies de este género.

Analizando las propiedades de cada especie como materia prima, sus respuestas al proceso de pulpaje y las propiedades de las pulpas obtenidas, Melo et al. (1981) las clasifican en las siguientes categorías :

Clase I :

- E. globulus ssp. globulus*
- E. globulus ssp. maidenii*

Clase II :

- E. regnans*
- E. delegatensis*
- E. globulus ssp. bicostata*
- E. grandis*
- E. fastigata*

Clase III:

- E. obliqua*

Clase IV :

- E. citriodora*
- E. cladocalyx*

Tableros de Madera

La madera presenta una serie de ventajas para diversos usos, dadas por su baja relación peso-resistencia, sus propiedades aislantes, su costo relativamente bajo, etc. Sin embargo, presenta algunas desventajas derivadas de su anisotropía, higroscopicidad y durabilidad natural y también por la presencia de defectos naturales.

Actualmente, con el uso de técnicas modernas de utilización de la madera, se mantienen las ventajas de este material eliminando o reduciendo las desventajas. Dentro de estas técnicas de utilización se encuentran los tableros y chapas y la madera laminada, conocidos como productos de madera reconstituída.

Los tableros más conocidos son los tableros contrachapados, los tableros de fibra, los tableros de partículas y combinaciones entre estos tres tipos.

Tableros Contrachapados

El uso de los eucaliptos en la fabricación de contrachapados ha requerido de un considerable esfuerzo técnico para resolver diversos inconvenientes naturales que presenta la madera de estas especies para la obtención de chapas (Macmillan, 1978).

Las principales propiedades de la madera de eucaliptos que dificultan la producción de chapas, son su relativamente alta densidad, su alto contenido de humedad en estado verde, la abundancia de grietas y rajaduras de extremo, producidas por las tensiones de crecimiento, y la tendencia al colapso durante el secado (Macmillan, 1978; FAO, 1979).

No obstante lo anterior, es posible producir contrachapados comerciales si se eligen con cuidado las especies a utilizar y se emplean las técnicas adecuadas. Las principales especies que han sido debobinadas en cantidades comerciales son *E. delegatensis*, *E. regnans*, *E. obliqua*, *E. marginata* y *E. diversicolor* (Macmillan, 1978). También es posible utilizar con buenos resultados *E. grandis* y *E. deglupta* (FAO, 1979).

CUADRO IX-7

RESUMEN PROPIEDADES PULPABLES SEGUN ESPECIE

Especie	Densidad (Kg/m ³)	Longitud Fibra (mm)	Indice Runkel (2e/dx100)	Contenido Lignina (%)	Tiempo Temp. Dig (min)	Rendim. Clasific. (%)	Indice Kappa	Consumo Alcali (%)	Consumo Cloro (%)	Blancura (%)	Factor Rasgado Máx.
<i>E. citriodora</i>	720	0,99	78	21,6	189,0	49,1	24,5	91,0	5,4	89	113
<i>E. cladocalyx</i>	670	0,80	64	21,7	179,0	47,4	19,9	98,2	4,4	89	70
<i>E. delegatensis</i>	440	0,76	34	21,9	100,0	49,8	15,8	76,4	3,7	89	77
<i>E. fastigata</i>	500	0,95	47	23,2	55,0	49,3	17,4	78,9	4,1	90	119
<i>E. grandis</i>	530	0,95	40	20,3	100,0	51,1	16,9	84,0	3,9	90	123
<i>E. globulus ssp. bicosata</i>	580	0,97	38	23,4	75,0	51,9	17,2	68,6	4,2	90	131
<i>E. globulus ssp. globulus</i>	540	0,89	32	21,0	100,0	53,1	13,7	28,2	3,1	91	125
<i>E. globulus ssp. maidenii</i>	600	1,01	39	20,7	75,0	54,2	14,7	71,4	3,3	91	136
<i>E. obliqua</i>	490	0,91	43	24,6	90,0	50,4	18,0	80,7	4,3	91	122
<i>E. regnans</i>	440	0,79	37	21,1	110,0	52,0	13,9	81,8	2,8	89	78

Con especies de densidades menores a 650 kg/m³ (base humedad de equilibrio) se pueden obtener chapas satisfactorias si la madera ha sido precalentada y el torno debobinador es adecuado. En especies de mayor densidad se obtienen chapas con numerosas grietas superficiales y extremadamente quebradizas (Macmillan, 1978).

Las tensiones de crecimiento son menores en madera de mayor edad, por lo que en Australia se prefieren las trozas provenientes de bosques naturales por sobre aquellas de plantaciones o de rebrotes, debido a la abundancia de rajaduras de extremo en estas últimas.

En especies como *E. diversicolor*, se pueden disminuir las rajaduras de extremo calentando trozas largas (60 a 80° C durante 1 a 3 días según el diámetro) que después de este tratamiento se cortan al largo requerido para el torno. El calentamiento disminuye las tensiones internas de la troza (FAO, 1979).

En especies que se debobinan en frío el procesamiento se debe hacer con un alto contenido de humedad, inmediatamente después de la explotación. Si no es así, las trozas se deben almacenar bajo agua o bajo pulverización permanente.

En especies que no presentan tendencia al colapso durante el secado, se pueden obtener chapas de calidad aceptable (*E. grandis*). Con aquellas especies susceptibles a este fenómeno, el secado debe ser muy cuidadoso (eucaliptos del Grupo Ash) o se obtendrán chapas de espesor irregular. Las contracciones del colapso afectan fuertemente el rendimiento y la calidad de éstas.

En general, de los eucaliptos se pueden obtener contrachapados sólo de tipo estructural. Sin embargo, con algunas especies se producen chapas foliadas decorativas mediante corte floreado. El corte debe ser floreado debido a que el corte cuarteado produce una veta muy simple

en la chapa y además, porque el primero normalmente reduce el colapso durante el secado (FAO, 1979).

Para este tipo de chapas se utilizan comercialmente *E. camaldulensis*, *E. delegatensis*, *E. diversicolor*, *E. globulus*, *E. maculata*, *E. marginata*, *E. obliqua*, *E. regnans* y *E. viminalis*, obteniéndose chapas sanas y adecuadas para paneles y muebles. Debido a la conveniencia del corte floreado las trozas deben alcanzar diámetros mínimos de unos 40 cm (FAO, 1979). Kininmonth et al. (1974) indican que las especies del grupo Ash (*E. regnans*, *E. delegatensis* y otras) producen chapas de excelente calidad.

Tableros de Fibras

Prácticamente todas las especies del género *Eucalyptus* son adecuadas para la producción de tableros de fibras, pero se tiende a usar aquellas con madera de menor densidad, con las cuales se obtienen tableros de colores más claros y de menor peso.

El proceso de fabricación de los tableros de fibra se inicia con el astillado. El tamaño de las astillas es importante; se considera que el largo óptimo en el sentido de la fibra es de 12,5 mm. Astillas menores pueden reducir el rendimiento, la resistencia y estabilidad del tablero.

Posteriormente las astillas son desintegradas agregando vapor y alta presión, en un defibrador. Luego las fibras son separadas de la lignina y hemicelulosa y sometidas a un proceso de refinación que permite obtener una mayor homogeneidad en el material.

Con la parte resultante se forma una lámina de fibra suspendida en agua, la cual se pasa por un rodillo, se corta al largo requerido, y luego se prensa con alta presión y temperatura, hasta darle la densidad y espesor requeridos.

Los tableros pueden ser sometidos a otra serie de procesos para aumentar su resistencia mecánica o al deterioro por efecto del agua. Los

tableros de fibra hechos con madera de eucaliptos presentan varias ventajas en relación a los hechos con otras especies. Normalmente no se necesita agregar resinas aglomerantes para producir un alto nivel de resistencia; como en el caso de las coníferas. Debido a la longitud de las fibras, que no floculan con la facilidad de las fibras largas, los tableros presentan una superficie más suave, lo que las hace preferibles como materia prima para ciertos productos.

En Australia se manufacturan tableros duros (de alta densidad) con *E. tereticornis* y *E. pilularis* en Queensland; con *E. saligna*, *E. maculata*, *E. microcorys*, *E. fastigata*, *E. tereticornis* y *E. pilularis* en New South Wales; con *E. obliqua* y *E. viminalis* en Victoria, y con *E. delegatensis*, *E. obliqua* y *E. viminalis* en Tasmania (Macmillan, 1978). En Brasil y Sudáfrica se producen tableros duros con madera proveniente de plantaciones de 8 a 10 años de *E. grandis* y *E. saligna*.

Tableros blandos (tableros aislantes de baja densidad) se producen con *E. fastigata* en Sudáfrica y con *E. saligna*, *E. grandis* y *E. alba* en Brasil (Macmillan, 1978).

Tableros de Partículas

La madera de eucalipto, especialmente la de aquellas especies de baja densidad, es adecuada para la producción de tableros de partículas. Se la puede utilizar con corteza, aunque deben evitarse las cortezas de tipo suberoso y con abundancia de kino como la que presentan las especies del Grupo Bloodwood. Algunas especies como *E. camaldulensis*, *E. dalrympleana*, *E. delegatensis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. obliqua*, *E. regnans* y *E. viminalis* han dado buenos resultados comerciales en tableros de este tipo (FAO, 1979).

Macmillan (1978) indica que en Australia los tableros de partículas normalmente se hacen con coníferas exóticas, principalmente *Pinus radiata*, empleándose para esto madera reducida a astillas de una amplia variedad de

tamaños y formas, las cuales son posteriormente secadas y tamizadas para obtener una humedad y tamaño uniformes. Finalmente éstas se aglutinan con adhesivos y se forma la lámina bajo calor y presión. La mayoría de los tableros que actualmente se producen constan de una estructura de capas, cada una de ellas constituida por partículas de diferente tamaño y forma, diseñada para ofrecer mejores propiedades. En algunos casos las partículas de cada capa están orientadas para obtener características especiales.

El mismo autor menciona que existen diversas experiencias en Australia con especies de eucaliptos, pero que por ahora sólo reducidos volúmenes de estas especies se utilizan en la fabricación de este tipo de tableros. Esto se debe a que se han empleado árboles maduros de bosques naturales, cuyas maderas son más duras y producen astillas de inferior calidad en relación a las de coníferas. Esto se debe a una alta proporción de partículas demasiado pequeñas, lo cual reduce los rendimientos.

Energía

En diversos países se utilizan grandes volúmenes de madera de eucalipto como combustible, tanto con fines domésticos como industriales.

Las principales especies cultivadas con este fin son *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. grandis* y *E. saligna*. La mayoría de las especies del género constituyen un buen combustible, tienen densidades relativamente altas y su poder calorífico es de 4700 a 4800 Kcal/kg (FAO, 1979).

La calidad de la madera como combustible está dada principalmente por su densidad y su contenido de humedad. Una mayor densidad de la madera implica un mayor peso de combustible por unidad de volumen, en tanto un menor contenido de humedad permite un mayor poder calorífico por unidad de peso.

En Chile se consumen cantidades importantes de madera como combustible. Una encuesta (realizada por CONAF, 1984) determinó que la Región Metropolitana consume anualmente unas 450 mil toneladas de leña en usos industriales, calefacción y otros. Un 86,4% de este consumo corresponde a madera de eucalipto.

Poder Calorífico

El poder calorífico o calor de combustión de un material es la cantidad de calor desprendido por la combustión completa de una unidad de peso de este material.

El poder calorífico superior o total (PCS) está determinado por la composición química del combustible y puede ser calculado a partir de ésta o medido en una bomba calorimétrica. El poder calorífico de la madera varía en pequeños montos según las especies, pudiendo llegar a diferencias extremas de 10 a 15% producidas por variaciones en el contenido de resinas, ceras u otros componentes, que presentan un poder calorífico mayor.

Covacevic (1979) determinó el poder calorífico superior para algunas especies utilizadas como combustible, según componentes anatómicos del árbol. (Cuadro IX - 8)

El poder calorífico superior o total de la madera sufre disminuciones dadas por el calor de vaporización del agua que se produce en la reacción de la combustión y, principalmente,

CUADRO IX-8

Poder Calorífico Superior Según Componente

ESPECIE	PODER CALORIFICO (Kcal/Kg)			
	Madera	Ramas	Hojas	Corteza
<i>Eucalyptus globulus</i>	4636	4580	5268	3944
<i>Pinus radiata</i>	4811	4974	5081	5136
Nativas	4632	4641	4862	4621

(Covacevic, 1979)

por el contenido de humedad de la madera. Este último reduce el poder calorífico inferior o utilizable (PCI) por dos razones. La primera es que en la unidad de peso de leña húmeda hay menor proporción de materia seca y la segunda es que durante la combustión se requiere de un calor de vaporización del agua contenida en la madera.

Kollmann (1959) determina el poder calorífico utilizable mediante una fórmula, en la cual se deducen las pérdidas indicadas en función del contenido de humedad.

$$PCI = \frac{PCS - 600 (CHs + 9H)}{1 + CHs} \quad (\text{Kollmann, 1959})$$

en que :

- PCI = Poder Calorífico Inferior (Kcal/kg)
- PCS = Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)
- CHs = Contenido Humedad (base peso seco) (% en decimal)
- H = Contenido de Hidrógeno de la madera (% en decimal, se puede usar como constante 0,064).

Como valores del poder calorífico superior se pueden emplear aquellos definidos por Covacevic (1979) para *E. globulus*, o simplemente un valor de 4700 Kcal/kg, habitualmente utilizado, independientemente de la especie.

Efecto de la Densidad y Contenido de Humedad

La densidad de la madera no afecta su poder calorífico, pero son preferidas las maderas más densas por su mayor relación peso-volumen, lo cual se traduce en mayor cantidad de combustible por unidad de volumen.

La densidad es fuertemente afectada por el contenido de humedad. La madera recién cortada presenta un contenido de humedad superior al 100% y en el caso de los eucaliptos pesa más de 1000 kg/m³. Si se seca hasta peso constante (estado anhidro) el peso se reduce casi a la

mitad y el volumen también sufre cierta reducción debido a contracciones que se inician cuando el contenido de humedad cae bajo aquel correspondiente al punto de saturación de las fibras (aproximadamente 30% base peso seco).

Barros (1984) estimó la densidad de *Eucalyptus globulus* mediante la medición, pesado y secado en horno de muestras de madera, encontrando que la densidad aparente de esta especie varía según su contenido de humedad, de la siguiente manera.

CUADRO IX-9

Densidad Aparente Según Contenido de Humedad (Base Peso Seco) *E. globulus*

CHs (%)	Da* (ton/m ³)
100	1,178
90	1,128
80	1,078
70	1,028
60	0,978
50	0,928
40	0,878
35	0,852
30	0,828
25	0,803
20	0,778
15	0,753
10	0,728
5	0,703
0	0,678

(Barros, 1984) Da = Densidad aparente

La reducción de volumen fue de un 6,76% hasta un CHs = 20% y alcanzó un total de 12,22% hasta CHs = 0%.

Comercialización de la Leña

En la zona central del país la leña de eucalipto se produce normalmente en plantaciones, con una primera rotación en monte alto de 12 a 20

años y después 2, 3 o más rotaciones en monte bajo de 8 a 10 años. Los rendimientos son de unos 10 m³/ha/año en sectores interiores y de unos 15-20 m³/ha/año en sectores costeros. Excepción a esto son las plantaciones ubicadas en lechos de río u otras condiciones de mayor humedad, en que el crecimiento puede ser considerablemente mayor.

La explotación se efectúa en primavera o principio de verano con el objeto que la leña se seque para la temporada de invierno que es la de mayor consumo. Los árboles se cortan en trozas de 1,10 m de largo hasta un diámetro límite de 4 cm. Las trozas de mayor diámetro se rajan longitudinalmente obteniéndose 2, 3, 4 o más astillas y posteriormente la madera se encastilla para ser secada al aire.

La velocidad de secado está en función de variables climáticas, como la temperatura y la humedad relativa del aire, y puede ser acelerada por la intensidad del viento, por lo que es importante un buen encastillado, que permita una adecuada circulación de aire.

En condiciones normales, en la zona central del país, se puede reducir la humedad hasta un 30% en 60-70 días, si se encastilla la madera adecuadamente. Si se la deja aperchada en el mismo lugar de la explotación, en pequeñas rumas, se conseguirá igual reducción de humedad en unos 100 días.

Se considera leña seca para uso industrial aquella cuyo contenido de humedad es de un 30% (base peso seco) o menos. Las empresas que la utilizan normalmente asignan un valor al kilo de leña al contenido de humedad indicado, valor que se castiga o bonifica proporcionalmente si la humedad es mayor o menor, respectivamente.

Aunque en última instancia la leña se comercializa en peso, existen algunas unidades intermedias denominadas cargas de leña. Estas están constituidas por 64 astillas de 1,10 m de largo y

un diámetro o sección variable. Si este último es de 4 a 8" será una carga de primera, si es de 2 a 4" será una carga de segunda y si es de menos de 2" será una carga de tercera. La carga de segunda acepta madera sin rajar, hasta el diámetro mínimo indicado. La carga de tercera es íntegramente madera sin rajar (murillo).

Una carga de primera equivale a 1,2416 m³ y una de segunda a 0,5 m³ (Peñaloza, 1986) y su peso es variable según el contenido de humedad.

Carbón Vegetal

De la madera de eucalipto se puede obtener un buen carbón vegetal, con un poder calorífico de 6700 Kcal/kg, que es aproximadamente el doble que el de la leña. Sin embargo, el proceso corriente de carbonización tiene una eficiencia de aproximadamente un 30% debido al escape de gases, por lo que de 1 kg de leña se obtiene 0,3 kg de carbón.

Aunque existe una pérdida importante de energía en el proceso de carbonización, el carbón tiene como ventaja el mayor poder calorífico por unidad de peso, su conservación indefinida sin deterioro, una simplificación en transporte y almacenamiento y su pureza, que lo hace utilizable en procesos químicos e industriales en los que no se puede emplear leña (FAO, 1979).

Existen importantes industrias en Argentina, Australia y Brasil, que emplean carbón de eucalipto en la fundición de hierro (FAO, 1979).

Madera Aserrada

La madera de las especies de Eucalyptus de mayor crecimiento en Chile puede ser satisfactoriamente aserrada y por sus propiedades, puede ser empleada con múltiples propósitos, incluyendo muebles y tornería. Esto ha sido demostrado en Nueva Zelanda, en donde estas especies crecen en condiciones similares a las chilenas (Kininmonth et al., 1974).

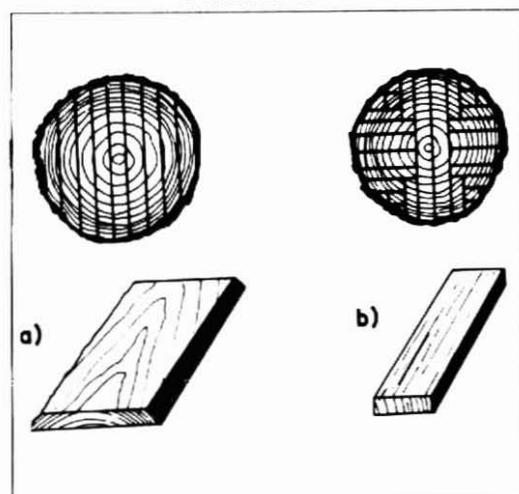
Las maderas de eucaliptos, sin embargo, presentan problemas en el aserrío, debido a que desarrollan una mayor cantidad de tensiones

internas en relación a otras especies. Esto se manifiesta en un mayor costo de aserrío y en un menor rendimiento, producto de los defectos generados al librarse estas tensiones.

Los porcentajes medios de conversión, según el estudio de Kininmonth et al. (1979), fueron de 41% para *E. fastigata*, 44% para *E. saligna* y 55% para *E. delegatensis*. Este también concluye que los árboles de mayor tamaño son los que entregan el mayor rendimiento (o al menos igual al de árboles menores), tienen menos tensiones de crecimiento y rinden la mayor proporción de madera de alta calidad.

En general, a mayor tamaño de troza mayor es el porcentaje de conversión, aún cuando en algunos casos, debido a una excesiva conicidad, la primera troza puede rendir menos que la segunda. No existe una diferencia importante en el rendimiento según el tipo de corte, excepto en trozas pequeñas, en donde éste se ve reducido si se aplica un corte cuarteado (Ver Figura IX-1).

FIGURA IX-1



Esquema de aserrado para producir principalmente madera floreada a) y madera cuarteada b)

El tipo de corte tiene gran importancia en la reducción de los defectos producidos durante el aserrío y posteriormente en el secado. En las

especies del grupo Ash el corte floreado debe evitarse debido a que presentan una gran contracción tangencial, lo cual se traduce en un alto porcentaje de grietas superficiales y rajaduras de extremo.

En estas especies debe tratar de excluirse el centro de la troza, ya que normalmente es más propenso al colapso. La especie que presenta mayores problemas en el secado es *E. delegatensis*. Las especies del grupo Eastern Blue Gum y otras especies de *Eucalyptus* no son tan susceptibles al colapso y pueden ser aserradas para obtener piezas floreadas.

Para evitar los problemas producidos por el colapso se está tendiendo hacia el empleo de un sistema denominado "Saw Dry Rip" que consiste en obtener tablones de grandes dimensiones, que luego de ser secados, son aserrados para obtener las dimensiones requeridas. Este sistema no sólo reduce los problemas producidos por colapso, si no que también permite un mayor porcentaje de utilización y da una mayor flexibilidad en cuanto al tipo de producto a obtener, lo cual permite satisfacer en mejor forma los requerimientos del mercado (FRI, 1984).

Secado

La madera de eucalipto en general se seca lentamente y durante este proceso tienden a producirse colapso, grietas y contracciones. A pesar de esto Kininmonth et al. (1974) califican a la madera de eucalipto como "moderadamente fácil de secar". Ellos indican que los *Eucalyptus* tienen gran similitud con algunos *Nothofagus* en cuanto a sus propiedades durante el secado.

Las especies de menor densidad (menos de 460 kg/m³), si son sometidas a un secado en horno, estando en estado verde, son las que presentan los mayores problemas con el colapso y grietas internas. Para evitar este problema es necesario reducir el contenido de

humedad a un 30% o menos, mediante un secado al aire, o en un secador de baja temperatura, para luego terminar el secado en el horno secador (Kininmonth et al., 1974).

El secado al aire no está libre de problemas. La madera debe ser cuidadosamente encastillada para evitar grietas y alabeos y el proceso de secado debe iniciarse, en lo posible durante el invierno. El encastillado debe realizarse rápidamente después del aserrío, aplicando cuidadosamente las prácticas recomendadas para este proceso, cuidando la posición de los separadores y aplicando peso, en aquellos casos en que la madera tiene mayor tendencia al alabeo.

Principales Problemas Asociados al Secado

Los efectos del secado en la madera de especies de eucaliptos son muy variables y no responden a un patrón determinado. La reacción de la madera puede variar según la especie, edad del árbol, posición en el árbol, tamaño de la pieza, dirección y tipo de corte en el aserrío y otros factores relacionados con el medio ambiente.

Los problemas durante el secado de la mayoría de los eucaliptos se traducen en fuertes e irregulares contracciones de las piezas, dando origen a deformaciones y grietas.

Contracción

El grado de contracción varía según las especies. Existe una contracción normal, que no es muy afectada por las condiciones de secado y una contracción debida al colapso, que puede provocar serios problemas en algunas especies.

Afortunadamente, existe la posibilidad de recuperar las piezas afectadas por este problema, mediante un proceso de reacondicionamiento con temperatura y vapor (Campbell y Hartlev, 1978)

Kininmonth et al. (1979) encontraron para varias especies de *Eucalyptus* que las contrac-

ciones tangenciales variaban entre 6 y 8%, en tanto que las radiales fluctuaban alrededor de un 3%.

Después del reacondicionamiento se produjo una recuperación tangencial del 1 al 4%.

Alabeos

Durante el secado pueden producirse una serie de deformaciones, que se conocen con el nombre general de alabeos. Entre éstas se identifican la arqueadura, la torcedura y la acanaladura. También, debido a fuertes diferencias entre contracciones radiales y tangenciales se puede producir acanaladura o un aserrío irregular.

Las principales causas de alabeo son la presencia de madera de reacción y la liberación de las tensiones de crecimiento durante el proceso de aserrío. Estos efectos se pueden minimizar empleando técnicas adecuadas de aserrío y un posterior reacondicionamiento.

Grietas

La mayoría de las especies tienden a agrietarse en las caras, especialmente cuando se asierra en forma tangencial a los anillos de crecimiento (floreado). Por esta razón y por la mayor estabilidad dimensional de las piezas, los eucaliptos, especialmente los del grupo Ash, se aserran en forma cuarteada (Campbell y Hartley, 1978).

Mediante reacondicionamiento también puede reducirse este problema.

Preservación (1)

La mayoría de las especies de rápido crecimiento no tienen una durabilidad natural alta y requieren de tratamientos de preservación si van a ser empleados a la intemperie.

La madera de eucalipto, en particular el duramen, es de difícil o muy difícil penetración por parte de los preservantes aplicados con un

(1) Tamblyn, 1978

tratamiento convencional a una presión de hasta 1500 kPa. Se puede obtener un mejor resultado aumentando la presión de impregnación, haciendo incisiones en la madera o haciendo otros tratamientos previos a la impregnación bajo presión (hervido en vacío).

La impregnación del duramen en estado verde, para producir un "envoltorio" de madera tratada, es un sistema adecuado para la madera aserrada, siempre que no esté demasiado expuesta, en cuyo caso se produce una lixiviación del preservante.

La madera de eucalipto no logra el mismo grado de resistencia a la pudrición que las coníferas cuando se someten a tratamientos equivalentes, por lo tanto, para obtener un producto de la misma durabilidad será necesario emplear una mayor carga de preservante.

En Australia, donde la madera de eucalipto es empleada en un amplio rango de usos, los tratamientos son diversos, dependiendo de los requerimientos.

Para durmientes de ferrocarril la madera sólo se trata con aceites preservantes, recomendándose la creosota y soluciones de pentaclorofenol en aceite denso. La retención mínima recomendada varía desde 65 kg/m³, para las especies más durables, hasta 95 kg/m³ para las menos durables.

Para postes de transmisión los requerimientos son superiores, exigiéndose una retención de 192 kg/m³ para creosota o pentaclorofenol al 5%, y 16-20 kg/m³ para sales hidrosolubles tipo CCA (Cobre, Cromo y Arsénico). El mínimo espesor de albura que debe estar impregnado es de 13 a 19 mm, dependiendo de la durabilidad natural de la especie. Estos tratamientos podrían ser insuficientes en climas tropicales.

Para postes de cerco se exige que la albura

tenga al menos 13 mm de espesor y que esté completamente penetrada con creosota o pentaclorofenol al 5% (solución en aceite) con una retención de 160 kg/m³.

Los postes de Eucalipto también pueden ser tratados con un método más simple. La punta inferior de los postes (20-30 cm) recién cortados y descortezados se sumerge en una solución acuosa de sales tipo CCA (4-5%). La evaporación de la superficie descortezada permite que la solución sea absorbida por la albura hasta la mitad del poste. Luego el poste se invierte para completar el proceso. Para obtener un tratamiento efectivo los postes deben estar en esta solución al menos una semana.

En el caso de los postes en general, el duramen casi no recibe tratamiento y su durabilidad depende de las condiciones naturales y de la impregnación de la albura que le sirve de protección. Es por esto que debe evitar-

se que el duramen quede expuesto después del tratamiento de preservación. Esto puede suceder debido a la rajadura del poste, a cortes que a veces se realizan para poner crucetas, u otras razones.

En especies con mucha tendencia a rajarse lo ideal es esperar que esto se produzca antes de la impregnación.

Para madera aserrada las cargas de retención varían según sea el uso de la madera y el producto empleado.

Con estos tratamientos la madera de eucalipto puede tener una buena duración, excepto en áreas en donde las posibilidades de pudrición son muy altas (zonas tropicales) o en la presencia de taladradores marinos. En estos casos será necesario aumentar las cargas de retención.

CUADRO IX-10

Retención de Preservantes en Madera Aserrada y Contrachapado Según Australian Standard 1604

Uso de la Madera	Carga Mínima Retenida (1) (Kg/m ³)		
	Creosota	PCF	CCA
Interior, sobre el suelo	96	4,8	3,5- 5,6(2)
Exterior, sobre el suelo (pintado)	96-128 (3)	4,8-6,4(3)	3,5- 8,0 (2,3)
Exterior, sobre el suelo (no pintado)	128-160(3)	6,4-8,0(3)	6,4-12,0 (2,3)
Contacto con el suelo	160	8,0	9,6-12,0 (2)
Pilotes Marinos	320	n/r	3,2

(1) Basado en volumen penetrado en caso de madera aserrada y en volumen total en contrachapado. Calculado como preservante comercial.

(2) Rango dependiente de la toxicidad de la solución CCA.

(3) Rango dependiente del peligro de deterioro

n/r No recomendable

PCF: Pentaclorofenol

Fuente : Tamblin, 1978.

Referencias

- Barros, S. 1984. Proyecto Gasificación de Madera. Isla de Pascua, V Región. Instituto Forestal. Informe Interno. Santiago, Chile. 127 p. 5 An. 2 Mapas.
- Campbell, G.S. and J. Hartley. 1978. Drying and Dried Wood. In : W. E. Hillis and A.G. Brown (Edit). Eucalypts for Wood Production. CSIRO, Australia. 434 p.
- CONAF, 1984. Consumo de Leña en la Industria Manufacturera en la Región Metropolitana; por G. Navarro et al., 28 p.
- Covacevic, R. 1979. Poder Calorífico de Pino Insigne y otras Especies Forestales Chilenas. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile. Santiago, Chile. 72 p.
- Chafe, S.C. 1979. Wood Hardness as a Poor Indicator of Growth Stress. Aust. For. Res. Vol. 9 : 147 - 148.
- Chafe, S.C. 1981. Variations in Longitudinal Growth Stress, Basic Density and Modulus of Elasticity with Height in the Tree. Aust. For. Res. Vol. 11:79-82.
- Chafe, S.C. 1986. Variation in Moisture Content, Percent Saturation and Collapse Following Felling in Trees of *Eucalyptus regnans*. F. Muell. Aust. For. Res. Vol. 16:175-184.
- Chafe, S.C. 1986. Variation in Longitudinal Growth Stress with Height in Trees of *Eucalyptus nitens* Maiden. Aust. For. Res. Vol. 15:52-55.
- FAO, 1979. Eucalypts for Planting. FAO, Forestry Series N° 11. FAO, Rome. 677 p.
- Ferrand, J.Ch. 1982. Growth Stresses and Silviculture of Eucalypts. Aust. For. Res. Vol. 13:75-81.
- FRI (N.Z. Forest Research Institute) 1984. Utilization of New Zealand - Grown Eucalypts. What's New in Forest Research. N° 122.
- Hall et al. 1973. The effect of species, age and wood characteristics on Eucalypts Kraft Pulp Quality. APPITA 26, 348-54.
- Higgins, H.G. 1978. Pulp and Paper. In: W.E. Hillis and A.G. Brown (Editors) Eucalypts for Wood Production. CSIRO, Australia. 434 p.
- Hillis, W.E. 1978. Wood Quality and Utilization. In : W.E. Hillis and A.G. Brown (Editors) Eucalypts for Wood Production. CSIRO, Australia. 434 p.
- INFOR - CORFO. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico. Santiago, Chile. 168 p.
- Kininmonth, J.A.; D.H. Revell and D.H. Williams. 1974. Utilization of New Zealand - Grown Eucalypts for Sawn Timber and Veneer. N.Z. J.F. Vol. 19 (2): 246-63
- Kollmann, F. 1959. Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. Tomo Primero. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid. 675 p.
- Macmillan, W.P. Reconstituted Wood Products. In : W.E. Hillis and A.G. Brown (Editors) Eucalypts for Wood Production. CSIRO, Australia. 934 p.
- Mc Kimm R.J. 1985. Characteristics of the Wood of Young Fast-Grown Trees of *Eucalyptus nitens* Maiden with Special Reference to Provenance Variation. I Variations in Growth, Strain and Density Associated with Provenance. Aust. For. Res. Vol. 15 : 207-218.
- Mc Kimm, R.J. 1985a. Characteristics of the Wood of Young Fast-Grown Trees of *Eucalyptus nitens* Maiden with Special Reference to Provenance Variation. II Strength, Dimensional Stability and Preservation Characteristics. Aust. For. Res. Vol. 15 : 219-234.
- Mc Kimm, R.J. and Y. Ilic. 1987. Characteristics of the Wood of Young Fast-Grown Trees of *Eucalyptus nitens* Maiden with Special Reference to Provenance Variation. III Anatomical

- cal and Physical Characteristics. *Aus. For. Res.* Vol. 17 : 19-28.
- Melo, R. y Paz, J. 1978. Procesos de Obtención de Celulosa a partir de Madera de *Eucalyptus globulus* Labill. Parte V. Proceso al Sulfito Neutro. U. de Concepción, Chile. 46 p.
- Melo, R., J. Paz, A. Solís, V. Carrasco, M. Rojas, G. Rivera y A. Barriga. 1979. Evaluación de los Recursos Fibrosos de la Región Andina. Parte II : Los Eucaliptos en Chile. Organización de Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Proyecto Especial de Celulosa y Papel. Lab. Prod. Forestales, Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Escuela de Ingeniería, U. de Concepción. 60 p. y apéndices.
- Melo, R., J. Paz, A. Solís, V. Carrasco, M. Rojas, G. Rivera y A. Barriga. 1981. Evaluación de los Recursos Fibrosos en la Subregión Andina. Suplemento Parte II: "Los Eucaliptos en Chile". Organización de Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Proyecto Especial de Celulosa y Papel. Lab. Prod. Forestales, Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Escuela de Ingeniería, U. de Concepción. 39 p. y apéndices.
- Mullin, L.J.; J. Gough and D.T. Carter. 1983. Provenance Trials of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) in Zimbabwe. En Anais-Simposio IUFRO. Fast-Growing Trees. Sao Paulo. Silvicultura, Año VIII, N° 31. p. 480-481.
- Nelson, N.D. and W.E. Hillis. 1978. Genetic and Biochemical Aspects of Kino Vein Formation in *Eucalyptus*. I Genetic Variation in Response to Kino Induction in *E. regnans*. *Aust. For. Res.* Vol. 8 : 75-81.
- Nicholls, J.W.P. and L.A. Pederick. 1979. Variation in Some Wood Characteristics in *Eucalyptus nitens*. *Aus. For. Res.* Vol. 9 : 304-321.
- Nicholson, J.E. 1973. Growth Stress Differences in *Eucalypts*. *For. Sci.* Vol. 19, N°3 : 169-174.
- Page, M.W. 1978. Production of Sawn Wood from Small *Eucalypt* Logs. In : W.E. Hillis and A.G. Brown (Editors) *Eucalypts for Wood Production*. CSIRO, Australia. 434 p.
- Peñaloza, H. 1986. Tablas Generales de Producción de Leña para *Eucalyptus globulus* Labill en la Región Metropolitana. Corporación Nacional Forestal, Chile. 37 p.
- Pérez, V.A. 1982. Características Físico-Mecánicas de Diez Especies de *Eucalyptus* Crecidas en Chile. Instituto Forestal, Chile. 8 p., Cuadros, Tablas.
- Pérez, V.A. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/FAO, Documento de Trabajo N° 47. 451 p.
- Tamblyn, N.E. 1978. Preservation and Preserved Wood. In : W.E. Hillis and A.G. Brown (Eds.) *Eucalypts for Wood Production*. CSIRO, Australia. 434 p.
- Waugh, G. 1977. Reducing Growth Stresses in Standing Trees. *Aust. For. Res.* Vol. 7: 215-218.

CAPITULO X

EVALUACION ECONOMICA

Jorge Cabrera P.

Introducción

Resuelta la factibilidad técnica de un proyecto y las diversas alternativas posibles para su materialización, correspondería realizar el análisis de costo-beneficio a fin de evaluar si económicamente es conveniente llevarlo a cabo, y determinar la mejor alternativa. Esto requiere cuantificar y distribuir temporalmente los ítems de costos e ingresos asociados al proyecto, y aplicarlos a algún criterio de decisión de rentabilidad.

El presente capítulo tiene como objetivo operacionalizar los conceptos de la evaluación económica de proyectos al caso de los proyectos forestales de producción de madera en pie de Eucalyptus, en un marco de evaluación privada.

Para proporcionar una mayor claridad metodológica, al final del capítulo se presenta un ejemplo del cálculo de rentabilidad, basado en valores de tipo referencial.

Costos e Ingresos

La evaluación económica requiere de la consideración y cuantificación de los costos e ingresos que están asociados al proyecto, distribuidos en el tiempo de la vida útil de éste.

Para evaluar, se debe utilizar el precio de mercado que rige al momento de la evaluación, es decir, se supone que no habrá cambios en los precios relativos y que el factor inflación afectará en igual forma a los costos y a los ingresos. De todos modos, si hay indicios ciertos de que algún elemento de precio puede variar, éste debe introducirse al flujo o, dependiendo de la probabilidad de ocurrencia, incorporarse al

análisis de sensibilidad final. En los proyectos forestales esta premisa no es fuerte, ya que ellos involucran períodos largos que por sí solos originan incertidumbre.

Los costos en las evaluaciones forestales se presentan finalmente en el flujo a un nivel de "actividad" y no de ítem de factores e insumos, es decir, se expresa el costo de adquisición del terreno, de establecimiento, de control de la competencia, etc. Esta modalidad es el resultado práctico de cómo se registran los costos; es clara y no ofrece limitaciones al análisis de rentabilidad.

Cada costo debe quedar expresado en una misma unidad monetaria y física. Por razones de la naturaleza misma de la actividad, las cifras monetarias se expresan por unidad de superficie. Obviamente es posible determinar costos por unidad de volumen cuando éste se manifiesta, pero por lo general sólo el costo final se expresa en esta forma y más bien con fines de información adicional (costos divididos por el volumen existente en la unidad de superficie considerada).

Por otro lado, la sumatoria de todos los costos capitalizados a la tasa de interés pertinente (descontando posibles ingresos en el período) es lo que se denomina "Costo de Reposición", que es un método utilizado para determinar el valor de una plantación en pie, especialmente plantaciones jóvenes, cuando no existe un valor de mercado (Cortés y Contreras, 1974; Duerr, 1984).

Respecto a los ingresos, éstos deben expresarse en la misma unidad que los costos para fines del análisis de rentabilidad. Los elemen-

tos de ingresos son básicamente dos: la venta de productos y el valor residual del proyecto.

El ingreso total por la venta de productos es la suma de la cantidad de cada tipo de producto multiplicado por su respectivo precio.

$$IT = q_a \times P_a + q_b \times P_b + \dots$$

Donde :

$$IT = \text{Ingreso Total (\$/Ha)}$$

$$q_a = \text{Cantidad de madera de tipo a (m}^3\text{/ha)}$$

$$P_a = \text{Precio de la madera de tipo a (\$/m}^3\text{)}$$

$$a, b = \text{Tipos de producto}$$

La determinación del precio de la madera en pie se hace directamente de acuerdo con los precios de mercado. Sin embargo, y en especial en la actividad forestal, ello no siempre es posible, ya que la mayoría de las transacciones se realizan con la madera en trozos puesta en algún lugar y no necesariamente en pie. La vía indirecta para resolver esto es utilizar el método "Valor Residual", que consiste básicamente en que a partir del precio de mercado de un producto relacionado al de interés, se le descuenten todos los costos de transformación (de forma y de lugar) y un margen de utilidad y riesgo. El saldo es el valor de la madera en pie (Cortés y Contreras, 1974; Duerr, 1984).

En el proyecto forestal, el valor residual, una vez vendida la madera, lo constituye el valor del terreno. Por normativa tributaria el terreno no se deprecia, es decir, no se agota ni mejora en el transcurso del tiempo, lo que ha llevado en la práctica a que se considere como valor de reventa el precio al cual se adquirió. En el caso de ciertos eucaliptos que regeneran naturalmente, los tocones toman un valor que debe considerarse, ya que en definitiva ahorran completamente el costo de establecimiento para la rotación siguiente.

En el caso de acogerse al D.L. 701 de fomento forestal, los subsidios que se obtengan entran al flujo de ingreso.

Criterios de Evaluación

La decisión de la conveniencia económica del proyecto debe necesariamente realizarse en función del análisis conjunto del flujo de costos e ingresos, utilizando ciertos criterios e indicadores objetivos de rentabilidad.

Entre los indicadores económicos más conocidos están el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Otros indicadores son la razón beneficio-costos y el período de recuperación del capital.

Antes de la descripción y análisis de los indicadores mencionados es importante advertir que los flujos de costos o ingresos por separado, aun con cifras extremas, no deben considerarse nunca como elementos de decisión.

Este comentario obedece a que en muchas situaciones forestales se da la relación "mayor costo, mayor ingreso" y viceversa. Es el caso, por ejemplo de los mejores sitios, donde los costos de habilitación del terreno y control de la competencia son altos, pero donde a su vez los rendimientos volumétricos originarán también ingresos altos. Otro ejemplo es el de los productos de más valor (trozos para debobinar), que requieren de un manejo más intensivo y de rotaciones más largas. En condiciones de semiaridez, los costos de establecimiento y mantención son altos y el crecimiento es lento, pero normalmente en esas zonas la madera tiene también un alto valor.

Valor Actual Neto, VAN

Como regla universal, para que un proyecto se justifique económicamente, el ingreso neto (ingresos menos costos) que se obtiene al final de un período determinado debe ser mayor que el ingreso neto que podría obtenerse durante el mismo período, invirtiendo el monto correspon-

diente en la inversión alternativa que rinde un interés igual al utilizado para capitalizar el flujo generado por el proyecto en cuestión. El mejor indicador de este criterio es el Valor Actual Neto (VAN), llamado también Valor Presente Neto (VPN) y Valor Actual de los Beneficios Netos (VABN).

El VAN se define como la diferencia entre la sumatoria de los ingresos y la sumatoria de los costos (inversión y operación) a través del tiempo, expresada para un mismo momento

mediante una tasa de descuento.

La tasa de descuento o de actualización es un dato externo al proyecto y se fija principalmente de acuerdo con la tasa de interés del mercado de capitales. En el caso forestal, algunos analistas estiman que por el grado de riesgo que estos proyectos involucran, se le debería sumar uno o dos puntos a la tasa pertinente del mercado, lo que implica en la práctica castigar el proyecto, o exigirlo para reconocer e incorporar el factor incertidumbre.

CUADRO X - 1

Flujos de Ingresos y Costos de un Proyecto Forestal Privado (Unidad monetaria/unidad física)

ITEM	AÑOS					
	0	1	2	3	...	T
Ingresos						
Venta de productos						
Valor residual						
Subsidios D.L. 701						
Total ingresos (A)						
Costos						
Adquisición terreno						
Habilitación terreno						
Establecimiento						
Control competencia						
Fertilización						
Podas						
Raleos						
Otras intervenciones						
Administración						
Seguros						
Otros costos						
Impuestos						
Total costos (B)						
Ingresos Netos no actualizados (A - B)						

La expresión matemática es :

$$VAN = \frac{IN_0}{(1+i)^0} + \frac{IN_1}{(1+i)^1} + \frac{IN_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{IN_T}{(1+i)^T}$$

Donde: IN= Ingreso Neto (posit. o negat.) (It-Ct)
 t= Año
 i= Tasa de descuento
 T= Ultimo año

Esta misma expresión en su forma más general y compacta es:

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=T} \frac{IN_t}{(1+i)^t}$$

Igualmente esta tasa de descuento puede variar en el tiempo, caso en el cual la expresión matemática del VAN es:

$$VAN = IN_0 + \frac{IN_1}{(1+i_1)} + \frac{IN_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \frac{IN_3}{(1+i_1)(1+i_2)(1+i_3)} + \dots$$

y en forma agregada :

$$VAN = IN_0 + \sum_{t=1}^{t=T} \frac{IN_t}{\prod_{t=1}^{t=T} (1+i_t)}$$

La regla de decisión, utilizando este indicador, dice que un proyecto es rentable si el VAN es positivo, es decir, si el valor actual de los

ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando éstos se actualizan con la misma tasa de descuento.

Regla de decisión: VAN > 0 proyecto rentable

En otras palabras, un VAN positivo indica que se recuperan los costos, se reciben intereses de una magnitud "i" sobre la inversión y se obtiene un excedente equivalente al monto del VAN.

Esto mismo, en términos conceptuales, es equivalente a decir que el VAN indica cuánto más rico (o más pobre, si es negativo) se hace un inversionista por efectuar el proyecto, en comparación con dejar de realizar el mejor proyecto alternativo que tiene.

Si el VAN es cero, no significa que el proyecto no sea rentable, sino que se recuperan los costos y se recibe un interés igual a la tasa de descuento utilizada "i".

Aplicaciones del VAN

El VAN indica para cada proyecto un monto de ingreso neto (positivo, negativo o nulo), que permite una serie de aplicaciones en el análisis económico.

Con fines de priorizar o comparar proyectos mutuamente excluyentes o alternativos, se debe elegir aquel con el mayor VAN. Sin embargo, la comparación entre proyectos por medio del VAN tiene una restricción importante: el hecho de que los proyectos deben tener igual período de vida útil.

En el caso de comparar dos proyectos que tienen, por ejemplo, 9 y 27 años de duración, no corresponde comparar el VAN de ambos directamente. El procedimiento adecuado más simple consiste en suponer la repetición, durante tres veces, del primer proyecto, a fin de totalizar 27 años, de manera que el VAN también debe repetirse tres veces. Si una de las cifras no es múltiplo perfecto de la otra, la recomendación es evitar que se produzca una

extensión alta del tiempo para encontrar la identidad perfecta; en ese caso, es preferible alcanzar sólo un acercamiento, lo que no causará errores de importancia. Cuando la diferencia es pequeña, se pueden igualar ambos proyectos incluyendo en el flujo del proyecto más corto los intereses que se obtendrían del flujo del último año, a la misma tasa de descuento empleada.

Otro problema que ofrece el VAN es que no presenta el monto de inversión de los proyectos sometidos a selección lo que, unido a la forma del perfil de los flujos y la tasa de descuento, puede inducir a errores. Por ejemplo, a mayor tasa de descuento menos importantes son los costos e ingresos del futuro y más importantes los costos e ingresos cercanos al inicio del proyecto.

En el caso forestal, en el cual hay un costo importante al inicio y un ingreso alto solo al final, una tasa alta de descuento hace el proyecto menos atractivo frente a otro alternativo (de igual inversión y vida útil) que tenga los ingresos más cercanos al inicio. En cambio una tasa de descuento baja favorece los proyectos forestales y puede hacerlos preferibles frente al mismo proyecto alternativo. Entre diversos proyectos forestales este problema no adquiere relevancia, ya que la estructura de costos e ingresos en el tiempo es similar.

Esta limitación se resuelve con el indicador IVAN que se menciona más adelante.

Al evaluar un mismo proyecto forestal para diferentes años de duración, el VAN máximo señala el momento óptimo de corta, desde el punto de vista económico. Podrá advertirse que este instante no necesariamente coincide con el momento óptimo, desde el punto de vista técnico, para cortar la plantación forestal. En el caso de que el inversionista no tenga la restricción de seguir en el negocio forestal, este VAN máximo le señala exactamente el momento óptimo de liquidar la inversión (rotación económica). A su vez, si es necesario

continuar en la actividad por restricciones técnicas o de compromisos de abastecimiento de algún tipo de productos, el VAN continúa siendo un buen indicador, pero esta vez no necesariamente estará señalando la rotación económica.

El VAN también permite determinar el tamaño y el momento óptimo para iniciar un proyecto. La decisión en ambos casos favorecerá al proyecto que tenga el mayor VAN. En el caso forestal, por ser proyectos que de por sí involucran períodos relativamente largos, el evaluar el momento óptimo de iniciar el proyecto no tiene mayor importancia. La determinación del tamaño tampoco es relevante desde el punto de vista económico, debido a que esta actividad no tiene economías de escala importantes que pudieran mejorar significativamente el resultado.

Tasa Interna de Retorno, TIR

La tasa interna de retorno es probablemente el indicador más conocido, pero en los casos de producción forestal su aplicación tiene serias limitaciones y puede inducir a errores.

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

Matemáticamente:

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=T} \frac{IN_t}{(1+\alpha)^t} = 0$$

DONDE α = TIR DEL PROYECTO

Este indicador representa el retorno porcentual que el proyecto genera periódicamente, por T períodos, suponiendo que el flujo de ingresos netos se reinvierte en otros proyectos, a la misma TIR.

La regla de decisión indica que si la TIR del proyecto es mayor que el costo del capital (tasa

de interés pertinente), el proyecto es rentable. Por tratarse de un porcentaje, este indicador no advierte sobre el tamaño de la inversión.

Sus principales ventajas radican en que considera los efectos de proyectos con vidas útiles diferentes y no requiere suposición para el costo de capital.

Limitaciones de la TIR en la evaluación de Proyectos Forestales

En el caso de que durante la vida útil del proyecto se alternen ingresos netos negativos con ingresos netos positivos más de una vez, es decir, que haya cambios alternados de signo en el polinomio que expresa el flujo neto, el método puede arrojar más de un valor para la TIR. Como se sabe, en el período de producción de madera en pie, hay inicialmente costos, luego puede haber un raleo que implique un ingreso neto en ese año, para seguir luego sólo con costos y recibir finalmente ingresos. Podrá haber tantas TIR como veces se alternen los signos.

Si bien existen metodologías para determinar cuál es la TIR que debe considerarse, su resolución es complicada y poco clara (Hirschleifer, 1970).

La TIR puede también generar expresiones imaginarias (raíz negativa), por ejemplo, un flujo de ingreso neto de -10, + 30 -25, que da una TIR imaginaria.

Otro problema de la TIR es la probabilidad de que la tasa de interés de mercado por alguna razón varíe durante el período del proyecto (abundancia de fondos, ciclo económico, ayuda externa, política crediticia, etc). Si un proyecto dio una TIR de 15% y en ese momento la tasa de comparación tuvo un carácter temporario con un valor de 10%, el proyecto es conveniente, pero si al año siguiente esta última sube a 16%, ya no lo es. En este caso, el VAN podría haber resultado negativo en el primer momento, si el proyecto hubiera utilizado una tasa de

descuento esperada de un 16%.

Este hecho es importante cuando hay señales de que la tasa de descuento será variable (como se comentó en el caso del VAN), ya que esto presume que los ingresos netos de cada período pueden reinvertirse por un período a la tasa de interés que regirá durante esos períodos y no a la tasa que rige hoy ni tampoco a la TIR.

En lo forestal, en que cada sitio puede someterse a un proyecto diferente (en especie, en objetivo de producción), es decir, a proyectos mutuamente excluyentes, la TIR no sirve para seleccionar entre ellos, ya que este indicador es adecuado sólo para proyectos independientes (el tamaño y vida útil no están considerados).

Hay, sin embargo, algunas situaciones en que los resultados del VAN son equivalentes a la TIR: es el caso de un proyecto independiente, en que durante los primeros años existen sólo ingresos netos negativos y luego los ingresos netos son todos positivos y en que la tasa de interés del mercado se cataloga como constante para todo el período.

IVAN

En las evaluaciones de proyectos se ha ido incorporando recientemente un indicador de tipo complementario denominado IVAN, que representa el valor actual neto por peso a invertir, es decir, el cociente entre el VAN y la inversión actualizada.

En el caso forestal, este indicador constituye una ayuda para la evaluación de proyectos alternativos, ya que explicita el monto de la inversión.

Otros indicadores de rentabilidad

A modo ilustrativo, se describen a continuación los criterios razón beneficio-costos y período de recuperación de la inversión.

El primer criterio indica que si la razón entre los ingresos brutos actualizados y los costos actualizados es mayor que la unidad, la

ejecución del proyecto es conveniente.

Este indicador sólo sirve para señalar si el proyecto es rentable o no, y nada más. No sirve para elegir entre proyectos, ya que no toma en cuenta el tamaño o escala de la inversión. Además, el resultado depende de si los costos de operación del proyecto se deducen de los ingresos brutos del numerador o se adicionan a los costos del denominador, ya que según se clasifiquen podrá haber varias razones beneficio-

costo para el mismo proyecto.

El hecho de que no sirva para comparar proyectos constituye la principal limitación de este indicador.

El segundo criterio, conocido como "pay back", es un indicador secundario que calcula el período de tiempo requerido para que el flujo del proyecto cubra el monto total de la inversión.

CUADRO X - 2

Ingresos, Costos y Supuestos de la Evaluación (\$ diciembre 1988)

Datos de Ingresos	Monto	Año
Precio Madera Pulpable en Pie	\$ 1.500 /m ³	12 y 22
Volumen Madera Pulpable 12 años 1° Rot.	\$ 390 /m ³ /ha	12
Volumen Madera Pulpable 10 años 2° Rot.	\$ 410 /m ³ /ha	22
Valor Residual del Terreno	\$ 40.000 /ha	22
Valor Residual Tocones	\$ 64.000 /ha	22
Subsidio D.L. 701	\$ 32.900 /ha	1
Datos de Costos		
Terreno	\$ 40.000 /ha	0
Establecimiento Intensivo con fertiliz.	\$ 64.000 /ha	0
Clareo	\$ 5.500 /ha	14
Administración	\$ 1.800 /ha	Anual
Seguro	7/1.000 x valor plantación	Anual
Tasa de Descuento	8%	
Otros Supuestos		
Impuestos	No	
Créditos	No	
Costos Comercialización	No	
La madera se vende en pie		
La especie arbórea regenera naturalmente		

Este indicador es útil para quien esté preocupado de recuperar el capital dentro de algún plazo específico en razón de algún evento especial (cambio de gobierno, riesgo de obsolescencia tecnológica, etc). En la situación forestal este indicador carece de importancia por dos razones fundamentales: primero, porque se trata de proyectos por esencia de largo plazo, cuya duración trasciende a hechos de corto plazo; y segundo, por una razón de cálculo, ya que el ingreso principal sólo se recibe al fin del primer ciclo de corta y la inversión se realiza en etapas distantes una de la otra (terreno, establecimiento, raleo, poda, etc.)

Ejemplo de Cálculo de Rentabilidad de un Proyecto de Plantación de Eucalipto, a Través del VAN.

Con el fin de presentar un cuadro general de cómo se calcula el indicador Valor Actual neto, se han reunido algunas cifras de costos e ingresos referenciales de un proyecto de producción de madera en pie de eucalipto con establecimiento intensivo, sin manejo, con el objetivo de producir madera pulpable en un período de 22 años con dos ciclos de corta a los 12 y 10 años respectivamente.

Es preciso advertir que las cifras (Cuadro X-2) que se utilizaron corresponden a un orden de magnitud de alguna situación real, pero que no es posible utilizarlas como datos válidos generales, ya que en cada proyecto habrá condiciones edafoclimáticas diferentes, se podrán aplicar técnicas de establecimiento y manejo tradicionales o intensivas; el período de vida útil podrá ser otro, etc. Todos elementos que influyen significativamente en la evaluación.

Con los datos y costos de ingresos, se pueden seguir dos caminos para aplicar el indicador de rentabilidad:

a) Hacer el flujo detallado, ubicando la ocurrencia de costos e ingresos en un cuadro de ítem/año.

b) Llevar el flujo anterior a fórmulas matemáticas resumidas y allí aplicar los datos de costos e ingresos.

Caso a) : Flujo detallado

En el Cuadro X - 3 se han ubicado cada costo e ingreso en el año de ocurrencia. Para cada año se ha calculado el ingreso neto por diferencia, entre las sumatorias verticales de ingresos y costos de ese año. Luego cada ingreso neto se divide por el factor de descuento $(1 + i)^t$ donde i es la tasa de descuento y t el año correspondiente. La sumatoria horizontal de estos ingresos netos actualizados es el VAN, que corresponde en este ejemplo a \$239.500.-

El flujo neto sin descontar puede ser incorporado a cualquier computador, para calcular directa y electrónicamente el VAN.

Caso b) : Fórmula matemática

Cada uno de los ítems de costos e ingresos considerados, se pueden expresar en una fórmula matemática compacta que resume cada flujo. En la medida que haya otros ítems, éstos se formularán de acuerdo a su ocurrencia, de modo que la expresión que aquí se señala tiene validez particular a este caso específico: (Ver fórmula y desarrollo en página siguiente).

Resolviendo la ecuación con las cifras indicadas se obtiene un VAN de \$ 252.265, cifra que es similar a la del caso a) (no idéntica debido a los supuestos de este caso).

En ambos casos el VAN es positivo, lo que indica que el proyecto es rentable.

CUADRO X -3
Producción Madera Pulpable 12 y 22 años
Flujo de ingresos y costos
(M\$/ha)

(M\$/ha)

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A Ingreso																							
Venta Madera													585.0										615.0
Valor Residual																							104.0
Subsidio D.L. 701	32.9																						
Total Ingresos	32.9												585.0										719.0
B Costos																							
Terreno	40.0																						
Establecimiento	64.0																						
Control Competencia																							
Clareo															5.5								
Administración	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Seguro	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6
Total Costos	106.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.0	2.3	7.9	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4
C Ingreso Neto (A - B)	-106.2	30.6	-2.4	-2.5	-2.6	-2.7	-2.8	-3.0	-3.1	-3.2	-3.4	-3.5	582.0	-2.3	-7.9	-2.5	-2.6	-2.7	-2.8	-3.0	-3.1	-3.2	715.6
D Ingreso Neto Actual	-106.2	28.3	-2.1	-2.0	-1.9	-1.8	-1.8	-1.8	-1.7	-1.6	-1.6	-1.5	231.1	-0.8	-2.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	131.6

[C/(1 + 0.08)^t]

VAN 8% = 239.5

Cálculo del VAN con fórmula matemática:

$$VAN = \frac{I_1}{(1+i)^{t_1}} + \frac{I_2}{(1+i)^{t_1+t_2}} + \frac{I_3}{(1+i)^{t_3}} - \left[S + \frac{a}{i} \right] \left[1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right] - P$$

VAN= \$252.265.-

Donde :

I_1	= Ingreso al fin primer ciclo: 390 m ³ /ha x \$ 1.500/m ³	= \$ 585.000
I_2	= Ingreso al fin segundo ciclo : 410 m ³ /ha x \$ 1.500/m ³ más valor tocones (\$ 64.000/ha)	= \$ 679.000
I_3	= Bonificación D.L. 701	= \$ 32.900
S	= Valor Suelo (há)	= \$ 40.000
a	= Costo Adm. anual de \$ 1.800/há más seguro anual de \$ 2.000. (Para simplicidad se ha supuesto un costo anual fijo de seguro)	= \$ 3.800
P	= Costo Establecimiento (há)	= \$ 64.000
T	= Período total ($t_1 + t_2$)	= 22 años
i	= Tasa de descuento	= 8 %
t_1	= Primer período de corta (año)	= 12
t_2	= Segundo período de corta (año)	= 10
t_3	= Año de la bonificación D.L. 701 (año)	= 1

Referencias

- Hirshleifer, H. Investment, Interest and Capital. Prentice Hall Int. 1970. Cap. 1 - 2 - 3A - 3D.
- Cortes, H.; Contreras, M. 1974. Determinación del valor de la Madera en Pie. Boletín Técnico N° 40. U. de Chile.
- FAO, 1981. El Eucalipto en la Repoblación Forestal. 723 p.
- Fontaine, E. 1975. Evaluación Social de Proyectos. U. Católica 185 pág.
- ODEPLAN. 1985. Preparación y Presentación de Proyectos de Inversión. 138 p.
- Mellado, L.; Rojas, B. 1979. Formulación y Evaluación de Proyectos. U. Austral de Chile, Facultad . Ciencias Agrarias. Capítulos IV - V - VI - VIII - IX.
- FAO/SIDA. 1980 Análisis Económico de Proyectos Forestales. Estudio FAO: Montes 17.
- Fraser, T, Tustin J.R., Szumidlo Z., 1977. Financial evaluation of forestry projects. N.Z.F.S.
- Davis, K. 1968. Forest Management Mc. Graw Hill.
- Duerr, N. A. 1984. Forestry Economics as Problem Solving. Part 5 - p. 41-50.

ANEXO 1

PRINCIPALES PROVEEDORES DE SEMILLAS AUSTRALIANOS

Gobierno Federal

-Tree Seed Centre
CSIRO Division of Forest Research
PO Box 4008, Queen Victoria Terrace
Canberra ACT 2600
Telephone (062) 818211, Telex 62751

Provee pequeñas cantidades de semilla certificada, principalmente para uso en investigación.

Gobiernos Estatales

- Forestry Commission of New South Wales
PO Box J19, Coffs Harbour Jetty NSW 2451
Telephone (066) 528900, Telex 66922

Provee semillas de eucaliptos más comerciales en especial colecciones de procedencias.

- Tasmanian Forestry Commission
GPO Box 207B, Hobart Tas. 7001
Telephone (002) 306189, Telex Tasfor 57204

Provee semillas de eucalipto de Tasmania.

- Department of Conservation, Forests and Lands
GPO Box 4018, Melbourne Vic. 3001
Attn : Silviculture Branch, State Forests and Lands Service
Telephone (03) 6179222, Telex 32636

Provee semillas de eucaliptos nativos de Victoria.

Proveedores Privados

- APM Forests
PO Box 37, Morwell Vic. 3840
Telephone (051) 343433

Provee semillas de *Eucalyptus regnans* de huertos semilleros.

- Australian Seed Co
PO Box 67 Hazelbrook NSW 2779
Telephone (047) 586132 International 6147-586132
Telex 75749

Provee semillas de eucaliptos en cantidades comerciales.

- Billabong Seed Supplies
Forest Street, Woodend Vic. 3442
Telephone (054) 272588

Provee semillas en cantidades comerciales de eucaliptos de la parte sureste y especialmente de *E. camaldulensis* de la zona del Lago Alacutya.

- Dendros Seed Supplies
PO Box 320, Tolga, QLD 4882
Telephone (070) 954559
Telex AA48486 URECO (Attn Dendros)

Provee semillas de procedencias específicas de regiones tropicales y subtropicales. También provee semillas en cantidades comerciales.

- Ellison Horticultural Pty Ltd.
PO Box 365, Nowra NSW 2541
Telephone (044) 214255, International 6144-214255
Telex 71849

Provee semillas comerciales y de colecciones.

- ML Farrar Pty Ltd. - International Seed Merchants
PO Box 1046, East Nowra NSW 2541
Telephone (044) 217692, Telex 71133

Provee semillas de una gran variedad de árboles nativos.

Tiene colecciones hechas en la costa sur de nueva Gales del Sur.

- Flamingo Enterprises Pty Ltd.
PO Box 1037, East nowra NSW 2541
Telephone (044) 216670, Telex 71849

Provee semillas de diferentes procedencias.

- Forest Seeds Australia
"Tantanoola" RSD Drysdale Vic 3222
Telephone (044) 216670, Telex 30625 Attn: ME
2089
Technical Advice : PO Box 73, Mt Macedon Vic
3441
Telephone (054) 261583

Provee semillas comerciales de la parte este del país.

- H. Grant
2 Sandra Place, Dubbo NSW 2830

Provee semillas de la parte oeste de nueva Gales del Sur.

- Kimberley Seeds Pty Ltd.
Division of Australian Revegetation Corporation
51 King Edward Road, Osborne Park WA 6017
Telephone (09) 4464377, Telex 94371 KMSEED
Fax N° 4463444

Provee semillas de árboles nativos, especialmente en especies de zonas áridas y suelos salinos.

- Kylisa Native Seed Suppliers
PO Box 175, Weston Creek ACT 2611
Telephone (062) 887408, Telex 62614 (CA85)

Provee semillas de la zona templada del país.

- Royston Petrie Seeds Pty Ltd.
PO Box 77, Dural NSW 2158
Telephone (02) 6541186 International 612-
6512658
Telex 75572 ROSEED

Provee semillas especialmente del estado de nueva Gales del Sur.

- Silvan Improvements Pty Ltd.
PO Box 42, Watson ACT 2602
Telephone (062) 411075 or 474328

Provee semillas de varias especies nativas. Adjunta, si el cliente lo requiere, antecedentes de las procedencias y de la germinación.

- Southern Seed Sales
Rosevears Dr. Rosevears Tas. 7251
Telephone (003) 301284, Telex 58660 Ln021

Provee semillas de especies de Tasmania. Realiza colecciones de procedencias de especies tolerantes al frío.

- Tasmanian Forest Seeds
"Summerleas Farm", Kingston Tas 7150
Telephone (002) 296387, Telex 58134 (T.Walduck)

Provee semillas de una gran variedad de especies nativas de Tasmania. Colección de procedencias a pedido se pueden realizar.

- Vaughans Wildflower Seeds
PO Box 66, Greenwood WA 6024
Telephone (09) 4099392

Provee semillas de una gran cantidad de especies nativas del país. Proporciona también antecedentes de las procedencias.

- Western Wildlife Supply
"Terrara Place", PO Box 90, Gilgandra NSW 2827
Telephone (068) 472473 International 6168-
472473

Provee exclusivamente semillas de eucalipto. Indica la fuente de las semillas comerciales. Recibe pedidos especiales.

ANEXO 2

PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN VIVERO

- HONGOS

Caida de Almácigos o Dumping Off

Provocado por complejo de hongos, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Phytium*, *Fusarium* y otros.

Se manifiesta en una necrosis y estrangulamiento del cuello de las plántulas y su posterior caída y muerte. El daño normalmente se extiende en forma circular dentro de los almácigos.

Se controla mediante la aplicación alternada de fungicidas como Captan 80%, Bayer 5072 y Benlate, en dosis de 0,5-1,0; 1,0-2,0 y 0,5 gr/m² de almácigo o platabanda, respectivamente. Aplicaciones semanales hasta controlar el ataque.

Oidios

Provocado por hongos del grupo ascomicetes. Se detecta por la aparición de manchas blancas persistentes sobre las hojas, en plantas de más de 15 a 20 cm de altura.

Se controlan mediante la aplicación alternada de Cercobium M 70%, Benlate 75% pm o Bayletón 25% pm, en dosis de 50-60, 40-80 y 20-30 gr en 100 l de agua, respectivamente.

Moho Gris - Botrytis

Provocado por el hongo *Botrytis cinerea*. Las plantas pierden su turgencia, las hojas apicales inicialmente se tornan rojas y posteriormente adquieren un color verde grisáceo. Este ataque normalmente se presenta en otoño y afecta plantas de 18 cm de altura o más.

Se controla con la aplicación alternada de fungicidas como Euparen, Sumisclex pm o Dimazin, en dosis de 200-250; 50-70 y 20-40 gr/100 l de agua, respectivamente, o Romilón, Benlate 75% pm, o Captan 80% pm, en dosis de 100-150; 40-

60 y 100-150 gr/100 l de agua, respectivamente. Aplicaciones cada 7-10 días hasta controlar el ataque.

Royas

Provocado por hongos del grupo basidiomicetes. Se manifiesta en manchas café-rojizas sobre las hojas que aparecen a principios de invierno.

Se controlan mediante la aplicación de Oxip 87% pm en dosis de 60-100 gr/100 l de agua y adicionando productos humectantes, como : Basfoitowett (25 cc/100 l de agua), Citowett (25 cc/100 l de agua) o Extravom (40-100 cc/100 l de agua). También se puede emplear Bayletón 25% pm a razón de 25-30 gr/100 l de agua.

- BACTERIAS

Agallas de las Raíces

Provocado por *Agrobacterium tumefaciens*. Se manifiesta por la aparición de agallas en las raíces de las plantas, el ataque puede conducir a la muerte de éstas hasta los tres años de edad.

Se controla mediante la aplicación de Agrept 25% pm y Pomarsol 30% pm, en dosis de 500 y 250 gr/100 l de agua, respectivamente. Se aplica al cuello de las plantas, procurando no mojar el follaje.

- INSECTOS

Larvas subterráneas

Daño provocado por insectos de los géneros *Dryctomorpus*, *Brachymermus*, *Agrostes* y otros.

Los síntomas principales son la marchitez y desecamiento repentino de las plantas. Ataque frecuente en la producción de plantas a raíz desnuda.

Se controla con el uso de diversos insecticidas como Volatón (2-4 gr/m²), Tamarón 600 cs 40-60 cc/100 l de agua y Folidol M ec (100-140 cc/100 l de agua).

Pulgones

Insectos del tipo áfidos, género *Aphis*. El daño se produce por debilitamiento de las plantas, lo cual facilita la intervención de otros patógenos. Ataque poco común en eucaliptos.

Se controla con insecticidas como Tamarón 600 cs y Folimat 1000 cs, en dosis de 40-60 cc/100 litros de agua; Belmark (10 cc/100 l de agua); Disystom (2-4 gr/m²) y otros.

Trips

Causado por el insecto *Thrips tabaci*. Se manifiesta en un corrujamiento de hojas apicales y debilitamiento general de las plantas. Si el ataque es severo, se produce necrosis apical. El debilitamiento de las plantas favorece la aparición de *Botrytis* y otros agentes patógenos. Daño poco común en eucaliptos.

Se controla mediante insecticidas como Folidol E-105 (1l/ha), Folimat 1000 cs (0,3-0,7 l/ha), Dimetoato (0,5-1,0 l/ha), Tamarón 600 cs (0,75 l/ha), Metasystox (0,5-1,0 l/ha) y otros.

- NEMATODOS

Causado por gusanos microscópicos del grupo nematelmintos, género *Meloidogyne*. Se ma-

nifiesta en el marchitamiento, enanismo y clorosis de las plantas.

Se controla con Nema-cur 40% ec a razón de 15-30 l en 600 l de agua para 1 hectárea de superficie efectiva, es decir, 60 cc de solución por metro cuadrado de platabanda.

- ARAÑITAS

Provocado por pequeños ácaros del género *Tyrophagus*, que producen daño en los brotes de crecimiento. Poco común en eucaliptos.

Se controla con insecticidas como Tamarón 600 cs (40-60 cc/100 l de agua), Folimat 1000 cs (igual dosis) u otros.

Los laboratorios más conocidos producen una gran variedad de pesticidas y periódicamente editan manuales con información sobre éstos y su forma de uso.

En este anexo sólo se han mencionado algunos entre los más conocidos y para los problemas fitosanitarios más corrientes.

La selección de los pesticidas a emplear estará dada por su eficiencia, su costo, su facilidad de aplicación y su seguridad de empleo, entre otros factores. Otro elemento de importancia es que no tengan elementos activos de carácter contaminante.

INDICE DE MATERIAS

MATERIA	PAGINAS
Aceites esenciales	1,103,135,146
Acido sulfúrico	28
Acondicionamiento de plantas	34,36,38
Adhesivos	165
Agentes patógenos	76
Alabeo	169,170
Albacutya,lago	20,53
Albura	147,159,170
Alineamiento	64
Almácigos	24
Alpine-Ash	4
Altitud	112
Altura	81,85,91,95,102,111,113
de corta	93
de tocón	92
Análisis económico	177
Analogía climática	20
Angiospermas	3
Anillos de crecimiento	149,170
Animales	60,74,75
daños causados	23,57
Anisotropía	162
Anteras	7
Arado	59
Araña	Anexo 2
Arboles cebo	76
Area basal	63,81,95,102
Aserrado	157,158
Aserrío	158,168
Ash	10,90,156,164,169,170
Astillado	164
Astillas	167
Australia	3,5,10,15,19,27,39,146,155,165
Auxinas	90
Bacterias	186
Bandejas para vivero	27
Barbecho	65
Biomasa	97,136
funciones de	135
Blanqueado	161,163
Bloodwood	5,9,165
Blue-Gum	90
Box	5,9,10,11
Brasil	67,165,168
Bromuro de metilo	28
Brotos	90
adventicios	90
epicormicos	90

Calidad de la madera	82,147,149,157
Calorífico (poder)	165,166,168
Cambium	75,160
Canchas	28
Cantidad de semillas	15
Capital	180
Cápsula	28
Carbón vegetal	168
CCA	170,171
Celulosa	147,159,160
Cepas (tocones)	146,147,159,160
Cercos	23
Chapas	64,88,102,108,146,158,162,164
Cizalle	156
Clareos	93,94,96,180
Clases	de edad de sitio
	13,14
	2,112
Clima	43,49
	mediterráneo
	21,53
	tropical
	21
Clivaje	156
Clonal	84
Cloro	162
Clorosis	48
Coefficiente de forma (factor de)	82
Colapso	162,164,169
Combustible	165,166
Competencia	2,61,79,81
Compresión paralela	155,156
Compuestos fenólicos	160
Conicidad	82,168
Contenido de humedad	151,152,158,162,167,169
Contracción	169
Control	biológico
	74
	de competencia
	58,60,64,66,67,175,176
	de conejos,liebres
	23
	de plagas
	33
	malezas
	33,39,40,70
Corazón (madera de)	159
Corta	edad de
	83
	época de
	91
Cortafuego	76
Corte	tipo de
	93
Corteza	5,93,136,165
	tipos de
	4,9
Corteza caduca	5
Cortinas cortavientos	12
Cosecha	de semillas
	16,18
Costos	174 a 178,180,181
	beneficio
	174,175

	de plantación	183
Crecimiento		101,103,108,138
	en altura	87,111
	en diámetro	133
	funciones de radial	143
		159
Creosota		170,171
Criterios de evaluación		175
Cuarteado		164,168
Cuidados		33,66
Curvatura		94
Daños	por animales	23,57
	por fuego	5
	por viento	87,96
Debobinado		162,164
Decusada		5
Defectos		162,168
	de la madera	87
Deficit Hídrico		74
Deformaciones		169,170
Densidad		156,164,165
	básica	149,150,151,152,160
	de la madera	149,150,152,155,159,160,166
	de plantación	81,95,97,158
Descalce		34,36
Descortezado		99,171
Desfibrador		164
Dehiscencia		8,16
Diámetro		81,85,93
Diámetro	a la altura del pecho (DAP)	91,95,102,113
	crecimiento en	85,94,95
	de fibra	149
Dicotiledoneas		3
Distanciamiento (véase espaciamento)		
Dominancia apical		63
Dosel		81,84,90
Drenaje		49,50
Dumping-off		75
Durabilidad (de la Madera)		150,162
Duramen		147,150,170,171
Dureza		150,156
Durmientes		170
Eastern-Blue-Gum		10,169
Edad (véase época)	de clareo	95,96
	de corta	83,91
	de los arboles	161
	de raleos	85
Edafoclimáticas (áreas)		49,102,106,109
Elementos nutritivos del suelo	fósforo	38,71

	nitrógeno	38,39,71
	potasio	38,71
Encolado		149,150
Endurecimiento (lignificación)		46
Energía		165
Enfermedades		52,63,65,75,76
Epoca de	corta	91
	plantación	62
	siembra	18
Equilibrio (humedad de)		164
Erosión		58,61,103
Espaciamiento	en vivero	38
	de plantación	63,80 a 83,87,97,157,158
Especies	Introducción de	1,2,43,162
Selección de		42 a 56
Espesor de la pared		148,149
Estacas		108
Estado	seco	149,152
	verde	152,155,156,162,169,170
Estambres		7,8
<i>Eucalyptus alba</i>		165
<i>E. astringens</i>		5,11
<i>E. behriana</i>		11
<i>E. bicostata</i> (véase <i>E. globulus ssp bicostata</i>)		
<i>E. bosistoana</i>		11
<i>E. botryoides</i>		10,11
<i>E. bridgesiana</i>		47
<i>E. brockwayi</i>		11
<i>E. calycogona</i>		11
<i>E. camaldulensis</i>		1,5,6,11,12,17,19,20,43,47a50,52,53,59,
<i>E. cinerea</i>		11,47
<i>E. citriodora</i>		5,9,11,69,89,102,147,149a152,156,161,16
<i>E. cladocalyx</i>		1,8,11,17,43,47 a 50,55,91,103,147,149 a 15
<i>E. cloeziana</i>		10,11
<i>E. concinna</i>		11
<i>E. cornuta</i>		11
<i>E. crebra</i>		11
<i>E. dalrympleana</i>		11,47,165
<i>E. deglupta</i>		11,162
<i>E. delegatensis</i>		1 a 6,8,10,11,17,27,43,46 a 50,55,70,83,89,
<i>E. diversicolor</i>		4,11,89,160,162,164
<i>E. diversifolia</i>		10
<i>E. dives</i>		47
<i>E. dumosa</i>		11
<i>E. fastigata</i>		1,2,10,11,17,27,43,47 a 50,56,91,102,103,
<i>E. ficifolia</i>		8
<i>E. flocktoniae</i>		11
<i>E. gamophylla</i>		9,11
<i>E. globulus ssp bicostata</i>		11,17,27,43,47,49,50,53,91,103,147 a 149,
<i>E. globulus ssp globulus</i>		6,7,9,11,12,15,17,19,38,43,47 a 50,53,59,
<i>E. globulus ssp maidenii</i>		11,17,43,47 a 50,54,91,103,147a149,151,15

<i>E.globulus</i> (véase <i>E.globulus ssp globulus</i>)	
<i>E.gomphocephala</i>	11,43,46a49,51
<i>E.gongylocarpa</i>	11
<i>E.goniocalyx</i>	11
<i>E.grandis</i>	4,10,11,60,70,81,82,85a87,89a91,93,148a
<i>E.grandis x saligna</i>	11
<i>E.gummifera</i>	5
<i>E.gunnii</i>	11,43,46,47,51
<i>E.intertexta</i>	11
<i>E.laevopinea</i>	11
<i>E.largiflorens</i>	11
<i>E.lesouefi</i>	11
<i>E.leucoxylon</i>	11
<i>E.longicornis</i>	11
<i>E.loxophleba</i>	11
<i>E.macarthurii</i>	11,47
<i>E.maculata</i>	164,165
<i>E.marginata</i>	11,162,164
<i>E.melliodora</i>	5,11,49
<i>E.microcorys</i>	11,165
<i>E.microtheca</i>	11
<i>E.muellerana</i>	11
<i>E.niphophylla</i>	11
<i>E.nitens</i>	1,2,11,19,27,43,46 a 48,51,52,54,69,83,88
<i>E.obliqua</i>	3,5,10,11,18,102,147,149,151,160,162,16
<i>E.occidentalis</i>	11
<i>E.ochrophloia</i>	11
<i>E.oleosa var.glauca</i>	11
<i>E.oleosa var.oleosa</i>	11
<i>E.oxymitra</i>	11
<i>E.papuana</i>	9
<i>E.pauciflora</i>	10,11,46,47
<i>E.pilularis</i>	10,11,69,165
<i>E.polybractea</i>	4,11
<i>E.punctata</i>	11
<i>E.quadrangulata</i>	11
<i>E.radiata</i>	10,11
<i>E.regnans</i>	1a3,10,11,18,19,27,37,39,43,47a49,51,52
<i>E.resinifera</i>	10,11,18,69,89
<i>E.robusta</i>	10,11,27,49,51,91,150
<i>E.rudis</i>	11
<i>E.saligna</i>	4,5,10,11,81,90,160,165,168
<i>E.salmonophloia</i>	11
<i>E.salubris</i>	11
<i>E.sargentii</i>	11
<i>E.sheatiana</i>	11
<i>E.sideroxylon</i>	1,5,6,11,18,43,47a49,51,55,91,103,152
<i>E.sieberi</i>	10,11
<i>E.socialis</i>	11
<i>E.stellulata</i>	11,47
<i>E.stricklandii</i>	11

<i>E.tereticornis</i>	11,165
<i>E.tessellaris</i>	9
<i>E.thozetiana</i>	11
<i>E.torelliana</i>	9,11
<i>E.torquata</i>	11
<i>E.trivalvis</i>	11
<i>E.vermicosa</i>	4
<i>E.viminalis</i>	1,4,11,12,18,43,46,47,49,51,55,91,102,1
<i>E.viridis</i>	11
<i>E.wandoo</i>	11
<i>E.woodwardii</i>	11
Evaluación	174,181
de proyectos	179
económica	174
genética	18
Explotación	64
Exposición	112
Extraíbles tocón	93
Extraíbles (de la madera)	148,150,160,161
Factor de descuentos	181
Factores climáticos	24,43
de forma	82
Fertilidad (del suelo)	103
Fertilización	2,70,148,176
en plantaciones	60,70,97
en vivero	34,38
Fertilizantes aplicación	72
tipos de	73
Fibras	148
corta	161
larga	161
longitud de las	148,149,161,163,165
punto de saturación de las	167
Fitotoxicidad	69
Flexibilidad	161
Flexión	155
dinámica	156
Floración	15
Floreada	164,168,169,170
Flores	7
Flujo	174,178,180
de costo	175
neto	181
Forestación	52,55,64,103
Forma (véase factores)	45 a 47
Fósforo	38,71,73,113
Frío (resistencia al)	20,45,46,47,52,102,108
Frutos	4,7,8,15,16,136
Fuego	76

Fungicida	17
Germinación	18,24
Grey-Gums	11
Grietas	170,169
Gums	5,9,10
Heladas	44,63
daños	45
resistencia (véase Frío)	
Hemicelulosa	147,164
Herbicidas	66,67,69,70,99,158
Heterofilia	5,7
Higroscopicidad	162
Hipantio	7,8
Hojas	5,136
adultas	7
de plantas nuevas	5
intermedias	5
juveniles	5
Hongos	75, Anexo 2
ataque de	16
Hoyaduras	58,59
Hoyos (de plantación)	58,60,64,65
Húmedad de equilibrio	164
IMA (Incremento Medio Anual)	2,83,103
Impregnación (véase preservación)	87,149,170
Incendios	76
Indice de sitio	108,111,112
de kappa	162,163
de Runkel	163
Inflorescencia	4,7,8
Ingresos	174,175,177a181,183
Insecticidas	29,33,76,87,160
Insectos	48,55, Anexo 2
Insumos	174
Interacción entre tratamientos	71,73,39
N/P	113
Inversión	177 a 181
Ironbark	5,6,9,10,11
I.V.A.N.	179
Kappa	162,163
Karri	4
Kino	5,159,165
Latencia (de Semillas)	17
Leña	49,98,108,135,146,160,166,167
Leña carga de	167,168
Lignina	147,159,161,162,163,164

Lignotuberculo	90
Limpia con herramientas	70
manual	70
Limpia-Habilitación (preparación del sitio)	57,175,176
Lluvias (veáse precipitación)	3
Long-Fibred-Brown-Bark	5
Macetas	27,30,31,65
Madera aserrada	64,80,88,102,108,135,158,168,170
chapas	88,102,108,146
contenido de	
humedad de la	152,166
de tensión	159
densidad de la	149,150,152,160,165a167
laminada	162
pulpa	80,108,146,147,180,181
Malezas (veáse control de)	39,66,69,70,73,97
Mallees	4
Manejo	158,159,181
de retoños	93
régimen de (esquema)	81,84,87,88,97
Manna-Gum	4
Médula	148
Mejoramiento genético	52,108,150,158,160
Mercado	174,175,179
Messmate-Stringibark	4
Métodos de volteo	93
Micorrizas	39
Módulo de elasticidad	155
de rotura	155
Monte alto	79,81,90,167
bajo	90,167
medio	90
Mortalidad	71,81,93,96,98,158
Mountain-Ash	3
Muebles	146,159,168
Nemátodos	Anexo 2
Nitrógeno	38,60,66,72,113
Nudos	87
Opérculo	7
Ovario	7
Oidios	Anexo 2
Ovulos	8
Papel	108,148,149,160,161
Paper-pot	27,30
Paráfisis	8,15,16
Parcelas experimentales	2,102
Pentaclorofenol	170,171
Peppermint	5,10

Persistente	5
Pestes (veáse plagas)	33
Pesticidas	33
pH	48,50
<i>Phoracantha semipunctata</i>	63,75,158
Pinturas	149
<i>Pinus radiata</i>	37,39,108,165,166
Plagas	33,75
Plantación	57 a 76
época de	57,62
espaciamiento de	63
método de	
establecimiento	60,176
técnicas de	65
Plantas	
a raíz desnuda	22 a 24,27,34 a 38,64,65
en macetas	24,34
extracción de (vivero)	34,38
movimiento de	33
producción de	
(véase vivero)	21
tipo y tamaños de	64
transporte de	34,38,65
Plantulas	24
Platabandas	22,23
Poda	64,80,87,89,176,181
Poder calórico	
(veáse calor de combustión)	165,166
Pólen	7
Postes	49,87,97,135,146,170,171
Potasio	38
Precio	174,175
Precipitación	3,21,43,58,103
Prendimiento	58
Preparación de suelos	2,58
efectos sobre	66
Preservación (de la madera)	170,171
Pretratamiento de semillas	17
Procedencias	1,2,15,18,21,52a54,108,148
Productividad	58,83,91,113
Profundidad	50,113
Propiedades	146
básicas	147
físico mecánicas	49,52,147
mecánicas	152,156
Protección	64
plagas y enfermedades	28,29,75
contra animales	74
Pulpa	49,97,102,146a150,159a162
Pulpaje	160 a 162
Quema	58

Radial	148,150
Raíces	24,64
mal formación de poda de	30 24,34,36,37
Raleo	48,64,79a81,84,85,87a90,96,148,158,159,
en vivero	36,37
Ramas	136
epicormicas	5,85
Razón beneficio/costo	175
Reacondicionamiento de la madera	170
Rebrote (véase retoñación)	49
Red-Gum	11
Regeneración	37,46,70,90,93,97
Relaciones	143
DAP/H	137,143
DAP/DAT	138,144
DAP/EC	137,138,143
funcionales	101,108,138,161,168,175
Rendimiento	99
Renovación	174,175,179,181
Rentabilidad	24,29,32
Repique	63,99
Replante	165
Resina	161,164
Resistencia	52
a la sequía	52
a plagas o enfermedades	52,108
al frío	60
al viento	150,155
de la madera	49
Retoiñación	90
Capacidad de	108
<i>Rhyacionia bouliana</i> (polilla del brote)	2,42,158
Riego	57,74
en plantaciones	22,23,29,32a34,36
en vivero	161
Rigidez	73
Roca fosfórica	157
Rodal	83,84,97,158,167,175
Rotación	98,181
Rotación (ciclo de corta) largo de la	Anexo 2
Royas	
Sales	71,72
CCA	170,171
Salinidad (véase suelos salinos)	50
Secado	149,162,164,167a169
Secciones (botánicas)	8
Selección	42,43,49,52
de especies	42,52a55,103,108
de procedencias	8,15
Semillas	

	procedencia	18,52
	abastecimiento de	15
	almacenaje de	16
	cantidad de	15
	cosecha de	15
	estratificación de	17
	extracción de	15
	germinación de	17
	viabilidad de las	16,17,27
Sequía (resistencia a la)		20,43,44,47,52,57,74,76,91,98
Series		8
Siembra		27,29,35,36
Sistemática		8
Sitio		48,108,161,175,179
	calidad del	42,59,63,97,102,155,158
	clase de	2,112
	índice de	111
	preparación del	57,64
Sombreaderos (sombas)		24
Southern-Blue-Gum		4,6,11
Stringybark		5,6,9,10
Styroblock		30
Subgénero		8
	<i>blakella</i>	9
	<i>corymbia</i>	9
	<i>eudesmia</i>	9
	<i>idiógenes</i>	10
	<i>monocalyptus</i>	10
	<i>symphyomyrtus</i>	10
Subseries		8
Subsolado		60
Sub-especies		1,2,19,49,102,155
Suelos		48,49,52,102,108,112,146,183
	alcalinos	48
	calcáreos	48
	deficiencias del	72,73,103
	preparación de	58 a 61,66
	profundidad de	96,113
	salinos	49
Supervivencia		58,64,65
Surcos		35 a 38,59,60,64
Sustrato		31
Tableros		102,146,162,165
	contrachapado	162,164,171
	de fibras	162,164,165
	de partículas	156,162,165
Taladradores (de la madera)		158,171
Tallo		5,33
Tanino		1,103,146
Tasa	de crecimiento	20,48,60,64,81,83,84,87,148,150,155,158

de descuento	176,178,180,183
de interés	176,179
interna de retorno (TIR)	175,178,179
Técnicas de establecimiento	1,57,63,70,84,99,181
Temperatura	44,48,108
Tenacidad (flexión dinámica)	156
Tensión de crecimiento madera de	157,158,162,164,168 159
Terciado (véase tableros contrachapados)	162
Terrazas	61
Terreno preparación en vivero	22
Textura	50
Tipo-Gum	6
Tocón	90,99
Tracción	156
Turba	27
Unidades edafoclimáticas homogéneas	102
Utilidades	175
Utilización	160
Valor actual de beneficios netos (VABN)	176
Valor actual neto (VAN)	175 a 179,181
Valor presente neto (VPN)	176
Valor residual	175,176
Valvas	8
Variación genética intraespecífica	52 52
Vasos	149,161
Vermiculita	28
Vida útil	179
Viento (efectos del)	48,96
Vivero	48
diseño de	23
instalación de	22
tamaño de	22
tipos de	21
ubicación de	22
Volteo (método de)	93,157,158
Volumen	81,85,90,95,102,113,114 a 132, 138 a 142,159,167
funciones de	113 a 132, 138 a 142
Yemas	90
florales	4,7,8
Zonas (región) áridas y semiáridas	58,62
mediterránea central	103,156
mediterránea semiárida	103
oceánica de los lagos	108



instituto forestal



**CORPORACION DE
FOMENTO DE LA PRODUCCION**