

TECNICAS DE HIBRIDACIÓN Y CLONACIÓN DE EUCALYPTUS EN ZONAS SEMIÁRIDAS



0000187



En el presente documento se presentan los resultados y productos tecnológicos logrados por el proyecto durante los tres años de ejecución del proyecto.

Se obtuvieron plantas híbridas mediante la técnica O.S.P. "One stop pollination" en flores madres de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus* revirtiendo la incompatibilidad unilateral de la especie mediante tratamientos de estilo.

El enraizamiento del clon *E. globulus* x *E. tereticornis* tuvo un enraizamiento de 87,5% (Clon 9251-4). Este clon ha sido solicitado para su inscripción como nueva variedad genética ante el SAG.

Debido a la escasa, pero esperada cantidad de semilla híbrida F₁ obtenida de las polinizaciones artificiales, con los protocolos empleados, la multiplicación de los híbridos fue vía propagación clonal por estacas.

Se efectuó además una plantación de las cruzas híbridas del proyecto, propagadas como semillas y como clones por estacas. También y en convenio con Forestal Mininco se establecieron dos ensayos con cruzamientos híbridos *E. camaldulensis* x *E. globulus*.

Autores
Patricio Rojas V.
Maria Paz Molina B.
Sandra Perret D.



Antecedentes Generales

La especie más importante para la producción de pulpa y celulosa de fibra corta en Chile es *Eucalyptus globulus* debido a sus excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas de la madera y su rápido crecimiento. En los mejores sitios la productividad puede alcanzar 40 m³/ha/año considerando material genéticamente mejorado, como clones o familias de hermanos completos (full-sib families).

Sin embargo, la presencia de heladas en la zona centro sur del país y el extenso período seco de la zona centro norte son factores limitantes de importancia para el establecimiento de plantaciones con la especie, o la extensión de su cultivo en otros ambientes forestales. INFOR ha desarrollado un largo y extenso programa de investigación desde la década de los sesenta, incluyendo la selección de especies, procedencias, familias y clones en diferentes unidades edafoclimáticas del país.

Como consecuencia, en la zona árida de Chile, donde las precipitaciones anuales varían entre 100 y 250 mm, *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon* han sido seleccionadas para la repoblación forestal de sitios considerados marginales en las zonas áridas con tendencia mediterránea



FIGURA 1. Ensayo genético de árboles plus de *E. cladocalyx*, (izq.) *E. camaldulensis* (der.) y *E. sideroxylon*. Estación Experimental Las Cardas. Precipitación anual 70 mm.

**Proyecto FDI-CORFO:
Desarrollo de plantaciones forestales
económicamente rentables con
individuos resistentes al déficit
hídrico y de alta productividad, en
las zonas áridas y semiáridas de la
IV Región (2004-2007).**

¿Por qué generar híbridos y clones?

E. camaldulensis, *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon* presentan una comprobada tolerancia al déficit hídrico, pero debido a las condiciones climáticas en las que son establecidas, los árboles presentan una o varias características restrictivas para su uso industrial, como:

- lento crecimiento (4 - 7 m³/ha/año),
- forma deficiente de los árboles,
- propiedades tecnológicas de la madera insatisfactorias

El programa de hibridación de *Eucalyptus* de INFOR tiene como objetivo generar semillas de cruzamientos interespecíficos por polinización artificial entre especies con algún potencial económico para las zonas semiáridas de Chile.

La semilla de cruzamientos es probada en ensayos de progenies y los mejores genotipos obtenidos son multiplicados vegetativamente por estacas.

Características de las especies de zonas semiáridas incluidas en el programa de selección, hibridación y clonación de INFOR.

Eucalyptus camaldulensis es una especie de gran resistencia a la sequía y con una alta variabilidad genética producto de su amplia distribución geográfica natural. La madera es de alto poder calorífico (4.800 Kcal/kg), pero su alta concentración de extraíbles (lignina) dificulta su uso industrial para la producción de pulpa. La mejor procedencia probada en la zonas semiárida de Chile es Lake Albakutya, material genético, sobre el que se ha concentraron los cruzamientos híbridos del presente programa.

Eucalyptus sideroxylon, ha demostrado buenos resultados de adaptación a sitios con déficit hídrico, sin embargo la forma y el crecimiento evaluado en parcelas experimentales ha sido menor que otras especies forestales probadas en la zona semiárida. La corteza es rica en taninos y su madera es muy densa, llegando a los 1.000 grs./cm³



FIGURA 2. Ensayo de progenies de *Eucalyptus cladocalyx*. Tunga Norte. Valle del Choapa. Plantación 2000

Eucalyptus cladocalyx constituye la especie de mayor potencial para la zona semiárida de Chile, debido a la forma, crecimiento de los

árboles y propiedades tecnológicas de su madera. La especie, sin embargo, presenta incompatibilidades genéticas para el cruzamiento con otras especies del mismo género (Ruggeri, 1961; citado por Eldridge et al, 1993).



FIGURA 3. Árbol plus *E. camaldulensis*. Ensayo de progenies Mel-Mel. Melipilla, Area Metropolitana.



FIGURA 4. Árbol de *E. cladocalyx* en ensayo

Sistema de polinización artificial en una sola visita (Rojas V. y Espejo J., Harbard J. & Griffin A.R, 2007)

Los sistemas tradicionalmente usados en la polinización artificial demandaban al menos tres visitas al árbol:

- la primera para determinar la receptividad del estigma para efectuar la polinización,
- la segunda para emasculiar, polinizar y aislar la flor y
- la tercera para retirar los aislantes de la flor para evitar la contaminación.

El desarrollo de una nueva tecnología, iniciada en Chile y simultáneamente en Australia en la década de los noventa (Harbard *et al*, 1999; Williams *et al*, 1999), permitió reducir a una sola visita estas tres operaciones, reducir drásticamente los costos de las polinizaciones artificiales y permitir la producción de semillas híbridas (intraespecíficas) a gran escala (Sistema OSP: One Stop Pollination).

De esta forma las principales empresas forestales del país producen semillas de cruzamientos controlados "full sib" de los clones de mayor ranking genético de los huertos, constituyendo una alternativa a la plantación de clones.



FIGURA 5. Flor de *Eucalyptus globulus* polinizada por el sistema de polinización en una sola visita.

Descripción del sistema OSP

La tecnología OSP se sustenta en lo siguiente: a) no es necesario esperar el proceso natural de maduración del estigma para su receptividad del grano de polen y asegurar el éxito de la fertilización de los óvulos y b) el uso de bolsas aislantes no es la única forma de proteger las flores de la contaminación por los insectos.

Debido a que *E. globulus* presenta incompatibilidades unilaterales para el cruzamiento con especies de flores pequeñas, fue necesario efectuar diversos tratamientos al estilo de la flor para asegurar la fecundación de los óvulos de las especies receptoras (Potts, 2004).



FIGURA 6. Corte con bisturí de estambres y anteras de flores de *Eucalyptus camaldulensis* para su posterior polinización.

Durante las temporadas 2004 al 2006 se efectuaron cruzamientos híbridos en diferentes especies como madres. Las matrices de cruzamiento más importantes fueron efectuadas en *E. globulus* y *E. camaldulensis*. El mejor

tratamiento de polinización en *E. globulus* consideró la aplicación de polen en yemas florales no dehiscentes, el corte transversal 1/3 del estilo y sin aislamiento de la flor.

Tabla 1.
Matriz de cruzamientos híbridos en clones selectos de *E. globulus*. Huerto Semillero Clonal Anilehue. Forestal Mininco.

POLEN	Datos	MADRES				
		7011	7095	7135	7143	Total general
EBE s/i	flores polinizadas		128			128
	semillas		31			31
C1	flores polinizadas	140	139			279
	semillas	57	118			175
C2	flores polinizadas	138	134	140	137	549
	semillas	36	32	12	0	80
C24	flores polinizadas	139	138	139	136	552
	semillas	151	294	47	6	498
C3	flores polinizadas			138	148	286
	semillas			28	0	28
ETR s/i	flores polinizadas	140	139	140	138	557
	semillas	86	0	0		86
mix 751	flores polinizadas	66	65	56	67	254
	semillas	2133	1733	304	1890	6.060
PA	flores polinizadas	59	53	41	38	191
	semillas	498	165	411	61	1.135
Total flores polinizadas		682	796	654	664	2.796
Total semillas		2961	2373	802	1957	8.093

Esto es coherente con las siguientes hipótesis: a) el corte del estilo permitiría romper la incompatibilidad unilateral de *E. globulus*, b) Los mecanismos de incompatibilidad fisiológicos asociados al estilo no están activos cuando la flor se encuentra inmadura ("no dehiscente"), lo cual permitiría el crecimiento del tubo polínico de otra especie hacia el ovario de la flor, c) El efecto del corte del estilo con la técnica OSP podría hacer receptiva la flor y d) La sonda Tygon podría tener un efecto negativo en el desarrollo de las cápsulas y de las semillas al generar un ambiente indeseable para la flor.



FIGURA 7. Flores emasculadas de *E. camaldulensis*



FIGURA 8. Híbrido *E. globulus* x *E. tereticornis* Familia 9251. Solicitud de registro de variedad genética ante el SAG (29.10.2007) Clon 9251-4.

En relación a los tratamientos OSP donde se efectuó cruzamientos híbridos en *Eucalyptus camaldulensis* el mejor protocolo de polinización correspondió al tratamiento que consideró la aplicación de polen en yemas florales dehiscentes, el corte del estigma en 1 mm y sin aislamiento de la flor.

Tabla 2.
Matriz de cruzamientos híbridos en *E. camaldulensis*. Comunidad Agrícola El Tangué.
Tongoy, Provincia de Coquimbo. IV Región.

Datos	POLEN	ARBOL					Total general
		1	2	3	4	5	
Suma de FLORES POL	ECA C2		50	50	50	50	200
	ECA24	70	50	75			195
	EGG	75	75	75	50	75	350
	EGR	1860	220	125	168	100	2473
	ETR	959	81	109	203	100	1452
	Gooo66	67	84		154	50	355
	PA	100	125	125	125	125	600
Promedio de semillas/cáps	ECA C2						
	ECA24	1,75		2,36			1,95
	EGG	9,33	3,95	3,50	12,00	5,50	5,86
	EGR	1,71	4,16	5,82	11,45	8,55	3,77
	ETR	2,32	3,72		13,01	21,50	7,57
	Gooo66						
	PA	0,97	2,30	5,69	5,16	5,40	4,04
Total Suma de FLORES POL		3131	685	559	750	500	5625
Total Promedio de semillas/cáps		2,13	3,59	5,02	9,81	9,35	4,69

Esto es coherente con las siguientes hipótesis:

a) El corte del estigma podría hacer receptiva la flor y

b) Los aislantes tradicionales en *E. camaldulensis* como las bolsas de aislación podrían tener un efecto negativo en el desarrollo de las cápsulas y de las semillas al generar un ambiente indeseable para la flor (mayor temperatura, radiación, falta de intercambio gaseoso adecuado).

En relación a las combinatorias híbridas probadas, el mejor resultado se obtuvo con *E. grandis* (1,13 semillas/flor polinizada).



FIGURA 9. Híbrido de *E. camaldulensis* x *E. cladocalyx*

Las principales conclusiones que se derivan del programa de hibridación desarrollado por INFOR entre los años 2004 y 2006 pueden sintetizarse en: a) es factible la producción de semillas híbridas, tanto en *E. globulus* como en *E. camaldulensis*, con el sistema OSP; b) el protocolo de polinización híbrida OSP en

E. globulus consideraría yemas florales no dehiscentes, emasculación con bisturí curvo, corte transversal de 1/3 del estilo, polinización y sin aislante; c) el protocolo de polinización híbrida OSP en *E. camaldulensis* consideraría yemas florales en ántesis, dehiscentes, corte 1 mm del estilo, polinización, sin aislante; d) existe una alta especificidad entre madre (clon) x polen (genotipo) y e) aunque la contaminación es pequeña sin uso de aislante, es importante confirmar la identidad genética de las cruza híbridas con marcadores genéticos (SSR, isoenzimas).



FIGURA 10. Plantas de *E. globulus* (izq.), el híbrido *E. camaldulensis* x *E. globulus* (centro) y *E. camaldulensis* (der.)

Clonación individuos híbridos para el establecimiento de ensayos

La aplicación operativa de este protocolo se inició con la transformación en plantas madres a partir de las plantas híbridas obtenidas en la primera temporada de polinización controlada para hibridación señalados en la Tabla 1.

La siembra de las semillas obtenidas se realizó durante el verano de 2005 en contenedores de 100 cc (Figura 11). Con posterioridad en el mes de abril de 2005 las plantas fueron trasplantadas a contenedores de mayor capacidad volumétrica 2 a 2,5 l con sustrato de corteza de pino y fertilizantes de lenta entrega (Figura 12).



FIGURA 11. Plantas híbridas producidas en contenedores de baja capacidad volumétrica



FIGURA 12. Plantas híbridas trasplantadas a contenedores de mayor capacidad volumétrica y manejada para la producción de cutting

El enraizamiento de estacas se inició al finalizar la primavera de 2005 y fue un proceso continuo que se mantuvo hasta marzo de 2006 (Figuras 13 a 17) con el fin de obtener material clonal de la mayoría de los híbridos para el establecimiento de los ensayos en terreno.



FIGURA 13. Planta madre manejada y con brotes para la obtención de cutting



FIGURA 14. Cosecha de cutting para la producción de estacas



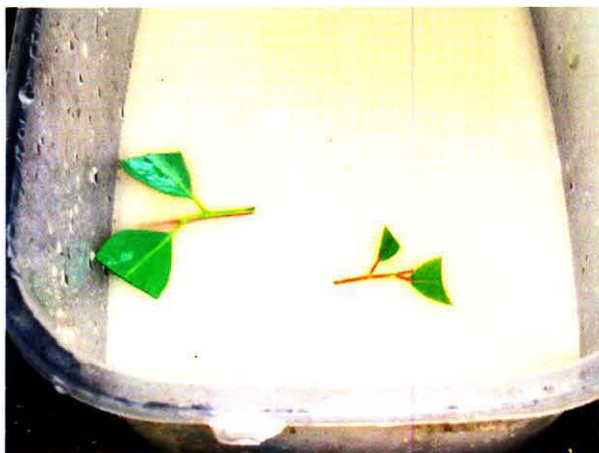


FIGURA 15. Obtención de estacas a partir de cutting y mantenidos en fungicidas previo a su instalación



FIGURA 16. Instalación de la estacas en sustrato adecuado previo aplicación de hormona



FIGURA 17. Estaca enraizada

Al finalizar la temporada de enraizamiento, Julio de 2006 se obtuvo material de 21 clones híbridos (Figura 18).



FIGURA 18. Vista parcial de estacas de híbridos enraizadas y en período de endurecimiento en vivero.

Tabla 3.
Plantas clonadas a partir de híbridos disponibles para ensayo

Especie Madre	Especie Padre	LOTE	N° árbol Madre	Origen Polen Padre	N° de plantas disponibles para ensayo
ECA	ECL	L01	1	ECL3	33
ECA	EGG	L02	1	G6	65
ECA	ECA	L03	1	PA	78
ECA	EGG	L04	1	G108	17
ECA	ECA	L05	1	PA	48
ECA	EGG	L06	2	G108	15
ECA	ECA	L08	6	PA	4
ECA	EGG	L09	7	G108	10
ECA	ECA	L10	7	PA	10
ECA	EGG	L11	8	G108	37
ECA	ECA	L12	8	ECA24	32
ECA	EGG	L15	12	G61	28
ECA	EGG	L16	12	G6	45
ECA	EGG	L17	13	G108	35
ECA	EGG	L18	13	G6	45
ECA	EGG	L19	13	G60	14
ECA	ECA	L20	13	PA	43
ECA	EGG	L22	en blanco	MIX 2	63
ECA	EGG	L23	en blanco	MIX	39
ECA	ECA	L24	ensayo	PA	145
ECA	ECA	L25	varios	PA	56

Selección de árboles plus de las mejores especies de *Eucalyptus* de zonas semiáridas.

Se identificaron las poblaciones de las tres "especies bases" con que trabajó el proyecto.

Se definieron como especies bases aquellas más adaptadas a las zonas semiáridas, ya señaladas anteriormente: *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon*.

En general se trató de plantaciones experimentales establecidas por el Instituto Forestal en zonas semiáridas, así como otras plantaciones que se consideraron de interés.

Las poblaciones identificadas se distribuyen entre la IV y la VI Región. Además de las tres especies originalmente consideradas en el proyecto se ha integrado una nueva especie que presenta muy buenos crecimientos en algunos antiguos ensayos de INFOR.

Se estima que puede tratarse de *Eucalyptus tereticornis*, aún cuando será necesario confirmarlo.

Selección de árboles superiores.

En cada una de las poblaciones se seleccionó un número variable de árboles para ser empleados en el programa. Estos árboles son la base, tanto para el programa de cruzamientos intra e inter específicos, como para comparar el desarrollo de los individuos híbridos.

La selección se hizo en base a dos criterios:

- En los casos en que la población es un ensayo de progenies, la selección se realizó en base al ranking genético de los árboles, es decir después de analizar estadísticamente cada uno de los ensayos, comparando el desarrollo y calidad, en términos de volumen y forma, de cada uno de los árboles.
- Comparación visual en relación a los árboles vecinos, seleccionando aproximadamente 1 de cada 350 a 500 árboles, según especie.

El método de selección utilizado es el denominado selección masal, que consiste en seleccionar individuos únicamente por sus fenotipos, sin importar la información en torno al rendimiento de sus ancestros, la progenie u otros individuos seleccionados, y es el único tipo de selección que puede utilizarse en plantaciones donde se desconoce el parentesco de los árboles.

La selección masal fue realizada bajo el principio de una aplicación práctica del "sistema de árboles de comparación", el cual consiste en una prospección preliminar de los mejores árboles de un rodal, para luego hacer una selección más cuidadosa entre los árboles preseleccionados.

En el caso de *E. camaldulensis* se seleccionaron 50 árboles de todas las poblaciones base mencionadas anteriormente; *E. cladocalyx*, 30 árboles; *E. sideroxylon*, 4 árboles, *Eucalyptus* sp. 6 árboles.



FIGURA 19. Comunidad Cabra Corral, Provincia del Choapa, IV Región. Plantación demostrativa 1992

Selección de genotipos y colección de material genético de especies bases.

Durante el desarrollo del proyecto se extrajo material de semillas para la viverización de plantas y establecimiento de ensayos. Adicionalmente de los genotipos seleccionados de *Eucalyptus camaldulensis* se extrajeron púas para la generación de injertos.

En el caso de las semillas, estas provinieron de dos fuentes: a) árboles plus de ensayos masivos y b) ensayos de progenies de colección australiana.



FIGURA 20. Colecta de semillas y propágulos para injertación en árboles plus.



FIGURA 21. Limpieza de las semillas en laboratorio de polen y semillas (INFOR, Sede Bío-Bío)



FIGURA 22. Almacenamiento de los lotes de semillas de árboles plus.



FIGURA 23. Producción de las plantas para los ensayos de progenies de árboles plus tolerantes a la sequía.



FIGURA 24. Injerto de *E. camaldulensis* proveniente de árbol plus.

Establecimiento de ensayos con material seleccionado en el proyecto

Con la semilla proveniente de los árboles plus seleccionados para las especies *E. camaldulensis*, *E. sideroxylon*, *E. cladocalyx* y *E. tereticornis* se establecieron tres ensayos de progenie en: Hacienda Caracas (Los Vilos, 2005), Las Cardas (Ovalle, 2005) y Huentelauquén (Canela, 2006). El diseño de estos ensayos correspondió a un anidado por especie.



FIGURA 25. Progenie de *E. cladocalyx* en Hacienda Caracas con 12 meses

En la Comunidad de Tunga Norte (Illapel, 2006) se estableció adicionalmente las especies australianas introducidas al país en un ensayo combinado que incluyó además los árboles plus seleccionados por el proyecto. La colección australiana involucró: *Corymbia maculata* (1 procedencia y 5 progenies), *Eucalyptus sideroxylon* (8 procedencias y 34 progenies) y *E. tricarpa* (13 procedencias y 50 progenies).

El diseño estadístico es anidado permitiendo la comparación de tres factores (especie, procedencia y familia) con diferentes grados de precisión. Podría tener limitaciones en la comparación genética de las familias si es que el crecimiento de las especies fuese muy diferente. Tiene limitaciones para la producción de semillas (conversión ensayo de progenies a huerto semillero) por la posibilidad de hibridación natural entre las especies.

En la Comunidad Agrícola de Cuz Cuz en Illapel se incluyeron 19 híbridos producidos por semilla a partir de la segunda temporada de hibridación (Tabla 2) y 19 híbridos provenientes de clonación de plantas originadas de la hibridación de la primera temporada (Tabla 1). El diseño utilizado fue un anidado por cruza y por madre.



FIGURA 26. Clon híbrido establecido con riego y gel en la Comunidad Agrícola de Cuz Cuz

A continuación se presentan algunos antecedentes de la plantación de los ensayos con imágenes



FIGURA 27. Vista general del sitio de ensayo en la Comunidad de Huentelauquén



FIGURA 28. Detalle del tipo de subsolador con tractor utilizado en los ensayos de Huentelauquén y Tunga Norte



FIGURA 29. Subsulado con caballo en ensayo de Cuz Cuz



FIGURA 30. Preparación suelo Tunga Norte con Subsolador

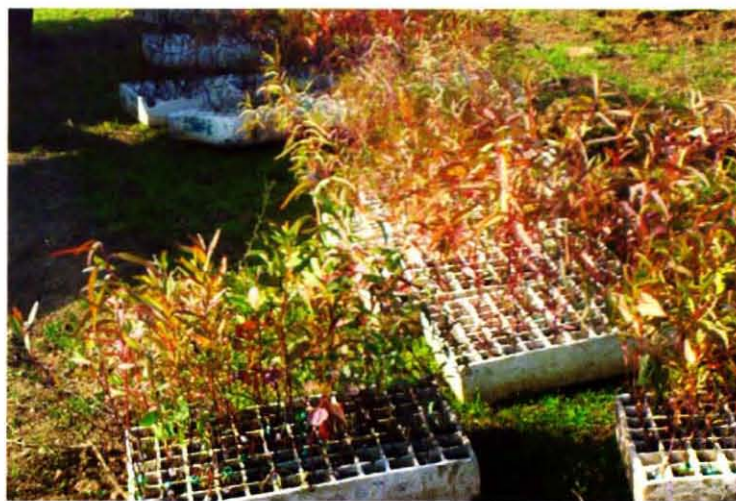


FIGURA 31. Previo al envío de las plantas a terreno estas fueron marcadas en vivero cada una con anillos plásticos y con el número correspondiente a la progenie y especie



FIGURA 32. Detalle de la faena de plantación efectuada en Cuz Cuz

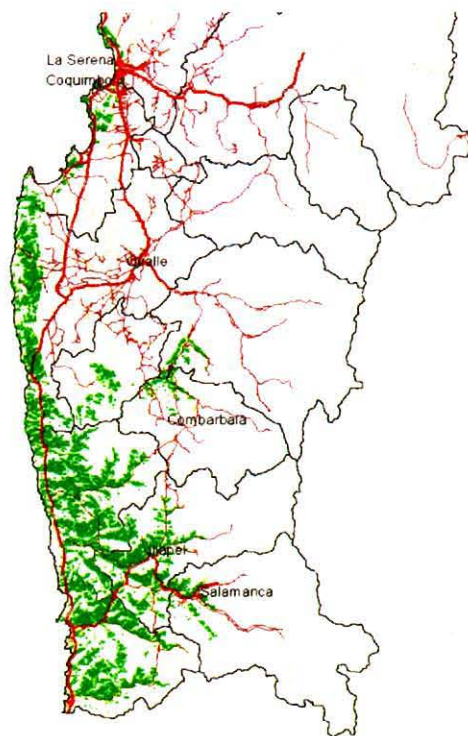


FIGURA 33. Tipo de gel utilizado en la plantación de los ensayos y su forma de aplicación (5 g/planta activado con 4 l de agua)

Zonas Potenciales para el establecimiento de *Eucalyptus sp* para la región árida y semiárida

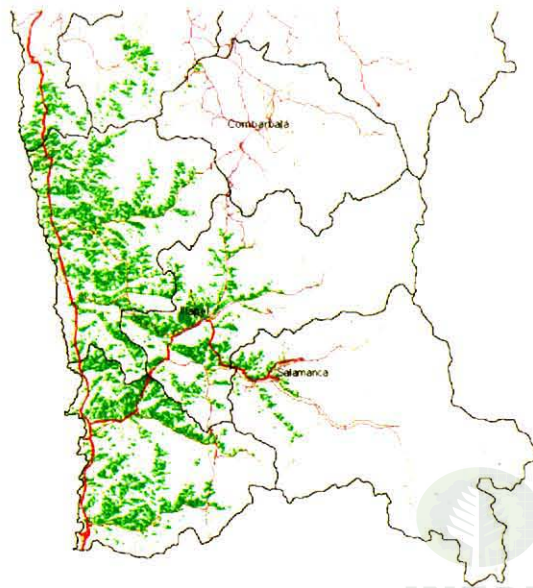
Superficie Potencial *Eucalyptus camaldulensis* para la Región de Coquimbo

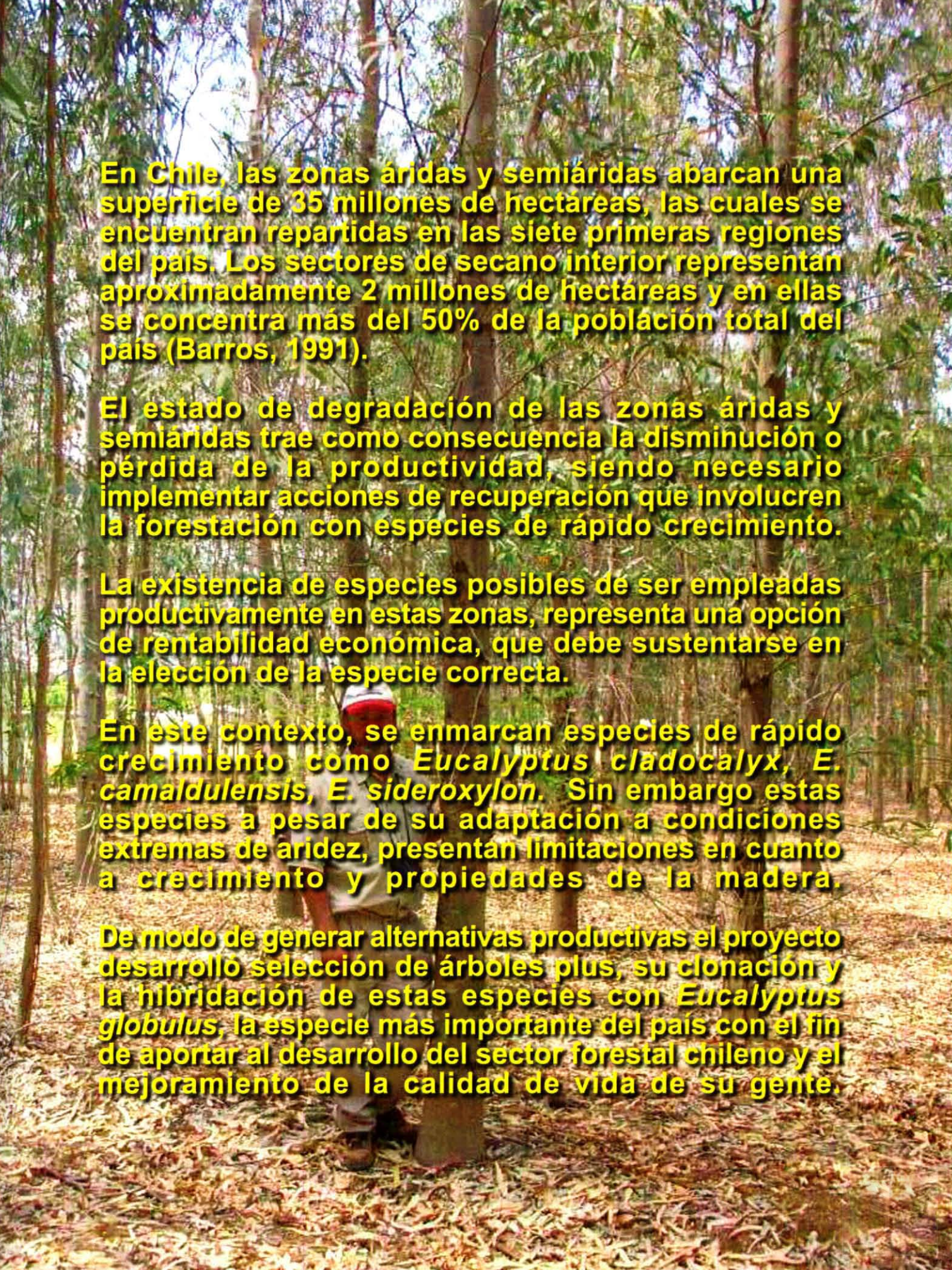
PROVINCIA	COMUNA	SUPERFICIE
ELQUI	COQUIMBO	4.539,0
	LA SERENA	1.548,8
Total ELQUI		6.087,8
LIMARI	COMBARBALA	1.607,3
	MONTE PATRIA	1.325,5
	OVALLE	15.945,8
	PUNITAQUI	2.663,7
Total LIMARI		21.542,2
CHOAPA	ILLAPEL	13.860,9
	LOS VILOS	20.343,8
	MINCHA	28.963,5
	SALAMANCA	3.444,6
Total CHOAPA		66.612,8
TOTAL		94.242,8



Superficie potencial *Eucalyptus cladocalyx* para la Región de Coquimbo

PROVINCIA	COMUNA	SUPERFICIE
CHOAPA	ILLAPEL	13.860,9
	LOS VILOS	20.343,8
	MINCHA	28.963,5
	SALAMANCA	3.444,6
Total CHOAPA		66.612,8
LIMARI	COMBARBALA	151,5
	OVALLE	2.952,3
	PUNITAQUI	2.663,7
Total LIMARI		5.767,5
TOTAL		72.380,3



A person wearing a red and white striped shirt and dark pants is standing in a forest, looking down at the ground. The forest floor is covered with dry leaves and twigs. The background shows tall trees with green foliage.

En Chile, las zonas áridas y semiáridas abarcan una superficie de 35 millones de hectáreas, las cuales se encuentran repartidas en las siete primeras regiones del país. Los sectores de secano interior representan aproximadamente 2 millones de hectáreas y en ellas se concentra más del 50% de la población total del país (Barros, 1991).

El estado de degradación de las zonas áridas y semiáridas trae como consecuencia la disminución o pérdida de la productividad, siendo necesario implementar acciones de recuperación que involucren la forestación con especies de rápido crecimiento.

La existencia de especies posibles de ser empleadas productivamente en estas zonas, representa una opción de rentabilidad económica, que debe sustentarse en la elección de la especie correcta.

En este contexto, se enmarcan especies de rápido crecimiento como *Eucalyptus cladocalyx*, *E. camaldulensis*, *E. sideroxylon*. Sin embargo estas especies a pesar de su adaptación a condiciones extremas de aridez, presentan limitaciones en cuanto a crecimiento y propiedades de la madera.

De modo de generar alternativas productivas el proyecto desarrolló selección de árboles plus, su clonación y la hibridación de estas especies con *Eucalyptus globulus*, la especie más importante del país con el fin de aportar al desarrollo del sector forestal chileno y el mejoramiento de la calidad de vida de su gente.

SEDE DIAGUITAS

Pedro Pablo Muñoz 234
Fono Fax (56-51) 216134.
La Serena

SEDE METROPOLITANA

Sucre 2397, Ñuñoa
Casilla 3085
Fono: (56-2) 6930700.
Santiago

SEDE BÍO-BÍO

Camino a Coronel
Km 7,5-Casilla 109 C
Fono Fax (56-41) 2749090
Concepción

SEDE VALDIVIA

Fundo Teja Norte s/n
Casilla 385
Fono: (56-63) 211476
Fax: (56-63) 218968
Valdivia

SEDE PATAGONIA

Riquelme 147
Fono: (56-67) 234704
Fax: (56-67) 233585



INFOR

<http://www.infor.cl>

Creando Valor Forestal
Creando Valor Forestal

**Proyecto FDI/CORFO. "Desarrollo de plantaciones forestales económicamente rentables
con individuos resistentes al déficit hídrico y de alta productividad, en las zonas
áridas y semiáridas de la IV Región"**