

EFFECTOS DE DIFERENTES METODOS DE PLANTACION EN EL DESARROLLO INICIAL DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS*, *E. CLADOCALYX* Y *E. SIDEROXYLON* EN LA ZONA ARIDA DE CHILE

Johannes Wrann H.(*)

RESUMEN

En la zona árida de Chile, en la provincia de Choapa, IV Región con alrededor de 215 mm de precipitación anual, se probaron tres tratamientos de preparación de suelo, con y sin aplicación de fertilización y control de malezas, con el fin de determinar el efecto en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. sideroxylon* y *E. cladocalyx*. En el momento de la evaluación las plantaciones habían cumplido la edad de 4-3 y 2 años respectivamente.

La fertilización afecta positivamente el desarrollo de las plantas, si se aplica después del control de malezas.

Los mejores resultados se obtuvieron al emplear como preparación del suelo una combinación de subsolado (en el caso de *E. camaldulensis* y *E. sideroxylon*) y surco (en el caso de *E. cladocalyx*), con la aplicación de fertilizante (NPK) con control de la vegetación competidora, lográndose respuestas positivas a pesar de las condiciones difíciles de la zona.

ABSTRACT

Establishment techniques combining soil preparation, weed control and fertilization in three experimental plantations were tested. The trials are located in Chile's arid region which presents a mean annual rainfall of 215mm.

The three species and their corresponding ages were: Eucalyptus camaldulensis (4 years), E. sideroxylon (3 years) and E. cladocalyx (2 years).

The best results were obtained by combining soil preparation, ripping (in the E. camaldulensis and E. sideroxylon trial) and furrowing (in the E. cladocalyx trial) with NPK fertilizing and weed control. Considering the harsh environmental conditions, satisfactory responses to intensive planting treatments were achieved.

(*) Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Santiago.

INTRODUCCION

La zona árida representa un medio difícil para establecer plantaciones forestales, y por lo tanto se requiere de técnicas intensivas, que favorezcan el desarrollo radicular y reduzcan el efecto de la competencia. En este artículo se analizan estas técnicas comparadas con el método menos intensivo, que es la plantación en hoyo o casilla.

Basado en experiencias sobre técnicas de establecimiento realizadas en el extranjero (Backstrom, 1981; Boden D.I., 1984; Froehlich A.H., 1984; Shönau et al 1981; Shönau 1984-a-b), y tomando en cuenta las especies forestales seleccionadas de experiencias de INFOR, (CORFO-INFOR, 1986), se instalaron 11 ensayos de métodos de plantación en el período 1984-1987 en la zona árida y semiárida del país.

En este artículo se analizan los ensayos de métodos de plantación establecidos en la zona de Illapel (IV Región) con las especies *Eucalyptus camaldulensis*, *E. sideroxylon* y *E. cladocalyx*, instalados los años 1985, 1986 y 1987 respectivamente. Estos métodos de plantación incluyen preparación de suelo, control de malezas y aplicación de fertilizante.

MATERIAL Y METODO

Ubicación y Descripción del lugar de Ensayo

El ensayo se ubica en la IV Región, comuna de Illapel, a aproximadamente 10 km al S.W. de la ciudad de Illapel, en el Centro Experimental "Bellavista", con acceso por el camino antiguo Illapel - Los Vilos. El ensayo está ubicado en un terreno de aptitud ganadero-forestal con una pendiente de hasta 20% y exposición predominante N.E. para el caso de la plantación de *Eucalyptus camaldulensis*. El resto del ensayo se ubica en suelos planos. El suelo es de origen granítico con una profundidad de 60-80 cm sobre el material generador. La textura del horizonte superior es franco arcillo arenosa o franco arenosa. El contenido de materia orgánica es muy bajo (0,6%), pero las disponibilidades de nitrógeno, fósforo, potasio y boro no restringen el crecimiento de las plantas; N-P-K-B del horizonte superior = 13-17-382-0,93 ppm respectivamente. La densidad aparente es de 1,35 - 1,40 g/cm³ y el pH de 7,2 - 7,5.

El clima corresponde al tipo de Estepa con gran sequedad atmosférica "BST" según Koeppen (Fuenzalida, H. 1967) o al tipo mediterráneo árido según Emberger (Di Castri y Hajek, 1976). Se caracteriza por una precipitación invernal que en promedio alcanza 215 mm y un largo período seco de 8 a 11 meses por año. Las precipitaciones registradas de los años 1986 y 1987 fueron favorables, pero con un fuerte déficit en 1985; 88 y 89. Al respecto, se pueden señalar las precipitaciones registradas por la estación meteorológica de INFOR, cercana al lugar de ensayo: año 1987 = 582 mm; año 1988 = 63 mm; año 1989 = 128 mm.

La vegetación natural existente en el área es una estepa de *Acacia caven*, de baja densidad, acompañada de un estrato arbustivo bajo, dominado por *Gutierrezia paniculata* (Pichanilla). También se encuentran las especies *Flourenzia thurifera* y *Colletia spinosa*, *Schinus molle*.

Tratamientos y Diseño Experimental

Los ensayos, según la especie de que se trate, se instalaron en los años que se indican:

<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	=	1985 (Julio)
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	=	1986 (Junio)
<i>Eucalyptus cladocalyx</i>	=	1987 (Junio)

Las plantas fueron producidas en macetas (siembra en primavera del año anterior) en el vivero de INFOR en Santiago (280 km del lugar de ensayo), excepto en el caso de *E. camaldulensis* que corresponde a la producción del vivero CONAF en Melipilla.

Los tratamientos de estos ensayos son los siguientes:

a) Plantación de *Eucalyptus camaldulensis*, y *E. sideroxylon*.

Los tratamientos de estos ensayos se hicieron según un diseño factorial 3 x 2 x 2, con tres repeticiones, que combinan los siguientes factores:

1. Preparación de suelo.	0 : hoyo 1 : surco 2 : subsolado
2. Fertilización	0 : testigo (sin aplic.) 1 : 170 g NPK por planta (elemento activo)
3. Control de malezas (o control de competencia).	0 : testigo (sin control) 1 : limpia manual

De la combinación de estos factores resultan los siguientes tratamientos:

T ₁	=	Hoyo de 30 cm x 30 cm x 30 cm, hecho con chuzo o picota y pala.
T ₂	=	Hoyo - fertilizante. El tratamiento anterior más la aplicación de fertilizante según se detalla más adelante.
T ₃	=	Hoyo - control de malezas mediante limpia manual.
T ₄	=	Hoyo - fertilizante - control de malezas.
T ₅	=	Surco hecho en la línea de plantación, efectuado con arado liviano tirado por tractor agrícola.
T ₆	=	Surco - fertilizante.
T ₇	=	Surco - control de malezas.



- T₈ = Surco - fertilizante - control de malezas.
- T₉ = Subsulado hasta 40 cm de profundidad en la línea de plantación, hecho con arado subsolador tirado por un tracto agrícola.
- T₁₀ = Subsulado - fertilizante.
- T₁₁ = Subsulado - control de malezas.
- T₁₂ = Subsulado - fertilizante - control de malezas.

Estos 12 tratamientos se distribuyeron en bloques con tres repeticiones, con una unidad muestral de 25 plantas con un distanciamiento de plantación de 3m x 3m.

La fertilización se realizó dos a cuatro semanas después de la plantación, a fines de invierno. A cada planta se aplicó 210 g de fertilizante: 50 g de superfosfato triple (20,1% P); 50 g de sulfato de potasio (50% K) y 110 g de urea (46% N). La mezcla se distribuyó en dos pequeñas zanjas hechas a ambos lados de la planta a unos 20 cm de ésta en el mismo sentido de la pendiente. Al año siguiente, en la misma época, se realizó una aplicación idéntica de fertilizante.

El control de malezas consistió en eliminar la maleza en un radio de aproximadamente 1 m alrededor de la planta. En la plantación de *E. camaldulensis* la limpia fue manual, mientras que en la plantación de *E. sideroxylon* se aplicaron 15 ml de una solución de Gramoxone (Paraquat) al 2% (taza de 1 m de diámetro) en la base de las plantas, cuidando de no mojarlas. El control de malezas se repitió en la primavera del año siguiente.

b) Plantación de *Eucalyptus cladocalyx*.

Los tratamientos de este ensayo contemplan las variables siguientes:

- Preparación de suelo
 - 0 : Hoyo
 - 1 : Surco
 - 2 : Subsulado
- Niveles de mejoramiento
 - 0 : Testigo
 - 1 : Control de malezas
 - 2 : Control de malezas con aplicación de fertilizante.

Estas variables se asimilan a un factorial 3x3 (3 preparaciones de suelo y 3 niveles de mejoramiento).

De la combinación de estos factores resultan los 9 tratamientos siguientes, siendo cada uno de éstos iguales a los respectivos de los ensayos anteriores.

- T₁ = Hoyo
- T₂ = Hoyo - control de malezas

- T₃ = Hoyo - control de malezas - fertilizante
 T₄ = Surco
 T₅ = Surco - control de malezas
 T₆ = Surco - control de malezas - fertilizante
 T₇ = Subsulado
 T₈ = Subsulado - control de malezas
 T₉ = Subsulado - control de malezas - fertilizante

Estos 9 tratamientos se distribuyeron en bloques con tres repeticiones; la unidad muestral es una parcela de 25 plantas con un distanciamiento de 3 m x 3 m.

A diferencia de los casos anteriores, en este ensayo no se incluyen los tratamientos de aplicación de fertilizante sin control de malezas, en consideración a la experiencia obtenida anteriormente con *E. camaldulensis* y *E. globulus* (Wrann e Infante, 1988; Prado y Rojas 1987; Prado y Wrann, 1988). Dichas experiencias recomiendan el uso de fertilizantes sólo combinado con control de malezas.

La fertilización se realizó en forma idéntica a los otros ensayos.

El control de malezas se efectuó mediante aplicación de herbicida Gramoxone (Paraquat) igual como en la plantación de *E. sideroxylon*. En primavera del año siguiente se repitió el control de malezas mediante limpia manual.

Cuidados Posteriores

En la plantación de *E. camaldulensis* se realizaron los siguientes cuidados posteriores: diez riegos de 4 ℓ/planta excepto el primero de 2 litros y el último de 8 ℓ/planta, entre Julio 1985 y Marzo 1989. Se hicieron tres aplicaciones de repelentes contra conejos en 1986-87 (Pomarsol F, i.a. Thiuram TMTD 80%; 12,5% concentración).

En la plantación de *E. sideroxylon* se aplicaron diez riegos 4 ℓ/planta) entre Noviembre 1986 y Febrero de 1989.

En la plantación de *E. cladocalyx* se aplicaron siete riegos 4ℓ/planta entre Enero 1988 y Marzo 1989.

En todos los casos los riegos se aplicaron preferentemente en primavera y verano.

Metodología de Análisis

En octubre de 1989 se efectuó la medición de supervivencia y desarrollo de las plantas, cuando los ensayos tenían las siguientes edades: *Eucalyptus camaldulensis*: 4 años; *E. sideroxylon*: 3 años; *E. cladocalyx*: 2 años.

El análisis de los resultados de adaptación para cada ensayo se realizó en base a la supervivencia, la altura promedio de las plantas, diámetro promedio en la base del tallo o del tronco, (diámetro basal) y al "Índice de Crecimiento" que se considera un mejor estimador de la biomasa total y corresponde al diámetro basal al cuadrado por la altura del árbol (D²H). Se distingue un D²H promedio por parcela y un D²H total que es la suma de los D²H por

parcela y por lo tanto lleva implícita la supervivencia.

Los valores promedios de los tratamientos para cada variable se sometieron a un análisis de varianza, con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre bloques y tratamientos.

RESULTADOS

Para cada uno de los ensayos analizados se entrega el cuadro resumen de resultados (Cuadros N° 1, 3, 5). En estos se entregan los valores medios de las variables empleadas para el análisis de cada uno de los tratamientos. Además se presentan los valores totales de los niveles de cada factor. Por ejemplo: "Total A_0 " representa los promedios del tratamiento del suelo A_0 (Hoyo), cualquiera sea el nivel de los factores B y C (Cuadros 1 - 3) o del factor B (cuadro 5).

La supervivencia y el desarrollo total en términos del índice de crecimiento total (D^2H) también se presentan en forma gráfica, ya que esto facilita la interpretación de los resultados (Fig. 1 a 6)

Los niveles de significancia para los distintos factores y su interacción se indican en los Cuadros 2, 4 y 6, para los respectivos ensayos.

Eucalyptus camaldulensis

Se puede observar que el factor de mayor importancia es el control de malezas, ya que afecta a todas las variables en forma positiva. La supervivencia es afectada significativamente por el control de malezas. La fertilización, en cambio puede afectarla en forma positiva o negativa. Todos los tratamientos que incluyen control de malezas presentan una supervivencia alta, siempre superior al 75%. Por el contrario, en todos aquellos casos en que solamente se fertilizó, sin incluir control de malezas, la supervivencia disminuyó en forma notable, alcanzando valores entre 8 a 28% (tratamientos 2-6-10 del cuadro 1).

El crecimiento en altura también se ve beneficiado por el control de malezas, sin embargo de acuerdo al Test de Tukey, solamente el tratamiento 2: "hoyo-fertilizante", presenta un crecimiento significativamente inferior con respecto al tratamiento "subsulado-fertilizante-control de malezas", que es el que produce los mejores resultados (Cuadros 1 y 2).

La influencia del control de malezas en el crecimiento del diámetro es análogo al caso de la altura. En este caso los tratamientos 1= hoyo y 2= hoyo-fertilizante presentan diferencias estadísticamente significativas (99% prob.) con el tratamiento "subsulado-fertilizante-control de malezas".

CUADRO 1

PLANTACION DE *Eucalyptus camaldulensis*
RESUMEN RESULTADOS AL 4º AÑO DESPUES DE LA PLANTACION

Factor A Preparación del Suelo	Factores B y C Fertilizante-Herbicida	Tratamiento	Sobreviv. Promedio %	Altura (H) (m) (1)	Diámetro Basal (cm) (1) (D)	Indice de Crecimiento D ² H (cm ³)	
						Promedio	Total
A ₀ = Hoyo	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert. Herb.	1) Ho	49,3	0,82	1,5	334,18	4.058,76
		2) HoFe	8,0	1,07	2,3	968,49	2.053,24
		3) HoHe	85,3	1,40	2,8	1.464,57	33.670,37
		4) HoFeHe	76,0	1,60	3,7	3.241,72	57.350,08
TOTAL A ₀			54,6	1,22	2,6	1.502,24	24.283,11
A ₁ = Surco	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert-Herb.	5) Su	38,7	1,39	2,8	1.401,27	12.655,93
		6) Su Fe	28,0	1,03	2,4	1.274,01	12.554,39
		7) Su He	85,3	1,20	2,7	1.221,56	25.991,52
		8) Su Fe He	86,7	1,80	4,4	4.661,62	104.756,44
TOTAL A ₁			59,7	1,40	3,1	2.139,61	38.989,57
A ₂ = Subsulado	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert-Herb.	9) Sb	53,3	1,16	2,7	1.618,12	27.570,77
		10) Sb Fe	13,3	0,94	2,0	629,06	2.218,83
		11) Sb He	93,3	1,25	2,8	1.327,18	30.814,79
		12) Sb Fe He	81,3	1,88	4,4	5.826,27	124.175,56
TOTAL A ₂			60,3	1,31	3,0	2.350,16	46.194,99
Total factores B y C (Todos los métodos de preparación de suelo)	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert.-Herb.	1 - 5 - 9	47,1	1,12	2,3	1.117,86	14.761,82
		2 - 6 - 10	16,4	1,01	2,2	957,19	5.608,82
		3 - 7 - 11	88,0	1,28	2,8	1.337,78	30.158,89
		4 - 8 - 12	81,3	1,76	4,2	4.576,54	95.427,36

Ho = Hoyo

Su = Surco

Sb = Subsulado

Fe = Fertilizante

He = Herbicida (Control de malezas manual)

(1) = Valores promedios.

CUADRO 2

ENSAYO DE *Eucalyptus camaldulensis* NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCION PARA LOS RESULTADOS DE LA PLANTACION

Factor	Superv.	Altura	Diám.	I. de Crecimiento	
				Promedio	Total
Bloques					
A= Prepar. del suelo				*	*
B= Fertilizante	**				
C= Control de Malezas	**	**	**	**	**
Interacción					
A.B					
A.C					
B.C		*	*	**	**
A.B.C		*	*	**	**

(*) $\alpha = 0,05$

(**) $\alpha = 0,01$

El factor control de malezas, presenta significancia estadística ($\alpha = 0,01$) en forma aislada y en interacción con la fertilización. La interacción preparación de suelo - fertilización o control de malezas, también presenta diferencias significativas ($\alpha = 0,05$ y $\alpha = 0,01$) (Cuadros 1 y 2). De acuerdo al Test de Tukey ($\alpha = 0,05$) los tratamientos 12-8-4-3-11-9-7 no presentan diferencias significativas entre sí. Se puede apreciar en la figura 2, que los tratamientos más intensivos 11 y 12: "Surco-fert.-herb" y "subsulado-fert.-herb" presentan un desarrollo muy superior.

Eucalyptus sideroxylon

Los resultados de esta especie también muestran una respuesta favorable a las técnicas más intensivas de establecimiento. El control de malezas es también aquí un factor importante pero solamente en la supervivencia. Sin embargo, dicho efecto no es estadísticamente significativo (Cuadro 4), puesto que la supervivencia para todos los tratamientos es muy alta y se mueve en un rango de 72 a 96%. Es interesante destacar que la supervivencia promedio es mayor en los tratamientos con preparación de suelo en surco (cuadro 3 y Fig. 3).

En esta especie los resultados de adaptación están dados fundamentalmente por el factor sitio (bloques) y fertilización (cuadros 3 y 4). Esto se contrapone al resultado de las otras especies que se analizan en este informe, con una respuesta de mayor importancia al control de malezas.

FIGURA 1

SUPERVIVENCIA DE *E. camaldulensis* SEGUN DIFERENTES METODOS DE PLANTACION (EDAD : 4 AÑOS)

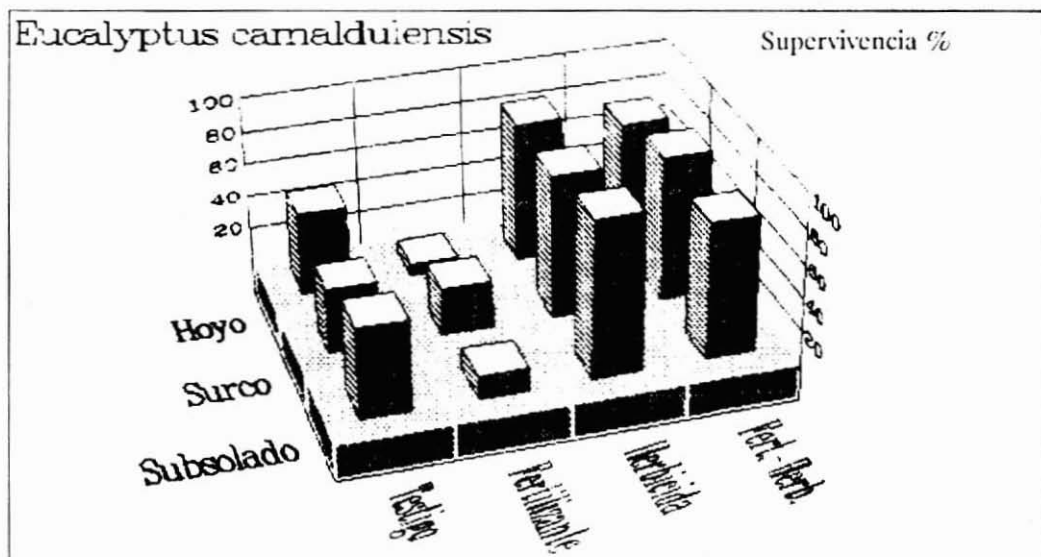
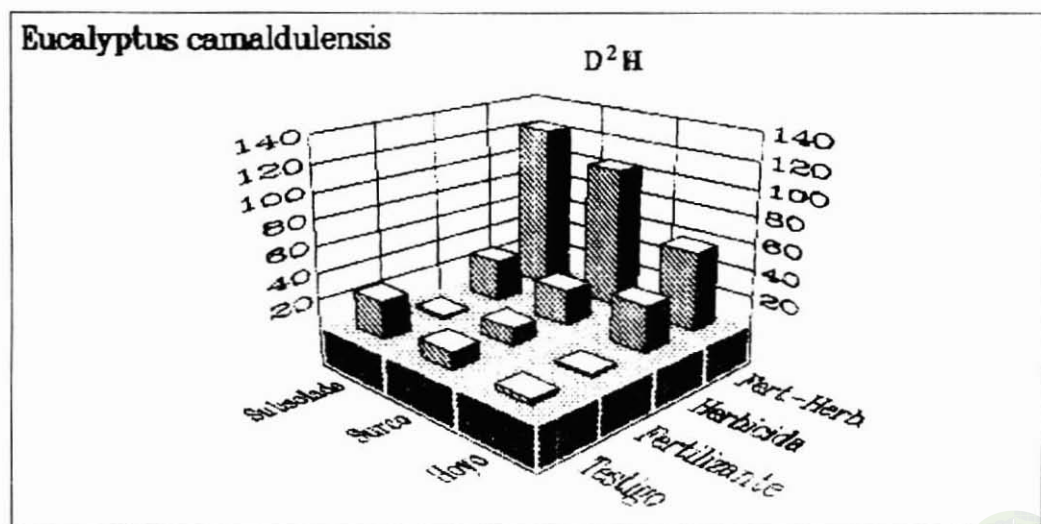


FIGURA 2

DESARROLLO DE *E. camaldulensis* EN TERMINOS DEL INDICE DE CRECIMIENTO TOTAL POR PARCELA (dm^3) SEGUN DIFERENTES METODOS DE PLANTACION (EDAD : 4 AÑOS).



CUADRO 3

METODOS DE PLANTACION DE *Eucalyptus sideroxylon*
RESUMEN RESULTADOS AL 3° AÑO DESPUES DE LA PLANTACION

Factor A Preparación del Suelo	Factores B y C Fertilizante-Herbicida	Tratamiento	Sobreviv. Promedio %	Altura (H) (m) (I)	Diámetro Basal (cm) (I) (D)	Indice de Crecimiento D ² H (cm ³)	
						Promedio	Total
A ₀ = Hoyo	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert. Herb.	1) Ho	85	1,57	1,4	294,70	6.383,16
		2) HoFe	87	1,26	2,2	965,81	20.531,00
		3) HoHe	89	1,04	1,6	364,39	8.085,24
		4) Ho Fe He	84	1,43	2,6	1.983,04	43.228,96
TOTAL A ₀			86	1,32	1,9	901,98	19.557,09
A ₁ = Surco	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert.-Herb.	5) Su	96	1,06	1,6	343,55	8.175,72
		6) Su Fe	87	1,37	2,4	1.461,25	33.404,96
		7) Su He	93	1,21	2,0	734,40	17.022,36
		8) Su Fe He	95	1,42	2,7	1.637,55	37.848,31
TOTAL A ₁			93	1,26	2,2	1.044,19	24.112,84
A ₂ = Subsolado	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert.-Herb.	9) Sb	72	0,94	1,3	216,93	3.815,68
		10) Sb Fe	73	1,39	2,6	1.491,92	27.267,17
		11) Sb He	89	1,16	1,8	633,09	13.345,54
		12) Sb Fe He	80	1,34	2,4	1.835,94	44.462,14
TOTAL A ₂			78	1,21	2,0	1.044,47	22.222,63
Total factores B y C (Todos los métodos de preparación de suelo)	B ₀ C ₀ = Testigo B ₁ C ₀ = Fertilizante B ₀ C ₁ = Herbicida B ₁ C ₁ = Fert.-Herb.	1 - 5 - 9	84	1,19	1,4	285,06	6.124,85
		2 - 6 - 10	82	1,34	2,4	1.306,33	27.067,71
		3 - 7 - 11	90	1,14	1,8	577,29	12.817,71
		4 - 8 - 12	86	1,40	2,6	1.818,84	41.846,47

Ho = Hoyo
 Su = Surco
 Sb = Subsolado
 Fe = Fertilizante
 He = Herbicida

CUADRO 4

ENSAYO DE *Eucalyptus sideroxylon* NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE
LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCION PARA LOS
RESULTADOS DE LA PLANTACION

Factor	Superv.	Altura	Diám.	I. de Crecimiento D ² H	
				Promedio	Total
Bloques	*		**	*	*
A= Prepar. del suelo	*				
B= Fertilizante			**	**	**
C= Control de Malezas					
Interacción A.B					
A.C					
B.C					
A.B.C					

(*) $\alpha = 0,05$ (**) $\alpha = 0,01$

El crecimiento en altura no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, pero el diámetro de las plantas y la biomasa (D²H promedio y total) se ven afectadas positivamente por la fertilización y también por las diferencias de suelo, puesto que uno de los bloques se encuentra en un suelo de menor calidad, caracterizada por una alta pedregosidad.

La baja influencia relativa del control de malezas en el desarrollo inicial de esta especie, la hacen destacarse entre todas las experiencias análogas realizadas con otras especies. Sin embargo, no debe perderse de vista la influencia altamente benéfica que significa la combinación de control de malezas con la fertilización (Cuadro 3 y Fig. 3).



FIGURA 3

SUPERVIVENCIA *E. sideroxylon* SEGUN DIFERENTES METODOS PLANTACION (EDAD : 3 AÑOS)

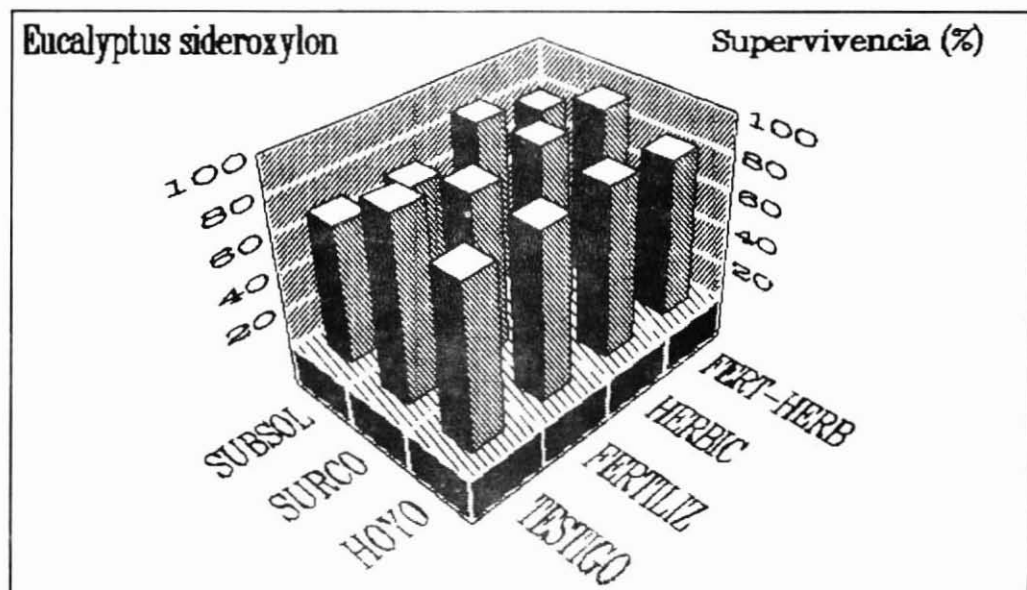
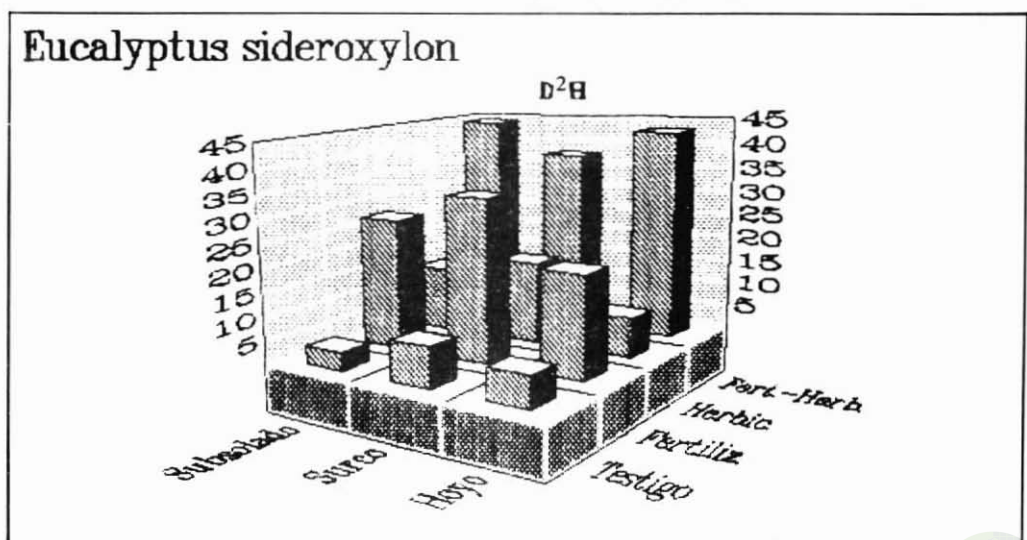


FIGURA 4

DESARROLLO DE *E. sideroxylon* EN TERMINOS DEL INDICE DE CRECIMIENTO TOTAL POR PARCELA, (dm^3), SEGUN DIFERENTES METODOS DE PLANTACION (EDAD : 3 AÑOS)



Eucalyptus cladocalyx

Esta especie presenta el mayor desarrollo relativo entre las tres analizadas. Se observa una supervivencia alta en todos los tratamientos y una respuesta favorable a la preparación de suelo y a la aplicación de herbicida y fertilizante (cuadro 5 y Fig. 1).

CUADRO 5

METODOS DE PLANTACION DE *Eucalyptus cladocalyx*
RESUMEN RESULTADOS AL 2° AÑO DESPUES DE LA PLANTACION

Factor A Preparación del Suelo	Factor B Fertilizante-Herbicida	Trata- miento	Sobreviv. Promedio %	Altura (H) (m) (1)	Diámetro Basal (cm) (1) (D)	Indice de Crecimiento D ² H (cm ³)	
						Promedio	Total
A ₀ = Hoyo	B ₀ = Testigo B ₁ = Herbicida B ₂ = Fertilización (1)	1) Ho	88	1,02	1,8	409,78	9.170,88
		2) HoHe	80	1,09	1,9	961,02	17.994,78
		3) HoFe	85	1,24	2,1	920,28	19.543,49
TOTAL A ₀			84	1,12	1,9	763,69	15.569,72
A ₁ = Surco	B ₀ = Testigo B ₁ = Herbicida B ₂ = Fertilización (1)	4) Su	79	1,27	2,3	1.067,44	20.234,32
		5) Su He	88	1,21	2,2	829,01	17.269,21
		6) Su Fe	81	1,39	2,6	1.599,86	32.043,18
TOTAL A ₁			83	1,29	2,4	1.165,44	23.182,24
A ₂ = Subsolado	B ₀ = Testigo B ₁ = Herbicida B ₂ = Fertilización (1)	7) Sb	89	1,11	1,8	543,59	12.105,20
		8) Sb He	83	0,96	1,8	380,85	7.868,59
		9) Sb Fe	85	1,25	2,4	1.157,32	24.913,78
TOTAL A ₂			86	1,11	2,0	693,92	14.962,52
Total factor B (Todos los métodos de preparación de suelo)	B ₀ = Testigo	1 - 4 - 7	85	1,13	2,0	673,60	13.836,80
	B ₁ = Herbicida	2 - 5 - 8	84	1,09	2,0	723,63	14.377,53
	B ₂ = Fertilización	3 - 6 - 9	84	1,29	2,4	1.225,82	25.500,15

(1) Fertilización incluye control de malezas



CUADRO 6

**ENSAYO DE *Eucalyptus cladocalyx* NIVELES DE SIGNIFICANCIA
DE LOS DISTINTOS FACTORES Y SU INTERACCION PARA
LOS RESULTADOS DE LA PLANTACION**

Factor	Superv.	Altura	Diám. Basal	I. de Crecimiento	
				Promedio	Total
Bloques A= Prepar. del suelo B= Comb. Fert. y Herb. Interacción A.B					
			*		
			*		*

(*) $\alpha = 0,05$ (**) $\alpha = 0,01$

El análisis de varianza entrega diferencias significativas para las variables diámetro basal e índice de crecimiento total, indicando que éstas diferencias se deben principalmente al factor aplicación de herbicidas y fertilizantes. El desarrollo de las plantas en términos del índice de crecimiento total, presenta el mejor resultado para el tratamiento surco-herbicida-fertilizante.

La combinación fertilizante-herbicida, produce diferencias significativas (95% prob.) en las variables Diámetro Basal e Índice de Crecimiento Total, pero no hay interacción con la preparación de suelo. En el mismo nivel de significancia estadística se encuentran todos los tratamientos con preparación de suelo en surco, comparado con el tratamiento “subsolado-herbicida-fertilizante” (Test de Tukey 95% prob.)

DISCUSION

Los resultados de los tres ensayos confirman la importancia de aplicar técnicas intensivas de plantación para permitir el establecimiento de las especies analizadas y de cualquier especie del género *Eucalyptus* (Schönau et al, 1981).

Se analizan a continuación los factores y su influencia en la supervivencia y desarrollo de la plantación.

Preparación del Suelo

La preparación del suelo tuvo una importancia significativa en la sobrevivencia inicial de *Eucalyptus camaldulensis*, según la evaluación al 2º año después de la plantación (Wrann e Infante, 1988). Sin embargo al 4º año de edad este efecto se ha perdido (Fig. 1 tratamientos hoyo-surco-subsolado-testigo). Indudablemente que ésto se debe a la sequía de los años 1988 y 1989. La supervivencia de *E. sideroxylon* al 3er año, se ve significativamente afectada por la preparación del suelo con el surco, dando los mejores resultados. Este método de preparación de suelo ejerce un efectivo control de malezas al remover una faja de suelo de alrededor de 1,7 m de ancho incluyendo surco y camellón.

FIGURA 5

SUPERVIVENCIA DE *E. cladocalyx* SEGUN DIFERENTES METODOS DE PLANTACION (EDAD : 2 AÑOS)

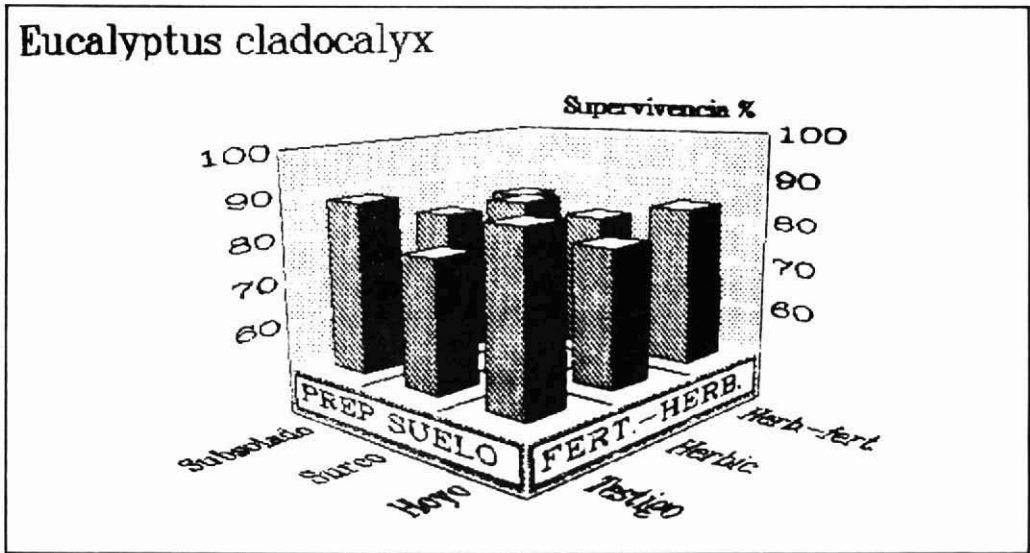
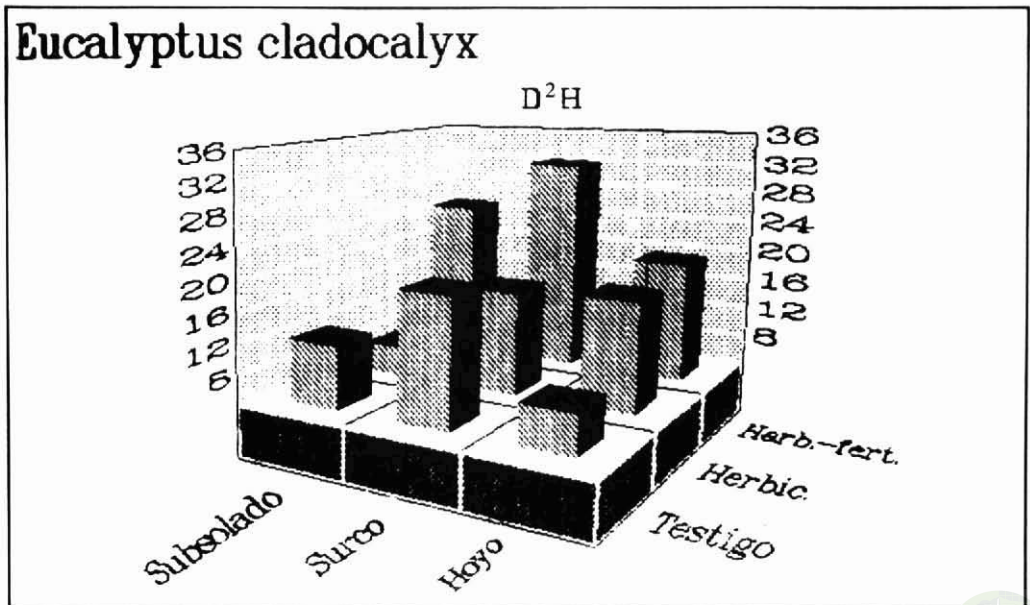


FIGURA 6

DESARROLLO DE *E. cladocalyx* EN TÉRMINOS DEL INDICE DE CRECIMIENTO TOTAL POR PARCELA (dm^3) SEGUN DIFERENTES METODOS DE PLANTACION (EDAD : 2 AÑOS).



El desarrollo inicial es afectado positivamente por una preparación de suelo más intensiva, sin embargo como factor individual es estadísticamente significativo solamente en el crecimiento diamétrico. No obstante, se encuentran diferencias considerables al comparar el desarrollo de las plantas establecidas en hoyo, con las plantadas con surco o subsolado.

De acuerdo a experiencias con especies de rápido crecimiento, una preparación intensiva del suelo representa una ganancia significativa en crecimiento y por lo tanto en ingresos (Schonau, 1984A, Boden, 1984). Cabe esperar que las diferencias en el desarrollo se incrementen con la edad. El crecimiento promedio en biomasa (D^2H promedio) de *E. camaldulensis* a los dos años de edad, para los diferentes tratamientos de preparación de suelo, era de: hoyo = 6,66 cm³; surco = 9,73 cm³, subsolado = 6,92 cm³ (Wrann e Infante 1988). A la edad actual de 4 años, se observa un crecimiento de 4 a 4,8 veces mayor, comparando surco y subsolado en relación al hoyo.

En el caso de *E. sideroxylon* el crecimiento de los tratamientos "hoyo" y "subsolado" es similar, incluso algo menor con subsolado (216 contra 295 cm³ de D^2H promedio).

En la plantación de *E. cladocalyx* se observa una diferencia importante del desarrollo del surco sobre el hoyo y subsolado. Entre estos dos últimos tratamientos la diferencia es muy pequeña (D^2H promedio en Cuadro N° 6). Esta falta de respuesta del subsolado (sin otra combinación de factores) puede deberse a una profundidad insuficiente. Boden (1984) recomienda una profundidad de subsolado mínima de 40 cm para establecer plantaciones de rápido crecimiento. Otra razón puede ser que el control de malezas haya sido insuficiente, ya que el subsolado no produce una buena remoción superficial.

Mientras más intensiva es la preparación de suelo, mejor es la respuesta del crecimiento. Schönau y Boden (1982); Boden (1984) demostraron que el mejor crecimiento inicial de *Eucalyptus grandis* y *Acacia meamsii* se logra con un cultivo completo del suelo, que comprende aradura y rastraje y control de malezas. Este tratamiento ha demostrado ser más eficiente que el subsolado en líneas de plantación. Las observaciones durante los primeros años demostraron que esta diferencia de respuesta se va acrecentando. Schönau (1984-b) concluye que hay una evidencia clara que la preparación completa del sitio es más económica debido a la ganancia de crecimiento.

Las condiciones difíciles del medio ambiente de este ensayo, hacen suponer la necesidad de ocupar mejores suelos (ganaderos forestales) y usar medios más eficaces para una preparación del suelo más intensiva. Por esta razón se recomienda efectuar preparaciones de suelo con tractor oruga, para lograr un trabajo más profundo.

Fertilización

En las tres plantaciones experimentales aquí analizadas se observa que el fertilizante tiene una acción positiva cuando se combina con preparaciones de suelo intensivas y control de malezas.

El ensayo de *E. camaldulensis* es una buena demostración que no debe aplicarse fertilizante sin hacer control de malezas, puesto que fomenta su crecimiento bajando significativamente la sobrevivencia. Esto también se observó en un ensayo de métodos de plantación de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* en Mel-Mel, Casablanca V Región (Prado

y J Wrann 1988). En *Eucalyptus sideroxylon*, en cambio, puede notarse un aumento significativo del crecimiento inicial de la plantación al fertilizar aún sin control de malezas. En general la acción del fertilizante es tanto más importante, en cuanto se haga una preparación del suelo más intensiva y se realice además el control de malezas. Boden (1984) demostró con *Acacia mearnsii* que sólo una preparación del suelo intensiva permite obtener una respuesta mejor con la fertilización. Un estudio realizado por Schonau (1982) comparando un suelo completamente arado con hoyo y subsolado, determinó que el mejor efecto del fertilizante en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*, se lograba en combinación con subsolado.

En el ensayo de *E. camaldulensis* se pudo constatar que la respuesta del crecimiento a los tratamientos combinados se acrecentó significativamente desde la edad de 2 años (Wrann e Infante, 1988) a la actual, de 4 años.

En el ensayo de *E. cladocalyx* también se observa una respuesta significativa a la fertilización.

En general las especies de *Eucalyptus* responden favorablemente a la fertilización temprana. Así lo demuestran numerosas investigaciones realizadas sobre el tema (Schönau, 1984, a; Meskimen, 1971; Cromer y Williams, 1982).

Control de Malezas

El análisis estadístico de los resultados de la plantación de *E. camaldulensis* demuestra que el factor aislado de mayor importancia en la respuesta positiva de sobrevivencia y crecimiento es el control de malezas. En esta especie se observa que la sobrevivencia aumentó en forma espectacular en todas aquellas parcelas que incluyen este tratamiento. Al comparar estos resultados con los obtenidos a los 2 años de edad (Wrann e Infante, 1988), se puede observar que la importancia del control de malezas aumentó a la edad de 4 años en los tratamientos combinados con fertilización, (cuadro 2). Esto significa que el efecto positivo del último control de malezas a la edad de 1 año ha perdurado hasta la actualidad. En una experiencia análoga con *E. globulus ssp globulus* en Mel-Mel (Casablanca, V Región) se demostró la importancia del control de malezas aplicado al momento de plantación (Prado y Rojas, 1987), pero al 4° año su efecto era mínimo (Prado y Wrann, 1988).

En la plantación de *E. sideroxylon* el efecto del control de malezas es más discreto y en *E. cladocalyx* aún menor. Es probable que en ambos casos la aplicación de herbicidas no haya sido adecuada o que la precipitación varias veces superior a la media anual que se registró en 1987, haya provocado esta situación de anomalía en relación a los otros ensayos. El herbicida aplicado es de contacto y la primera aplicación se efectuó al momento de la plantación o inmediatamente antes, y por lo tanto pueden haber germinado pastos tardíos. Sorprende, la menor susceptibilidad a la competencia de malezas de ambas especies, comparado a *E. camaldulensis*.

Numerosos estudios del extranjero concluyen que el factor de mayor importancia para asegurar un buen prendimiento y desarrollo inicial de las plantas, es el control de malezas (Schonau et al, 1981; Cromer, 1984; Keenan and Candy, 1983; Nambiar et al 1984). Estos últimos autores sostienen que el control de malezas durante el primer año después de la plantación es el tratamiento más simple e importante en el establecimiento de especies de rápido crecimiento.



El control de la competencia puede hacerse en forma manual y en general resulta más efectivo que la aplicación de herbicidas (INFOR, documento no publicado; Ellis et al, 1985). La selección y modo de aplicación de herbicidas es de gran importancia. La aplicación del herbicida después de la plantación puede resultar riesgosa, ya que los eucaliptos son bastante susceptibles a los herbicidas. En plantaciones de *E. globulus*, ssp *globulus* y *E. camaldulensis* instaladas en 1988 por INFOR, se aplicó atrazina con graminicida "Hache 1 Super" (i. a. Fluzifop-butil 35%) sin que las plantas sufrieran daños. La atrazina tiene la propiedad de mejorar la incorporación de nutrientes y así estimula el crecimiento de los árboles (Sands and Zed 1979).

Efecto factores combinados

Los mejores resultados se obtienen cuando se combinan los tratamientos: preparación intensiva de suelos (surco o subsolado) control de malezas - fertilización. Esto permite un mejor aprovechamiento del fertilizante y un desarrollo radicular inicial adecuado. De acuerdo a observaciones en *E. camaldulensis*, la influencia en el crecimiento logrado con este método intensivo se ve acrecentado (comparado edad 2 y 4). Este método intensivo supone un costo de establecimiento significativamente mayor y se estima en alrededor de \$ 100.000/ha. En atención a la necesidad de aplicar técnicas intensivas para asegurar la sobrevivencia y desarrollo inicial de la plantación se debiera pensar en otros estándares de costos comparados con zonas de desarrollo forestal intensivo. Estos costos debieran ser absorbidos por un crecimiento mayor al término de la rotación (Schonau, 1984 a). Sin embargo, tratándose de condiciones tan extremas en la zona árida, es difícil predecir el crecimiento futuro.

Otros factores

Estos ensayos demuestran la importancia de la elección del lugar a plantar. Un bloque del ensayo de *E. camaldulensis* quedó expuesto al fuerte viento SW, afectando notoriamente la supervivencia y el desarrollo inicial de las plantas. Esto significó efectuar un replante al año siguiente. En el ensayo de *E. sideroxylon*, la pedregosidad acentuada de uno de los bloques influyó notoriamente en el desarrollo promedio de la plantación. La influencia del sitio se ha podido comprobar en muchos ensayos instalados en la zona árida y semi-árida, lo que pone de relieve la gran importancia de elegir los mejores sitios en esta zona (exposición, suelo, etc.). En la zona árida y semi-árida las plantaciones requieren atenciones especiales y no puede pensarse en forestar áreas grandes y continuas.

CONCLUSIONES

- El control de la maleza debiera ser parte integrante de cualquier método de establecimiento, debido a su efecto en la sobrevivencia inicial.
- El desarrollo inicial de la plantación se asegura con métodos de preparación de suelo más intensivos (surco o subsolado) combinados con control de maleza y fertilización.
- La preparación de suelo debe ser lo más profunda posible, de acuerdo a las condiciones de sitio y los medios con que se cuentan.
- En esta zona debe tenerse especial cuidado en elegir los mejores sitios posibles, evitando suelos marginales y la exposición directa a los vientos dominantes.

- Sin entrar a considerar la influencia de las procedencias de las tres especies analizadas, *E. cladocalyx* presenta el mejor desarrollo inicial.

RECONOCIMIENTOS

Esta experiencia forma parte del proyecto del desarrollo forestal de la zona árida y semiárida, con la ayuda financiera del CIID, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá y CORFO, Corporación de Fomento de la Producción, Chile.

Los ensayos forman parte de una red de experiencias instaladas en base al diseño elaborado por el Ingeniero Forestal Sr. José Antonio Prado D. Participaron en labores de terreno los Ingenieros Forestales Sres. Manuel Arriagada, Pedro Infante y Daniel Barros; y los técnicos Sres. Andrés Bello y Rogers Carrasco.

BIBLIOGRAFIA

1. BACKSTROM P-O; 1981: Site preparation and direct seeding in Swedish Forestry. In: Forest Regeneration Proc. Symposium on Engineering Systems for Forest Regeneration. American Society of Agricultural Eng., Michigan U.S.A. pp 208-216.
2. BODEN, D.I. 1984: Early response to different methods of site preparation for three commercial species. In: Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Forest Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp 556-578.
3. CAMERON D.M., RANCE, S.J. and WILLIAMS E.R. 1980. Nutrition studies with irrigated *Eucalyptus camaldulensis* in northern Australia. IUFRO Symp., Aguas de Sao Pedro, Brasil.
4. CORFO-INFOR, 1986: Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. CORFO, Gerencia de Desarrollo A.F. 86/32, Santiago, 168 p.
5. CROMER R.N. and WILLIAMS E.R. 1982. Biomass and nutrient accumulation in a planted *E. globulus* (Labill) fertilizer trial. Aust. J. Bot. 30 pp. 265-278.
6. CROMER R., N., 1984: The influence of nutrition on growth and photosynthesis in Eucalyptus. In: Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa; pp. 669-678.
7. DI-CASTRI. F. y E.R. HAJEK, 1976: Bioclimatología de Chile. Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile. 120 p.
8. ELLIS, R.C., D.P. WEBB, A.M. GRALY and F. ROUT, 1985. The effect of weed competition and nitrogen nutrition on the growth of seedlings of *Eucalyptus delegatensis* in a highland area of Tasmania. Aust. For. Res. 1985, Vol. 15, 395-408.
9. FROELICH A. H. 1984: Mechanical amelioration of adverse physical soil conditions in forestry. In: Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations; Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. 30 Apr. -11 May 1984. Vol 1 pp 507-521.
10. FUENZALIDA, H., 1967. Climatología de Chile. En Corporación de Fomento de la Producción: Geografía Económica de Chile; pp 99-152
11. KEENAN R, J. and S. CANDY 1983: Growth of young *Eucalyptus delegatensis* in relation to variation in site factors. Us For. Res. 13:197-205.
12. MESKIMEN G., 1971: Fertilizer tablets stimulate Eucalyptus in Florida Trial. USDA

For. Serv. Res. Note SE-162, 8 pp.

13. NAMBIAR S. E. K., SQUIRE O.R. SANDS R., WILL G.M., 1984: Manipulation of water and nutrients in plantations of fast growing species. En Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa 30 Apr. -11 May, 1984 Vol 1 pp 489 - 506.
14. PRADO D.J.A. y P. ROJAS 1987: Preparación del sitio y Fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal Vol 1, N° 1: 17-27.
15. PRADO D. J. A. y J. WRANN, 1988. La importancia de la preparación del sitio y la fertilización en el establecimiento de plantaciones de Eucalyptus. En: Actas Simposio CORFO-INFOR, Manejo Silvícola del Género Eucalyptus, Junio 1988. Viña del Mar, Chile Cap. XII, 19 p.
16. SANDS, R. and ZED, P.G. 1979: Promotion of nutrient uptake and growth of radiata pine by atrazine Aust. For. Res. 9, 101-110 (cit. en Nambiar et al, 1984).
17. SCHONAU A. P. G., VERLOREN van THEMAAT, R. and BODEN, D. I. 1981: The importance of complete site preparation and fertilizing in the establishment of *Eucalyptus grandis* S. Afr. For. J. 116:1-10.
18. SCHONAU A.P.G. and BODEN D.I., 1982: Silvicultural techniques in the establishment of *Eucalyptus grandis*. In: Symposium on Establishment in Modern Silviculture 50th Anniversary of Forestry Education in South Africa, University of Stellenbosch, 24 September 1982. 19 p.
19. SCHONAU A.P.G., 1984. a: Silvicultural considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. Forest Ecology and Management, 9 (1984): 295-314.
20. SCHONAU, A.P.G., 1984 b: Fertilization of fast growing broadleaved species. En IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. 30 Apr. - 11 May. 1984 vol 1, pp 253-268.
21. WRANN J. Y P. INFANTE, 1988: Métodos para el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* de la zona árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 2 Nr. 3 Santiago, pp 13-25.