



0001672

*Eucalyptus
camaldulensis*

en Chile:

Silvicultura,

Manejo,

Productividad

y Rentabilidad



(83)



GOBIERNO DE CHILE
INDAP - FIA



INFOR
Instituto Forestal

178.83(83)
VFLS
C. 1

GOBIERNO DE CHILE
FIA-INDAP-CORFO

INSTITUTO FORESTAL



Silvicultura, Manejo,
Productividad y Rentabilidad de
Eucalyptus camaldulensis en Chile

6281

Nº 6 2 8 1

noviembre, 2000



**Silvicultura, Manejo, Productividad y Rentabilidad de
Eucalyptus camaldulensis en Chile**

Registro de Propiedad Intelectual N°117.985

Santiago de Chile, 2000

I.S.B.N 956-7727-60-0

Financiamiento de la presente Edición:

Fundación para la Innovación Agraria, FIA a través del
Proyecto de desarrollo de las comunas pobres del secano
(PRODECOP_SECANO)

Primera Edición: noviembre de 2000

Diseño de portada: Andrés Hinojosa C.

Diagramación e Impresión: LOM ediciones Ltda.

El texto reproducido y las opiniones vertidas en este documento, son
de responsabilidad exclusiva de los autores.



Editores

Gerardo Valdebenito R

Valeria Gatica R

Rodrigo Pincheira V

Edison García R

Marta González O.

Marcos Hormazabal D



La presente publicación fue generada en el marco del PROYECTO DE DESARROLLO DE LAS COMUNAS POBRES DEL SECANO (PRODECOP_SECANO) y la información contenida se desprende de diversos proyectos de investigación forestal orientado al desarrollo del secano, donde destacan: “Análisis y Validación de Propuestas Forestales y Agroforestales para el Desarrollo del Secano de las Regiones VI, VII y VIII”, financiado a través de la Fundación para la Innovación Agraria FIA, por el programa PRODECOP_SECANO; “Desarrollo Silvícola del Secano Interior” y “Sistema de Gestión Forestal para la Modernización de Pequeños Agricultores”, ambos últimos financiados por el Fondo de Desarrollo e Innovación FDI de CORFO.



PROLOGO

Desde su inicio en el año 1962 el Instituto Forestal ha desarrollado diferentes investigaciones orientadas a la selección de especies forestales apropiadas para la repoblación bajo las variadas condiciones de clima y suelos presentes en el país. Especiales esfuerzos han sido destinados a la investigación en la zona semiárida de la parte central del país, que por sus escasas e irregulares precipitaciones, sus recurrentes períodos de sequía y la severa degradación de sus formaciones naturales por la sobre utilización y el deterioro de los suelos, impone fuertes restricciones a la repoblación forestal.

Sucesivas líneas de investigación han permitido el desarrollo de técnicas silvícolas avanzadas, desde el manejo de semillas y producción de plantas y los métodos intensivos de establecimiento de plantaciones hasta la obtención de material genéticamente mejorado para la forestación con diferentes especies, las cuales permiten ahora crear nuevos recursos forestales e incorporar a la producción extensas áreas hasta ahora marginales para la actividad forestal.

En el presente trabajo el Instituto Forestal entrega toda la información reunida en años de investigación sobre la silvicultura y manejo de *Eucalyptus camaldulensis*, una valiosa especie para la repoblación forestal en sectores de la parte sur de la IV Región y para sectores de secano interior de las Regiones V, Metropolitana, VI y VII. Se espera que esta información técnica se transforme en una efectiva ayuda para los pequeños y medianos propietarios y en general para las comunidades rurales de esta extensa zona del país facilitándole la forestación de sus propiedades.

Diversas instituciones han concurrido durante años al financiamiento de líneas de investigación que están dando resultados como los que en este trabajo se presentan. Entre éstas deben ser mencionadas la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (CIID), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

CONTENIDO

- CAPITULO I** **Antecedentes generales**
Claudia Delard R.
Elizabeth Urquieta N.
Marta González O.
- CAPITULO II** **Plagas y enfermedades**
Patricio Parra S.
Marlene González G.
- CAPITULO III** **Viverización y establecimiento de plantaciones**
Gerardo Valdebenito R.
Claudia Delard R.
- CAPITULO IV** **Relaciones funcionales para *Eucalyptus camaldulensis***
Carlos Kahler
Marcos Cohen
Roberto Blanco
- CAPITULO V** **Costos de Establecimiento**
Gerardo Valdebenito R.
Marco Hormazábal D.
- CAPITULO VI** **Propiedades tecnológicas de la madera de *Eucalyptus camaldulensis***
Propiedades físico-mecánicas:
Cecilia Bustos A.
Cesar Moya L.
Gerson Rojas E.
Marcela Guzmán F.
Poder calorífico y aptitud pulpable
Roberto Melo S.
- CAPITULO VII** **Usos, productos y mercado**
Susana Benedetti R.
Felipe Roach B.
Marta González O.
- CAPITULO VIII** **Análisis de Rentabilidad**
Marta González O.
Gerardo Valdebenito R.

CAPITULO I	
ANTECEDENTES GENERALES	11
1.1 Origen y distribución	11
1.2 Descripción de la especie	13
1.3 Antecedentes genéticos	14
1.4 Requerimientos ecológicos y Zona potencial de crecimiento	15
1.5 Crecimiento	20
1.6 Bibliografía	23
CAPITULO II	
PLAGAS Y ENFERMEDADES	27
2.1 Insectos	27
2.1.1 Insectos defoliadores	27
2.1.2 Insectos succionadores	28
2.1.3 Insectos que se alimentan de la madera	29
2.2 Enfermedades	30
2.2.1 Enfermedades causadas por agentes bióticos	30
2.2.1.1 Hongos	30
2.2.1.2 Bacterias	33
2.2.1.3 Nemátodos	33
2.2.1.4 Virus	33
2.2.2 Trastornos por causas abióticas	34
2.2.2.1 Déficit hídrico	34
2.2.2.2 Heladas	34
2.2.2.3 Exceso de humedad	35
2.2.2.4 Desórdenes nutricionales	35
2.3 Bibliografía	36
CAPITULO III	
VIVERIZACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES	41
3.1 Propagación	41
3.1.1 Propagación germinativa	41
3.1.1.1 Abastecimiento de semillas	41
3.1.1.2 Pretratamiento de semillas	43
3.1.1.3 Procedencia de semillas	43
3.1.2 Propagación vegetativa	44
3.1.2.1 Macropropagación	44
3.1.2.2 Micropropagación	46
3.2 Producción de plantas	48
3.2.1 Contenedores	48
3.2.2 Sustrato de viverización	49
3.2.3 Siembra	50
3.2.4 Control químico y Fertilización	50
3.2.5 Riego	51
3.3 Establecimiento de plantaciones	51

3.3.1 Densidad de plantación	52
3.3.2 Epoca de plantación	53
3.3.3 Preparación de sitio	53
3.3.3.1 Limpia	53
3.3.3.2 Preparación de suelo	53
3.3.4 Plantación	56
3.3.4.1 Tipo y tamaño de plantas	56
3.3.4.2 Técnicas de plantación	57
3.4 Control de competencia	57
3.5 Fertilización	59
3.6 Riego y polímeros	60
3.7 Protección	60
3.8 Bibliografía	61

CAPITULO IV

RELACIONES FUNCIONALES PARA *Eucalyptus camaldulensis* 65

4.1 Relaciones funcionales estáticas locales para <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , comuna de Lolol, VI región	65
4.1.1 Metodología	66
4.1.2 Función de volumen	67
4.1.3 Curva general del volumen	69
4.1.4 Relación funcional DAP-H	70
4.1.5 Curva general DAP-H	72
4.1.6 Función de ahusamiento	73
4.1.7 Función general de ahusamiento	75
4.2 Relaciones funcionales estáticas locales para <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , comuna de San Pedro, Región Metropolitana	76
4.2.1 Función Diámetro Altura	76
4.2.2 Función de Volumen para <i>E. camaldulensis</i>	76
4.2.3 Función de Ahusamiento	77
4.2.4 Modelos de Crecimiento Anual en DAP y Altura	77
4.3 Bibliografía	78

CAPITULO V

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO 79

5.1 Rendimientos y costo de insumos	79
5.1.1 Roce	79
5.1.2 Construcción de cerco	80
5.1.3 Plantación	81
5.1.4 Costos de mano de obra	83
5.1.5 Transporte	83
5.2 Costo de establecimiento	84
5.2.1 Cercado	84
5.2.2 Plantación	84
5.3 Bibliografía	86

CAPITULO VI	
PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	89
6.1 Metodología	89
6.1.1 Propiedades físico-mecánicas de la madera de <i>E. camaldulensis</i>	90
6.1.2 Poder calorífico y aptitud pulpable	91
6.2 Resultados Propiedades físico-mecánicas	93
6.2.1 Propiedades físico-mecánicas en verde	93
6.2.2 Propiedades físico-mecánicas en seco	96
6.3 Poder calorífico y aptitud pulpable	98
6.3.1 Poder calorífico	98
6.3.2 Aptitud pulpable	99
6.3.2.1 Deslignificación con O ₂	99
6.3.2.2 Blanqueo	99
6.4 Análisis de resultados	100
6.4.1 Propiedades físico-mecánicas en verde	100
6.4.2 Propiedades físico-mecánicas en seco	100
6.4.3 Poder calorífico y aptitud pulpable	101
6.5 Conclusiones	102
6.6 Bibliografía	102
CAPITULO VII	
USOS, PRODUCTOS Y MERCADO	103
7.1 Usos del <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	103
7.2 Productos del <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	104
7.3 Mercado potencial de postes y polines	105
7.3.1 Mercado interno	107
7.3.2 Mercado externo	111
7.4 Consideraciones al mercado de postes y polines	115
7.5 Bibliografía	115
CAPITULO VIII	
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	117
8.1 Antecedentes generales	117
8.2 Metodología	117
8.2.1 Definición de zonas de crecimiento	117
8.2.2 Definición de esquemas de manejo	118
8.2.3 Determinación de Costos	119
8.2.4 Ingresos según productos	119
8.3 Indicadores económicos	120
8.4 Análisis e inferencias	122
8.5 Bibliografía	124

I ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Origen y Distribución

Eucalyptus camaldulensis es una especie originaria de Australia donde se distribuye naturalmente en una extensa área (12°48'S – 38°15'S), cubriendo todos los estados a excepción de Tasmania (Figura 1).

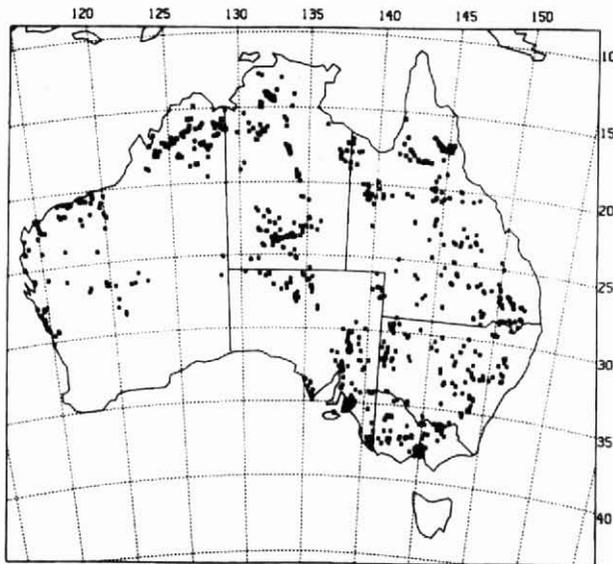


FIGURA 1: Distribución natural de *Eucalyptus camaldulensis*.

Fuente: Eldridge *et al.*, 1993.

¹ Ingeniero Forestal (e), Instituto Forestal

² Ingeniero Forestal (e), Instituto Forestal

³ Ingeniero Forestal, Instituto Forestal

Debido a lo anterior esta especie presenta una alta variabilidad. Las condiciones de hábitat y clima son muy amplias, lo que permite su éxito universal como especie exótica en zonas áridas y semiáridas del mundo (Seward, 1997).

Se ha observado que presenta una buena adaptación a zonas mediterráneas y subtropicales, particularmente en condiciones de clima semiárido o árido, debido a su gran plasticidad, alta productividad y posibilidades de utilización (Serra, 1997). Es decir, ha surgido interés en la especie producto de su rápido crecimiento en sitios pobres y de escasa precipitación, su capacidad de retoñación, en la variedad de usos en que se puede emplear y la tolerancia que presenta a inundaciones periódicas y a la salinidad del suelo (Turnbull y Prior, 1978, cit. por Barros y Rojas, 1987).

Esta especie fue introducida en Chile a fines del siglo XIX y cultivada en forma más amplia a partir de los años 60 (Serra, 1997). De los resultados de esta introducción, se aprecia un amplio rango de variabilidad de procedencias, como resultado de la diversidad de climas y suelos en que se encuentra en la región de origen.

Los resultados obtenidos de ensayos en la zona semiárida de Chile presentan a algunas familias de la procedencia de Lake Albacutya y Hindmarsh en el Estado de Victoria, como las de mayor crecimiento (Barros, 1988; Alvear y Gutiérrez, 1995). Estas son originarias de la zona interior templada de Australia, con lluvias de 350 mm, bien distribuidas, ligeramente superiores en la estación invernal.

La especie ha sido ampliamente utilizada en plantaciones fuera de Australia, principalmente en países de la cuenca del Mediterráneo. A 1987 existían unas 500.000 ha plantadas en el mundo (Nawaz, 1963, cit por Barros y Rojas, 1987), principalmente en España, Portugal y Marruecos, empleadas para la producción de pulpa, a pesar de que su madera es más dura, pesada y coloreada que la de *E. globulus*.

Otros países que han incluido la especie en la producción forestal son Argentina, Israel y México, donde se utiliza en la fabricación de tableros (Turnbull y Prior, 1978, cit. por Barros y Rojas, 1987).

En Bolivia ocupa una extensa área en los valles del interior andino, en plantaciones como cortina cortaviento, lindero, y de estabilización de riberas. En este país la madera se utiliza como leña, carbón y madera para construcciones (Lara, 1997).

1.2 Descripción de la Especie

Nombre científico	: <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnhardt
Nombre común	: “Red River Gum” (denominación internacional); “Eucalipto rojo” (Chile, Argentina).
Sinónimo	: <i>Eucalyptus rostrata</i> Schlecht.
Familia	: Myrtaceae

Eucalyptus camaldulensis es un árbol siempreverde, alcanza 25 m de altura, tronco grueso de base recta y generalmente retorcido, pudiendo alcanzar 60 cm a 1,0 m de diámetro. Posee copa abierta e irregular, corteza lisa, blanca, con manchas de grises a rojizas que se desprenden con facilidad en tiras anchas o en placas irregulares. Hojas jóvenes opuestas y posteriormente alternadas. Las hojas adultas son lanceoladas, pecioladas, delgadas y péndulas, dobladas, de borde liso, lampiñas de color verde opaco.

Produce con rapidez un exuberante sistema radicular, estableciéndose con éxito en suelos que se secan rápidamente. La capacidad de extender sus raíces y el efecto alelopático producido por toxinas fenólicas, hacen al *Eucalyptus camaldulensis* un árbol poco recomendable para combinaciones con cultivos agrícolas o junto con plantas anuales.

Las flores, blanquizas, alcanzan hasta 1 cm de diámetro y se encuentran reunidas en número de 4 -14 en pequeños racimos axilares (Figura 2).



FIGURA 2: Hojas, flores y frutos de *Eucalyptus camaldulensis*.

Las flores no presentan pétalos típicos, y el color está dado por los estambres. Internamente la yema floral muestra la estructura básica de una flor bisexual, con un estaminóforo que sostiene los estambres y el ovario, pero el estigma normalmente no está receptivo hasta unos días después; esta secuencia impide la autopolinización de la flor (Urrutia, 1992).

La formación de yemas florales ocurre en verano y primavera, haciendo que el período de floración se extienda a gran parte del año (Loewe *et al.*, 1996). Otros estudios indican que la floración en Chile ocurre entre los meses de diciembre a febrero. En general los eucaliptos entran en floración a temprana edad, existiendo diferencias para una misma especie en función de la ubicación geográfica y condiciones climáticas.

Los frutos son cápsulas leñosas de 5-8 mm, dehiscentes por 3 a 5, normalmente 4 valvas excertas en la madurez (Figura 2). Contienen numerosas semillas (aproximadamente 150.000 semillas por kilo) muy pequeñas y sin apéndices, siendo las estériles o paráfisis muy angostas, de color café. La liberación de semillas ocurre durante todo el año con un máximo en el mes de agosto, produciéndose la cosecha de los frutos principalmente entre marzo y agosto. Generalmente presenta cosechas abundantes cada 2-3 años (Loewe *et al.*, 1996).

En la zona central de Chile se ha observado que la especie presenta una carencia de receso invernal, continuando su crecimiento en este período (op. cit.).

Esta especie, además de reproducirse vía semillas, se puede propagar vegetativamente y en los últimos años ha sido reproducida a través de la técnica de micropropagación con resultados promisorios, de 80 a 90 % de enraizamiento y 70% de sobrevivencia en la etapa de aclimatación. Lo anterior ofrece una posibilidad de producir plantas genéticamente idénticas y de alta calidad (Videla, 1996).

1.3. Antecedentes genéticos

Una característica de las especies del género *Eucalyptus* es su gran variabilidad tanto interespecífica como intraespecífica, en aspectos como la producción de biomasa, tasa de crecimiento, resistencia a heladas y déficit hídrico, entre otros (Rojas *et al.*, 1987, cit. por Awad y Gutiérrez, 1997).

Específicamente *E. camaldulensis*, debido a su extensa distribución, presenta una amplia variabilidad genética, a la cual se suma la variabilidad que existe entre individuos que crecen en sitios de condiciones similares (Gutiérrez y Chung, 1993). En Chile, parte importante de la variabilidad genética de la especie se encuentra representada en los ensayos de procedencias y progenies que el Instituto Forestal ha establecido desde 1989, en el marco del proyecto de “**Mejoramiento genético de *Eucalyptus*”** y en ensayos de introducción de especies, con el objeto de conocer y explotar la variabilidad de la especie y mejorar la calidad y productividad de sus plantaciones (Gutiérrez y Chung, 1993). En general, las progenies que presentan los mejores crecimientos corresponden a las procedencias de los lagos Hindmarsh y Albacutya (Alvear y Gutiérrez, 1995).

Por otra parte, en países como India, Marruecos y Sudáfrica se han utilizado combinaciones híbridas en los programas de forestación, puesto que de esta forma se logra homogeneidad y calidad de la madera (Volker, 1995, cit. por Awad y Gutiérrez, 1997).

Un híbrido interesante es el conformado por *E. camaldulensis* y *E. globulus*, el cual podría conjugar la característica de calidad pulpable de *E. globulus* con la resistencia a la sequía (Oliva *et al.*, 1995; Teexeira y Leal, 1995; Wrann *et al.*, 1993 cit. por Awad y Gutiérrez, 1997) y facilidad de enraizamiento de *E. camaldulensis* (Aguirre *et al.*, 1988, Rojas *et al.*, cit. por Awad y Gutiérrez, 1997).

Ensayos realizados en Chile (Awad y Gutiérrez, 1997) indican que progenies puras de *E. camaldulensis* sobreviven y enraízan sustancialmente mejor que las híbridas (78,7-100% v/s 37,7-84% en sobrevivencia y 72,2 – 85% v/s 8,8 – 36,6% de enraizamiento, respectivamente). Además el enraizamiento de las progenies híbridas es superior al que normalmente se obtiene con *E. globulus*.

A pesar de ser *E. camaldulensis* una especie considerada apta para condiciones de secano, no siempre los rendimientos obtenidos son los esperados, por lo que la selección de la procedencia más adecuada cobra real importancia, puesto que su amplia distribución natural abarca una gran variedad de suelos y climas.

La selección de las procedencias de semillas más adecuadas para la forestación de un determinado lugar o zona puede conducir a importantes ganancias de crecimiento en las plantaciones. En Marruecos se está reemplazando procedencias locales por la de Lake Albacutya, en Victoria, Australia, con lo cual se espera incrementar los rendimientos volumétricos de las plantaciones en 105% (Bellefontaine *et al.*, 1979, Knockaert, 1984, cit. por Barros, 1990). En Nigeria se ha triplicado y en Israel se ha octuplicado el rendimiento mediante la selección de procedencias (Lacaze, 1977, cit. por Barros, 1990).

1.4 Requerimientos ecológicos y zona potencial de crecimiento

E. camaldulensis es la especie de eucalipto dominante en la zona del mediterráneo, debido especialmente a la capacidad de prosperar y producir cosechas aceptables en suelos relativamente pobres, con una estación seca prolongada. Presenta tolerancia a las heladas ocasionales y a las inundaciones periódicas (Serra, 1997).

- Variable climática: En numerosos ensayos a demostrado una gran resistencia a períodos secos prolongados, de hasta 8 meses. Crece bajo precipitaciones anuales cercanas a 250 mm, aunque su mejor desarrollo lo alcanza en regímenes entre 700 – 1.250 mm. El gradiente de temperatura no varía mucho, permaneciendo el promedio anual en torno a 27°C y niveles de temperatura mínima de hasta 6,7°C. Tolera máximas medias de verano de 27 a 40 °C y mínimas medias invernales de 3 a 15 °C (Barros y Rojas, 1987).
- Variable edáfica: Es un árbol muy adaptable y resistente a suelos pobres o degradados, con fertilidad media a baja. Presenta tolerancia a suelos salinos. No soporta bien los suelos de textura muy pesada y de escasa profundidad. Crece en suelos de profundidad moderada a delgados.

- Variable Topográfica: Crece desde el nivel del mar hasta altitudes próximas a los 600 m. No habita en zonas de altas montañas.

Se recomienda la forestación con esta especie en zonas con precipitaciones anuales de 300 a 500 mm, con un período seco prolongado y con altas temperaturas en verano. En Chile, esta situación se encuentra en el secano interior de las Regiones Metropolitana, V y VI. En la IV Región, donde las condiciones son mucho más severas, las plantaciones deberían restringirse a áreas con condiciones más favorables, por ejemplo, con napa freática alta (cajas de ríos) o con presencia frecuente de nieblas (INFOR - CORFO, 1986). El siguiente cuadro presenta los requerimientos ecológicos de la especie, según parámetro y valores asociados. A partir de los valores observados en cada variable, fue posible construir el mapa de zona potencial de crecimientos en Chile, el cual se muestra en la Figura 3.

CUADRO 1

Requerimientos Ecológicos *Eucalyptus camaldulensis*

Parámetro	Valor	Fuente
Temperatura media anual	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 10,0°C y 26,7°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Según De La Lama (1976), la temperatura media anual oscila entre los 10,0°C y 26,7°C. • Entre 19 y 26°C, la procedencia del norte de Australia; y de 16 a 22°C la procedencia del sur (Webb et al., 1984) • Los ensayos <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (cuadro 2) presentan una temperatura media anual de entre 13,6°C y 14,1°C, el menor valor corresponde a la Región Metropolitana y el mayor a la VI Región.
Temperatura mínima media del mes más frío	<ul style="list-style-type: none"> • Igual o superior a 3°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Hall et al. (1963) señalan que la especie se desarrolla en lugares con una temperatura mínima media del mes más frío de 4 a 13°C. • Boland et al. (1984), indican que la especie crece en climas con una temperatura mínima media del mes más frío de 3 a 15°C. • Entre 10 y 22°C, procedencia norte; y 8 a 14°C, procedencia sur (Webb et al., 1984).
Temperatura máxima media del mes más cálido	<ul style="list-style-type: none"> • Igual o inferior a 36°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Hall et al. (1963) señalan que la especie se desarrolla en lugares con una temperatura máxima media del mes más cálido de 11 a 31°C. • Entre 28 y 36°C procedencia norte; y 22 a 30°C, procedencia sur (Webb et al., 1984). • Entre 29 y 35°C (CATIE, 1984).
Temperatura mínima absoluta	<ul style="list-style-type: none"> • Igual o superior a -5°C bajo cero 	<ul style="list-style-type: none"> • La especie soporta una temperatura mínima absoluta de hasta -5°C (Hall et al., 1963; NAS, 1984; CATIE, 1986)

Parámetro	Valor	Fuente
Precipitación medida anual	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 200 y 1.250 mm • Inferior a 200 mm con humedad relativa superior a 80% 	<ul style="list-style-type: none"> • Hall <i>et al.</i> (1963) y Hall <i>et al.</i> (1970) señalan que la especie en su distribución natural se desarrolla principalmente en áreas con una precipitación media anual entre 254 y 635 mm., aunque en algunos lugares es superior a 1.016 mm. • La precipitación anual varía, generalmente, de 250 a 600 mm., aunque puede ser inferior a 150 mm o superior a 1.250 mm en casos especiales (Boland <i>et al.</i>, 1984). • Entre 200 y 1.250 mm., procedencia norte; y 400-1.000 mm., procedencia sur (Webb <i>et al.</i>, 1984). • Según De La Lama (1976), la precipitación media anual oscila entre los 225 y 640 mm. • En el área de distribución natural se le encuentra tanto en zonas con poca precipitación como en zonas de mayor pluviosidad, 200-1.250mm (CATIE, 1986). • Los rangos pluviométricos anuales para la especie, varían entre 250 mm. y 800 mm. (INFOR-CORFO, 1989). • INFOR-CORFO (1986) indica que la especie puede adaptarse a una precipitación media anual de entre 200 mm. y 1.250 mm., aunque para plantaciones comerciales se prefieren zonas con más de 400 mm. anuales, a menos que exista una napa freática alta o la posibilidad de inundaciones temporales. Este mismo autor recomienda para Chile zonas con precipitación entre 300 mm. y 500 mm. • FAO (1981), señala que <i>Eucalyptus camaldulensis</i> se desarrolla con una precipitación entre 250 mm a 625 mm. • De La Lama (1976) indica 225 mm. a 640 mm. • Por otra parte, los ensayos de esta especie (cuadro 2) están ubicados en zonas entre 354 mm. y 696 mm. • De acuerdo a la experiencia de los investigadores, el parámetro de humedad relativa anual se utilizó sólo en los casos en que la precipitación no es suficiente, requiriéndose, en esas situaciones, sobre un 80% de humedad relativa anual para satisfacer las necesidades hídricas.
Meses secos anuales ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo 8 (V-VIII) 	<ul style="list-style-type: none"> • Según FAO (1981) la estación seca para la especie tiene una duración de 4 a 8 meses o más, comúnmente rigurosa.

¹ Meses secos según la definición dada por CORFO-UACH (1987), en la cual mes seco corresponde al mes en que la precipitación es igual o menor que el 50% de la evapotranspiración potencial.

Parámetro	Valor	Fuente
	<ul style="list-style-type: none"> Máximo 9 (IV) 	<ul style="list-style-type: none"> Entre 4 y 8 meses, procedencia norte; y 4 a 6 meses, procedencia sur (Webb <i>et al.</i>, 1984). INFOR-CORFO (1986) recomienda la forestación con esta especie en zonas con un período seco prolongado Los lugares donde se ubica la especie (cuadro 2) presentan un período seco de 7 u 8 meses.
Heladas ² anuales	<ul style="list-style-type: none"> Máximo 50 heladas 	<ul style="list-style-type: none"> Su distribución natural se caracteriza por presentar 5 a 20 heladas al año, durante el invierno (Hall <i>et al.</i>, 1970) De La Lama (1976) señala que <i>Eucalyptus camaldulensis</i> tolera un máximo de 13 heladas anuales. En su zona de origen la especie soporta hasta 50 heladas anuales (CATIE, 1986). Los ensayos estudiados (cuadro 2) están ubicados en zonas con 11 y menos heladas anuales.
Textura del suelo	<ul style="list-style-type: none"> Muy Livianas a pesada No es limitante 	<ul style="list-style-type: none"> Hall <i>et al.</i> (1963), indican que los suelos donde la especie crece naturalmente son limosos o arenosos, con un subsuelo principalmente arcilloso. De La Lama (1976) menciona que la especie se desarrolla en suelos arenosos, subsuelo arcilloso arenoso y se adapta a suelos arcillosos. La especie no prospera en suelos muy pesados (INFOR-CORFO, 1989). Además, se debe agregar que los ensayos de la especie (cuadro 2) presentan suelos de textura muy liviana. Livianas a pesadas (Webb <i>et al.</i>, 1984).
Drenaje del suelo	<ul style="list-style-type: none"> No es limitante 	<ul style="list-style-type: none"> No es limitante (Webb <i>et al.</i>, 1984). Se adapta a una amplia gama de suelos, desde muy pobres hasta periódicamente inundados (CATIE, 1986).
Reacción del suelo	<ul style="list-style-type: none"> No es limitante 	<ul style="list-style-type: none"> En los ensayos de la especie (cuadro 2) se determinaron suelos con reacción ácida a neutra. Reacción alcalina-neutra-ácida (Webb <i>et al.</i>, 1984).

CUADRO 2

Ensayos de *Eucalyptus camaldulensis* en Chile

Región	Comuna	Predio	Coordenadas
RM	Melipilla	Tantehue	33°47' LS - 71°13' LO
V	La Ligua	Longotoma	32°21' LS - 71°26' L
V	Casablanca	Mel Mel	33°32' LS - 71°26' LO
VI	Lolol	La Paila	34°43' LS - 71°39' LO

Fuente: Proyecto FONDEF FI-15 "Mejora genética del eucalipto"

² Se entiende por helada al descenso de la temperatura mínima por debajo de un umbral, en que el daño a las plantas es irreversible. El valor umbral es muy variable por lo cual se empleó 0°C, que corresponde al punto crioscópico del agua pura (Santibañez y Uribe, 1990).

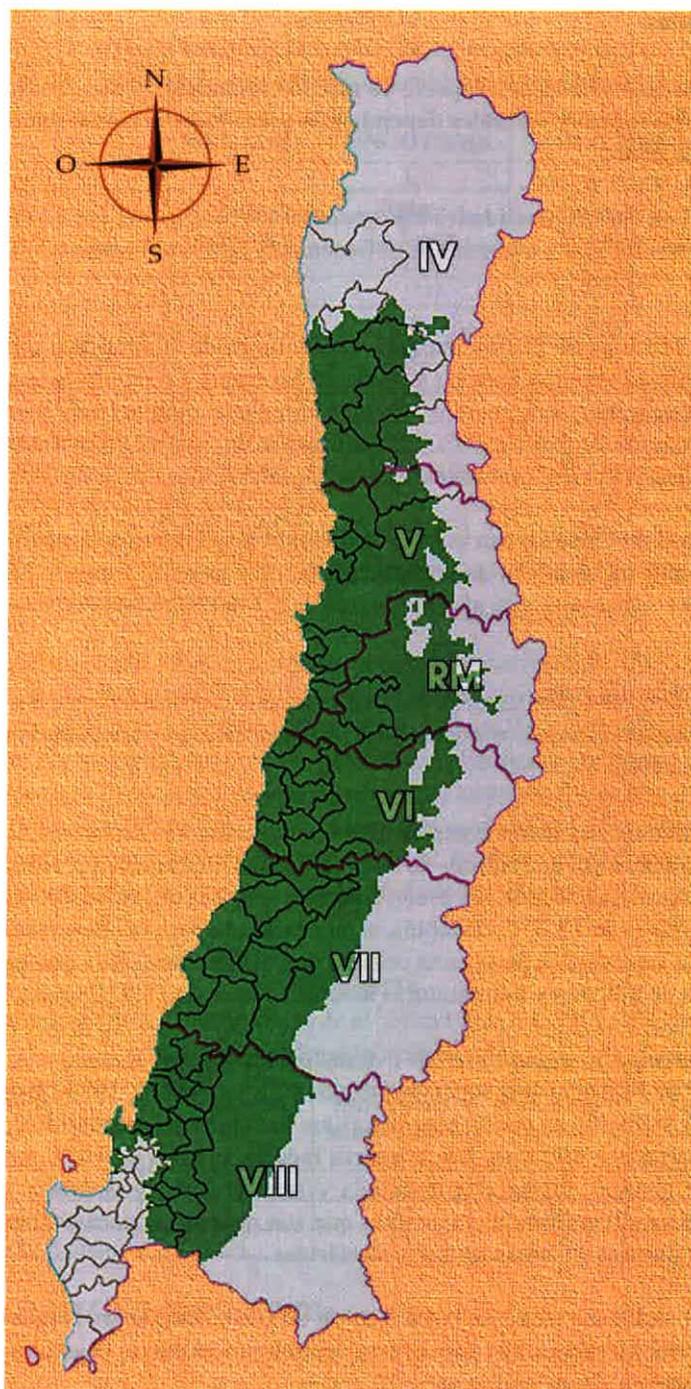


FIGURA 3: Zona Potencial de Crecimiento *Eucalyptus camaldulensis*. Fuente: Infor, 2000.

1.5 Crecimiento

Eucalyptus camaldulensis es una especie de rápido crecimiento y sus rendimientos en producción de madera son muy variables dependiendo sobre todo de las características de clima y suelo donde se plante.

A nivel mundial en ciertas localidades los crecimientos no superan los 12 m³/ha/año, mientras que en terrenos fértiles y húmedos se obtienen más de 35 m³/ha/año (Celulosa Argentina S.A., 1977).

Con adecuadas técnicas de plantación para condiciones de semiaridez, que permitan una mayor disponibilidad de agua para las plantas en los meses de sequía, y la selección de las procedencias adecuadas, será posible efectuar con éxito plantaciones en estas regiones. Además, la aplicación de fertilizantes y la realización de control de malezas ha presentado bondades significativas en el crecimiento de *E. camaldulensis* (Wrann e Infante, 1988).

En la zona central de Chile se han ensayado diversas procedencias australianas, dando los mejores resultados, en términos de sobrevivencia, crecimiento, forma y productividad, la procedencia Lake Albacutya, con altura máxima de 2,1 m en dos años de evaluación (Barros y Rojas, 1987).

En la zona semiárida de Chile Central, pueden esperarse rendimientos de 8 a 12 m³/ha/año y hasta alrededor de 20 m³/ha/año en sitios de muy buena calidad y empleando una silvicultura intensiva (Serra, 1997).

Eucalyptus camaldulensis forma parte de exitosas experiencias de forestación, por ejemplo como cortinas cortaviento en sectores de suelo granítico erosionado en el secano costero en la Región Metropolitana, donde las precipitaciones son del orden de 400 mm anuales y la temperatura media es de 13,6 °C. También se ha destacado para la conservación de aguas en suelos graníticos degradados de la zona costera de la IV Región, área que presenta precipitaciones anuales de 209 mm y temperaturas medias anuales de 13,9 °C (Francke, 1999).

Un ensayo de *Eucalyptus camaldulensis* evaluado a los 15 años alcanzó una altura media de 12,1 m, un DAP de 20,6 cm y una supervivencia de 77,8% (INFOR, 1986). Estos resultados se obtuvieron en la V Región en condiciones de clima mediterráneo semiárido con precipitaciones anuales inferiores a 400 mm, temperaturas medias anuales de 14 °C y suelo de escasa profundidad en general, topografía ondulada y severamente erosionado. Además, no se aplicaron prácticas silviculturales intensivas que son necesarias para obtener buenos crecimientos, especialmente en zonas áridas y semiáridas.

En ensayos realizados sin riego en la IV Región de Chile, donde las condiciones de aridez constituyen la principal dificultad para el establecimiento de masas vegetales, los crecimientos medios anuales en altura varían entre 20 - 60 cm.

CUADRO 3

Valores medios y ubicación de cuatro ensayos de *Eucalyptus camaldulensis* establecidos en Chile

ENSAYO	MEL-MEL	LONGOTOMA	TANTEHUE	LA PAILA
Región	V	V	Metropolitana	VI
Provincia	Valparaíso	Petorca	Santiago	Colchagua
Comuna	Casablanca	La Ligua	Melipilla	La Paila
Latitud S.	33°23'	32°21'	33°32'	34°43'
Longitud W.	71°24'	71°26'	71°14'	71°39'
Altitud (msnm)	250	58	240	300
Año de establecimiento	1989	1989	1991	1991
Pp media anual (mm)	455	308	419	398
T° media anual (°C)	13,3	14,3	13,6	14,1
Periodos secos (meses)	7-9	7-9	8	7
Momento de la evaluación	44 meses	44 meses	42 meses	42 meses
Altura media (m)	3,38	3,28	6,59	2,57
DAP medio (cm)	5,81 (DAC)	5,24 (DAC)	6,41	2,48
Sobrevivencia (%)	83,3	93,2	96,9	78,1

Fuente : Alvear y Gutiérrez, 1995.

INFOR estableció en el año 1998, como parte de un proyecto PRODECOP - SECANO, ensayos en tres localidades del secano de la VI, VII y VIII región, que consideraron el estudio de *E. camaldulensis*, *Quillaja saponaria*, *Robinia pseudoacacia* y *Gleditsia triacanthos*. A pesar de haberse registrado durante el período de estudio una sequía que abarcó gran parte del país y en especial a la zona del secano, la respuesta en sobrevivencia y crecimiento de *E. camaldulensis*, en comparación con las otras especies evaluadas, fue excelente. En la Figura 4 se aprecia un individuo de 2 años plantado en la VII Región y en el Cuadro 4 se observa el crecimiento de *E. camaldulensis* en las tres localidades evaluadas.

CUADRO 4

Crecimiento de *E. camaldulensis* en el Secano de la VI, VII y VIII Región al año de establecimiento

Comuna	Altura total (m)	Incremento anual Altura (m)	DAC total (cm)	Incremento anual DAC (cm)
La Estrella (VI Región)	0,55	0,13	0,65	0,21
Curepto (VII Región)	1,61	1,20	2,38	1,93
Portezuelo (VIII Región)	1,24	0,77	1,75	1,30

Fuente: INFOR – FIA – PRODECOP, 2000a.

En el Cuadro 4 se pueden observar grandes diferencias en los incrementos tanto en altura como en diámetro para la especie. Es notorio el crecimiento en altura obtenido en la localidad

de Curepto, el cual es mayor a un metro por año. Por otra parte, en la localidad de La Estrella el crecimiento fue escaso. En esta zona, la plantación fue afectada principalmente por el bajo monto de precipitaciones registradas en 1998 y 1999. Finalmente cabe señalar que a pesar del corto tiempo de evaluación de estos ensayos, ya se vislumbran crecimientos importantes y se aprecia la potencialidad de la especie en estas comunas.



FIGURA 4: Plantación de *E. camaldulensis* de 2 años. Ensayo Rapilermo, Curepto, VII Región.

Se obtuvieron también resultados promisorios para la especie en otro proyecto PRODECOP-SECANO. En la comuna de La Estrella (Secano interior VI Región) se obtuvo incrementos anuales en altura de 0,9 m y en DAC de 1,6 cm para la especie establecida en sistemas de cosecha de aguas lluvia (intensiva preparación de suelo en medias lunas). La especie fue también establecida el año 1997 en la comuna de Lolol (Secano interior VI Región) en curvas de nivel bajo tres densidades distintas (3mx3m, 3mx4m y 3mx5m), obteniéndose al tercer año de establecimiento los resultados que se presentan en el Cuadro 5.

CUADRO 5

Crecimiento de *E. camaldulensis* en el Secano de la VI Región (Comuna de Lolol)
Resultados al tercer año de establecimiento.

Distanciamiento (m)	Altura total (m)	DAC total (cm)	Sobrevivencia (%)
3 x 3	2,63	5,6	96,9
3 x 4	2,24	4,9	95,8
3 x 5	2,44	4,8	96,5

Fuente: INFOR – FIA – PRODECOP, 2000b.

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 5 se puede concluir que luego de tres temporadas de crecimiento, el mejor distanciamiento para la especie corresponde a 3mx3m, donde tanto la altura como el DAC presentaron valores superiores a las otras dos densidades ensayadas.

1.6 Bibliografía

- Alvear, C. y Gutiérrez, B. 1995. Crecimiento hasta los 42-44 meses de edad y estimación de parámetros genéticos de 23 procedencias y 196 familias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en cuatro sitios de la zona central de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 9 (1): 23-46.
- Awad, G. y Gutiérrez, B. 1997. Propagación de híbridos de Eucalipto: Evaluación de su habilidad rizogénica. Chile Forestal N° 247. pp 14-17.
- Barros, S. 1988. Adaptación de diversas procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida chilena; Actas. Viña del Mar, Chile. 9-10 junio 1988. Santiago, Chile. INFOR_CORFO.
- Barros, S. 1990. Ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 04(2): 171-182.
- Barros, S. y Rojas, P. 1987. Ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 01(1): 029-040.
- Boland, D.J.; Brooker, M.I.; Chippendale, G.M.; Hall, N.; Hyland, B.P.; Johnston, R.D.; Kleinig, D.A. Y Turner, J.D., 1984. Forest Trees Of Australia. Nelson-Csiro, Melbourne, Australia. 687p.
- CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Turrialba, Costa Rica. 220 p.
- Celulosa Argentina S.A. 1977. El Libro del Árbol. Buenos Aires, Argentina. 85 p.

- Corporacion De Fomento De La Produccion (Corfo) - Universidad Austral De Chile (Uach). 19810. Arboles Frutales: Situación Y Potencial En El Sur De Chile. Chile. 59 P.
- De la Lama, G. 1976. Atlas del eucalipto. Tomo I y II. Ministerio de Agricultura. INIA. ICONA. Madrid, España.
- Eldridge, K.; Davidson, J.; Harwood, C. and Wyk, G. 1993. Eucalypt domestication and Breeding. Oxford University Press, New York, Usa. 288p.
- FAO, 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO : Montes N° 11. Roma, Italia. 554 p. y anexos.
- Francke, S. 1999. Manejo del Suelo posible para el desarrollo forestal del semiárido chileno. Chile Forestal Documento Técnico N° 127. 7 p.
- Gutiérrez, B. y Chung, P. 1993. Crecimiento inicial de 23 procedencias y 196 familias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en cuatro sitios de la zona central de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 7 (1): 05-21.
- Hall, N.; Johnston, R.D.; Chippendale, G.M., 1970. Forest Trees Of Australia. Canberra, Australia. Australian Government Publishing Service. 334p.
- Hall, N.; Johnston, R.D.; Marryatt, R., 1963. The Natural Occurrence Of The Eucalypts. Canberra, Australia, Forestry And Timber Bureau. 122p. Serie Forestry And Timber Bureau. Leaflet N.65.
- INFOR - CORFO. 1986. Especies forestales de interés económico para Chile. Santiago, Chile. 145 p. y anexos.
- INFOR - CORFO. 1989. *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y Manejo. 199 p.
- INFOR. 2000. Sistema Multimedia de Gestión Forestal para la Modernización de Pequeños Agricultores. Proyecto FDI –CORFO, “Sistema de Gestión para la Modernización de Pequeños Agricultores. CD-Rom.
- INFOR – FIA – PRODECOP. 2000a. Diversificación de Alternativas de Producción Forestal y Agroforestal para Pequeños Propietarios en el Secano. Informe Final.
- INFOR – FIA – PRODECOP. 2000b. Ajuste y Optimización de Modelos Productivos para el Secano de la VI, VII y VIII región. Informe Final.
- Lara, R. 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. FAO. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N°12. Santiago, Chile. pp.75– 81.
- Loewe, V.; Alvear, C. y Salinas, F. 1996. Fenología de *E.globulus*, *E.nitens* y *E. camaldulensis* en la zona central de Chile: estudio preliminar. Ciencia e Investigación Forestal 10(1): 83-98.

- Muñoz, A.; Montero, E. y Toral, M. 1989. Análisis de la incidencia de algunos factores que intervienen en la producción de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* en vivero. Chile Forestal. Artículo Técnico Junio 1989. 4p.
- Nas (National Academy Of Sciences), 1984. Especies Para Leña. Arbustos Y Árboles Para La Producción De Energía. Turrialba, Costa Rica, Catie. Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza. 343p.
- Santibañez q., F.; Uribe m., J.m. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones quinta y metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Laboratorio de Agroclimatología. Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Santiago. Chile. 65 p.
- Serra, M.T. 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 12. FAO-PNUMA. 347p.
- Seward, B.R.T. 1997. Selection and breeding strategies for *Eucalyptus camaldulensis*. Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas. La Serena, Chile. 21-25 octubre 1996. INFOR. Santiago, Chile. pp. 161-186.
- Urrutia, T.R.E. 1992. Caracterización y comportamiento en vivero de tres procedencias de semilla de *Eucalyptus globulus* cosechadas en Chile. Tesis de grado, Universidad de Concepción. 120p.
- Videla, P. 1996. Micropropagación en *E. globulus*, *E. nitens* y *E. camaldulensis*. Chile Forestal N° 242. pp.52-53.
- Webb, D. B.; Wood, P. S.; Smith, J. P. and Henman, G. S. 1984. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Oxford, Great Britain. Tropical Forestry Papers N° 15. 256 p.
- Wrann, J. e Infante, P. 1988. Métodos para el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la zona árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 2(3): 13-25.



I PLAGAS Y ENFERMEDADES

Aunque se conoce una amplia gama de enfermedades y plagas de los eucaliptos, relativamente pocas tienen una importancia crítica. Esto puede deberse a los ricos y variados recursos genéticos del género, capaces de proporcionar combinaciones de caracteres hereditarios para satisfacer la demanda de una amplia variedad de condiciones de crecimiento (FAO, 1981). Sin embargo, los factores que influyen de manera más significativa sobre la susceptibilidad del eucalipto ante pestes y enfermedades corresponden a la práctica del monocultivo y la diversidad genética reducida, el uso de especies fuera de su rango climático natural y técnicas de establecimiento y manejo inapropiadas (Kile, 1994).

En nuestro país, el riesgo a plagas y enfermedades está dado por el aumento de la distribución de las plantaciones comerciales hacia áreas marginales de crecimiento, el empleo de especies o procedencias mal seleccionadas, uso inadecuado de técnicas de establecimiento, la adaptabilidad de agentes nativos a las especies forestales introducidas y por la intensificación del comercio internacional y el turismo, que hacen más vulnerables las barreras naturales del país (González y Parra, 1994).

Esta revisión está orientada a los agentes perjudiciales que se han detectado sobre *Eucalyptus camaldulensis* en el mundo, lo que permite aumentar los conocimientos sobre los agentes dañinos que actúan sobre las plantaciones de esta especie y que constituyen un riesgo para cualquier cultivo extensivo con ella.

2.1 Insectos

2.1.1 Insectos defoliadores

Poseen un aparato bucal picador masticador muy bien desarrollado y su alimentación reduce significativamente el área foliar. Su efecto posterior es un crecimiento más lento de los árboles, generando un aumento en la susceptibilidad a otras plagas y enfermedades. La mayoría de los árboles soportan defoliaciones moderadas, pero ataques severos pueden causar su muerte. La época del año en que el árbol es defoliado es crítica y determina la capacidad del árbol de recuperarse del ataque (Elliott y deLittle, 1985).

A este grupo pertenecen las larvas de sierras (Hymenoptera), cuyas hembras depositan los huevos bajo la superficie de la hoja utilizando un ovipositor, con una forma de sierra carac-

¹ Ingeniero Forestal, Instituto Forestal

² Ingeniero Forestal (e), Instituto Forestal

terística, que les da su nombre (Coulson y Witter, 1990). Según Elliott y deLittle (1985), las especies de mayor importancia que atacan a *Eucalyptus camaldulensis* son *Lophyrotoma interrupta* (Klug) y *Perga affinis affinis* Kby.

Otro grupo defoliador importante es el de los gorgojos de los eucaliptos (Coleoptera: Curculionidae) (Coulson y Witter, 1990), siendo la especie más importante *Gonipterus scutellatus* (Gyllenhal), cuyas larvas consumen las hojas, de preferencia las más nuevas, mientras que los adultos las festonean (hojas nuevas y viejas) y devoran los brotes apicales y yemas florales (Bain, 1977; Parra y González, 1999c). Los árboles jóvenes parecen ser los más atacados (Elliott y deLittle, 1985), y ataques intensos pueden causar una fuerte defoliación, que compromete la capacidad fotosintética y restringe el crecimiento de los árboles, especialmente si las larvas y los adultos llegan a consumir los brotes de la flecha principal, afectando la forma del árbol (Parra y González, 1999c). En Chile fue detectado en 1998 y actualmente forma parte del Listado de Plagas Cuarentenarias A2. *Eucalyptus camaldulensis* forma parte de los hospederos más susceptibles al ataque de este insecto (SAG, 1999a) y aunque en Chile no se ha reportado daños sobre esta especie, constituye una situación de riesgo que debe ser considerada. Se utiliza control biológico con *Anaphes nitens*, parasitoide de ootecas (Hymenoptera, Mymaridae), el que también se ha establecido exitosamente en Chile, alcanzando en forma rápida, niveles de parasitismo de hasta el 98% en las localidades de liberación (Ojeda, 1994; SAG, 1999a; SAG, 1999b).

Las cuncunillas (larvas de Lepidopteros), también se alimentan del follaje de los eucaliptos (Coulson y Witter, 1990). Dentro de las especies más destacadas sobre *Eucalyptus camaldulensis* se encuentran *Uraba lugens* Walker, especie esqueletizadora común en Tasmania y que cuando afecta a plantaciones jóvenes puede causar hasta la muerte de los individuos (Elliott y deLittle, 1985; Campbell, 1969), *Lymantria dispar* (L.), *Roeselia lugens* (Leyva, 1969) y *Mnesampela privata* (Kile, 1994).

2.1.2 Insectos succionadores

Se alimentan de la savia de las hojas, tallos nuevos, ramas y ramillas. Su presencia, generalmente, va acompañada de hormigas que se alimentan de la mielecilla que excretan estos insectos (Elliott y deLittle, 1985).

Dentro de las principales especies de insectos succionadores que atacan a *Eucalyptus camaldulensis*, se encuentra *Cardiaspina albitextura* Taylor (Psyllidae), que en Australia causa severas necrosis foliares, caída prematura del follaje y muerte apical (Floyd *et al.*, 1994). También se ha observado a *Cardiaspina retator* causando daño foliar variable en distintas procedencias, encontrándose que las procedencias más adaptadas a ambientes áridos, son más resistentes. Al parecer la resistencia de *Eucalyptus camaldulensis* a *Cardiaspina retator* está relacionada con las ceras cuticulares en algunos casos y con la dureza de las hojas en otros (op. cit.).

2.1.3 Insectos que se alimentan de la madera

Dentro de este grupo se encuentran los escarabajos barrenadores (principalmente Coleoptera: Cerambycidae), que son fácilmente reconocibles por sus largas antenas, muchas veces más largas que el cuerpo. Perforan túneles dentro de los tejidos leñosos de las ramas, troncos y raíces, causando problemas en la estructura del árbol y la interrupción del flujo de savia (FAO, 1981). La principal especie que ataca *Eucalyptus* es *Phoracantha semipunctata* Fabr., que normalmente ataca árboles debilitados. Se produce una fuerte exudación de savia en el fuste debido a la penetración de las larvas y se observan galerías, lo que trae consigo que existan ramas secas o ápices decolorados, retoñación abundante en la base del árbol, corteza suelta y orificios ovalados provocados por la salida de los adultos (Elliott y deLittle, 1985; Cogollor, 1986). El daño es realizado por la larva, provocando con sus galerías el anillamiento del árbol (Cogollor y Ojeda, 1981). Esta plaga se caracteriza por ser muy agresiva en sus ataques (Paine *et al.*, 1990), existiendo una relación directa entre la presencia del daño y bosques ubicados en sitios con déficit de agua (Cogollor y Ojeda, 1981). La susceptibilidad de sus hospederos varía con la especie de eucalipto y con la condición de estrés del árbol (Paine *et al.*, 1990). *Eucalyptus camaldulensis* parece ser relativamente resistente al ataque de este insecto (Paine *et al.*, 1998). *Phoracantha semipunctata* ha sido detectada en Chile sobre esta especie de eucalipto, en las Regiones V, VI y Metropolitana (Parra *et al.*, 1999a). Dentro de este género también se encuentra la especie *Phoracantha recurva*, la que también ataca árboles vivos. Entre su amplio rango de huéspedes se encuentra *Eucalyptus camaldulensis*, considerado dentro del grupo de eucaliptos resistentes a este insecto, lo que no significa que no sea atacado (Pérez y Pinar, 1999). Esta última especie fue detectada hace poco en nuestro país, pero su área de dispersión está restringida a un sector de la Región Metropolitana. Para el control de estas especies, recientemente se introdujo en Chile su controlador biológico *Avetaniella longoi*.

Otras especies de barrenadores son *Platypus sulcatus* Chapuis (Platypodidae), cuyos adultos hacen galerías horizontales en los troncos y las zonas debilitadas se quiebran fácilmente con el viento (Leyva, 1969) y *Psyllotoxus griseocinctus*, observado en 1979 en Brasil afectando al 15% de los árboles de una población de *Eucalyptus camaldulensis* (Zanuncio *et al.*, 1998).

También existen especies de Lepidópteros barrenadores de la madera y/o del floema y del tallo, pero en general, se consideran como de menor importancia en los bosques (Coulson y Witter, 1990). En Chile se ha encontrado muy ocasionalmente a *Chilecomadia valdiviana* (gusano del tebo) atacando *Eucalyptus camaldulensis*, que posterior a la postura por parte del insecto, produce exudación de savia que facilita el desarrollo del moho negro, que ayuda a la detección del ataque del insecto. Además, mantiene las galerías limpias de aserrín, el que se observa en la base del fuste, sellándolas sólo en forma previa al inicio de la fase pupal. La manifestación externa del ataque y daño sólo es visible desde cerca, ya que el árbol afectado no presenta ninguna sintomatología apreciable a distancia (Cerde, 1996).

Los Isópteros (termitas) también se alimentan de la madera y son capaces de causar severos daños sobre árboles vivos y estructuras de madera. Viven en colonias organizadas con complejas jerarquías. El contenido de humedad, dureza, densidad y extraíbles son factores determinantes de la resistencia de los árboles hacia el ataque de termitas (MacRae, 1991). En

Zimbabwe se ha observado que las termitas de la familia Macrotermitinae afectan severamente a las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* (Elliott y deLittle, 1985).

2.2 Enfermedades

Una planta se considera enferma, cuando es afectada por patógenos o por ciertas condiciones ambientales y una o más de sus funciones fisiológicas es alterada en forma prolongada, generando características morfológicas anormales y produciendo una desviación de su rango normal, determinado por su potencial genético.

2.2.1 Enfermedades causadas por agentes bióticos

2.2.1.1 Hongos

En vivero el problema más habitual es el dumping-off, que es causado por el ataque de hongos durante la germinación de la semilla, resultando una falla en la emergencia (pre-emergencia) o infectando el tallo suculento de plántulas, cerca de la línea del suelo, causando la caída de ellas (post-emergente) (Hodges, 1964). No se ha identificado a las especies de eucaliptos susceptibles, pues se piensa que todas, o la gran mayoría, son atacadas. Esta enfermedad está asociada a una gran variedad de hongos, como *Phytium* spp., *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Fusarium solani*, *Cylindrocladium* spp. y *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (= *Rhizoctonia solani* Kühn) (FAO, 1981; Hodges, 1964), además de la gran importancia que tienen *Botrytis* spp. y *Oedocephalum* spp. (FAO, 1976). También se ha observado *Macrophomina phaseolina* y *Cylindrocarpon* y ocasionalmente los géneros *Seiridium*, *Pestalotiopsis* y *Alternaria* (González, 1991). *Macrophomina phaseolina* se ha observado produciendo una infección sistémica en plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* de 15 días a 5 meses de edad, en Jabalpur, India (Soni y Dadwal, 1985).

Botrytis cinerea (= *Botryotinia fuckeliana*), reconocida a nivel mundial como el moho gris, es considerada como una de las especies más comunes en vivero, causando daño en semillas y plántulas. Su ataque comienza en zonas dañadas de su hospedante y las infecciones más severas se producen durante períodos fríos y húmedos (Viljoen *et al.*, 1992). El hongo invade los tejidos no lignificados del tallo, provocando un marchitamiento de las ramillas y el follaje, para posteriormente inducir una absorción de agua que conduce a un exceso de hidratación, seguido de un rápido colapso y muerte de la zona afectada. Sobre la superficie atacada de las plantas se puede observar una masa algodonosa que corresponde al micelio aéreo y fructificaciones del hongo (Gibson, 1975).

En plantaciones de eucaliptos, existen hongos que atacan raíces, tallos o follaje. Respecto a las enfermedades de la raíz, el mayor problema es producido por las especies del género *Armillaria*, cuyos síntomas generales son reducción del crecimiento radicular, cambios en las características del follaje, muerte regresiva, indicadores en la base del fuste y muerte. Los signos son micelio subcortical y rizomorfo (Shaw y Kile, 1991). En Chile se detectó *Armillaria* sp en un ensayo de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* en la V Región (Parra *et al.*, 1999a).

Las enfermedades del fuste producen canchros, agallas, marchitez, muerte apical y otras condiciones que derivan del parasitismo primario del cambium y la albura. Reducen la capacidad de reproducción vegetativa de los árboles, producen deformaciones, pérdida de crecimiento y en algunos casos muerte de éstos. Entre los hongos de mayor importancia que producen pudrición del tallo en *Eucalyptus camaldulensis*, Marks *et al.* (1982), destacan a *Amauroderma rude*, *Piptoporus portentosus*, *Inonotus chondrymyelus*, *Phellinus badius* y *Phellinus torulosus*.

Dentro de los hongos que producen canchros se destaca *Diaporthe cubensis* Bruner (= *Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges), que provoca severos canchros en los eucaliptos de muchas zonas tropicales del mundo (Swart y Wingfield, 1991). Su aparición se ve favorecida por altas precipitaciones y temperatura sobre los 23°C (Heerden *et al.*, 1997). Provoca lesiones profundas o superficiales en la corteza o en el cambium a distintas alturas del tronco, pero con mayor frecuencia en la porción basal (Sharma *et al.*, 1985). *Eucalyptus camaldulensis* es considerada dentro de las especies ligeramente susceptibles a su ataque (Coutinho, *s/f c*), habiéndose identificado con certidumbre sobre esta especie en Camerún. Para el control de esta enfermedad se recomienda la selección de especies forestales, procedencias, progenies y clones resistentes (Swart y Wingfield, 1991; Heerden *et al.*, 1997) y no plantar en zonas de alto riesgo (Coutinho, *s/f c*).

Otro agente de importancia que provoca este tipo de lesión es *Botryosphaeria* spp., patógeno que produce una necrosis y oscurecimiento de la corteza y del cambium, con picnidios negros sobre la lesión (Brits y Grey, 1992). Se sabe que es un patógeno oportunista que se manifiesta bajo condiciones de estrés ambiental y las pérdidas pueden reducirse por una detección temprana de la enfermedad y el uso de especies y/o clones tolerantes a ella (Coutinho, *s/f b*). *Eucalyptus camaldulensis* está incluido entre las especies de mayor susceptibilidad (Ciesla *et al.*, 1996).

Corticium salmonicolor causa la enfermedad rosada y ataca árboles de cualquier edad, pero los jóvenes son más vulnerables, provocándoles daños muy severos, reduciendo el crecimiento y productividad de las plantaciones (Ciesla *et al.*, 1996). Importante en ambientes tropicales con precipitación superior a 2000 mm (Ferreira, 1986). Los primeros síntomas consisten en la exudación de savia en zonas del tallo con corteza joven, después aparece un micelio que se va tornando de color rosado. La corteza muere y la capa de micelio se seca formando pústulas rosadas y costras que, generalmente, se ubican en el lado inferior de la rama (Gibson, 1975). Este patógeno está presente en Brasil atacando plantaciones jóvenes de 1 a 2,5 años de edad de *Eucalyptus camaldulensis* (Ferreira, 1986).

Entre las enfermedades fungicas del follaje se destacan las royas, oídios, y las manchas foliares. Las primeras son provocadas por *Puccinia psidii*, situación que no ha sido observada en el hábitat natural del eucalipto (Dianese, 1984). Este hongo ataca las hojas, inflorescencias y brotes jóvenes suculentos causando severas defoliaciones en condiciones favorables de humedad y bajas temperaturas, produciendo una esporulación amarilla sobre la superficie afectada, que al cabo de 3 semanas forma una hipertrofia verrucosa (Ferreira, 1986). Sigüientes invasiones del hongo provocan deformación de las hojas, la que posiblemente sea una respuesta del árbol a la infección del hongo. *Eucalyptus camaldulensis* se encuentra en el grupo de las especies susceptibles a su ataque (Coutinho, *s/f d*).

El término oídio suele utilizarse tanto para designar a una enfermedad como al agente que la causa. Se caracterizan por ser hongos de micelio blanquecino y desarrollo externo, lo que lo hace fácilmente reconocible (Torés y Segarra, 1996). Sus síntomas corresponden a placas pulverulentas blanquecinas sobre las hojas, que se extienden provocando una deformación foliar, necrosis y defoliación. Afecta a plantas de viveros, invernaderos y plantaciones jóvenes (Gibson, 1975; FAO, 1981). Entre los eucaliptos hospederos más frecuentes está *Eucalyptus camaldulensis* (FAO, 1981), situación que ha sido observada en nuestro país, donde se registró a *Oidium eucalypti* sobre esta especie de eucalipto (Parra *et al.*, 1999b).

Respecto a las manchas foliares, éstas son causadas por una gran variedad de hongos. Entre los hongos más importantes que afectan a *Eucalyptus camaldulensis* están:

- *Cylindrocladium scoparium*, cuyos síntomas generalmente comienzan como manchas rojo oscuro y eventualmente café claro, que empiezan, a menudo, en el borde de las hojas. Su forma varía de circular a irregular, tanto en hojas viejas como jóvenes, desde las cuales la infección puede ampliarse a los pecíolos y al tallo (Crous *et al.*, 1991). Esta especie es típica de *Eucalyptus camaldulensis* (Quiniones y Dayan, 1983).
- *Thyriopsis sphaerospora*, observado en Sudáfrica (Wingfield *et al.*, 1995).
- *Mycosphaerella* spp., que produce manchas de color amarillo crema a café claro, de contorno irregular, con un diámetro de hasta 25 mm y que se encuentran en ambas caras de las hojas jóvenes en expansión (Brits y Grey, 1992). Las hojas más afectadas se deforman y caen prematuramente (Dick, 1982). En *Eucalyptus camaldulensis* se ha encontrado *Mycosphaerella molleriana*, causando lesiones de forma irregular en follaje juvenil, de color amarillo a café (Dick, 1982; Crous *et al.*, 1989b). En nuestro país también se ha observado la presencia de *Mycosphaerella cryptica* sobre esta especie de eucalipto.
- *Pestalotiopsis funerea*, fue encontrada en Egipto sobre esta especie de eucalipto, la que es altamente susceptible a este patógeno.
- *Phaeoseptoria* spp., que provoca manchas de forma irregular, de color café, rodeadas por una zona de color púrpura (Crous *et al.*, 1989b; Dick, 1982). En 1991 fue encontrada por primera vez atacando a hojas de *Eucalyptus camaldulensis* cerca de Roma en Italia (Belisario, 1993). En Sudáfrica también se ha registrado la enfermedad sobre esta especie, causando la mortalidad de las plantas jóvenes, siendo considerada como uno de los patógenos foliares de mayor importancia en ese país (Crous *et al.*, 1989a; Crous *et al.*, 1989c), que es también muy común en Brasil sobre *Euc. camaldulensis*, pero sin haber sido necesario su control (Ferreira, 1986).
- *Kirramyces eucalypti* (= *Septoria pulcherrina*) produce manchas de tamaño irregular, color amarillo pálido en ambos lados de la hoja, cambiando posteriormente a tonalidades rojas y finalmente café. Las lesiones son irregulares y pueden cubrir gran parte de la superficie foliar y el pecíolo (Gadgil y Dick, 1983).

- *Harknessia* spp., que provoca manchas de forma geométrica irregular, de preferencia internervales, de color marrón-rojizo oscuro y luego se tornan canela claro (Rúperez y Muñoz, 1980). Se ha observado *H. globosa* en hojas de *Eucalyptus camaldulensis* en Chile (Parra *et al.*, 1999a).
- *Sonderhenia eucalypticola* (= *Hendersonia eucalypticola* Hans) produce manchas pequeñas de 2 a 3 mm con márgenes rojo púrpura, sobresalientes, esparcidas en toda la hoja (Swart y Walker, 1988); observada en varios países, incluido Chile (Wingfield *et al.*, 1995), donde se identificó sobre varias especies de *Eucalyptus*, siendo para el caso de *Eucalyptus camaldulensis*, el hongo foliar más comúnmente identificado (Parra *et al.*, 1999a).
- *Aulographina eucalypti* provoca manchas irregularmente circulares de 0,5 a 3 cm de diámetro, de aspecto coriáceo, café oscuro a un lado de la hoja y más claras por el otro (Ferreira, 1986).

2.2.1.2 Bacterias

Ralstonia solanacearum es una de las enfermedades más destructivas. En *Eucalyptus* fue reportada por primera vez en el año 1980 en Brasil, pero ahora se ha encontrado también en Australia, China, Taiwán, Venezuela y Africa Central. La susceptibilidad de las distintas especies de *Eucalyptus* es variable, *Eucalyptus camaldulensis* se encuentra entre las más susceptibles. Su ataque se observa en plantas jóvenes y los síntomas incluyen decoloración y muerte foliar, muerte del fuste, reducción de la tasa de crecimiento y coloración negra de la madera. Esta enfermedad puede ser transmitida hacia nuevas áreas por medio de material vegetativo, semillas, por insectos, por nemátodos, transmisión mecánica, de raíz a raíz y también por contacto de la parte aérea de los árboles. Los métodos de control utilizados no han sido muy efectivos, dado el gran número de razas que existen de la bacteria y su interacción con factores bióticos y abióticos (Coutinho, s/f a; Ciesla *et al.*, 1996).

2.2.1.3 Nemátodos

Su ataque puede provocar una disminución del 10 al 20% en el crecimiento del arbolado. Macara (1988), indica que en Portugal se ha detectado *Aporcelaimus* spp. atacando a *Eucalyptus camaldulensis*.

2.2.1.4 Virus

La incidencia de estas enfermedades es baja y no afectan el crecimiento de los árboles (Ciesla *et al.*, 1996). Cabe destacar el caso de la gran susceptibilidad de *Eucalyptus camaldulensis* a ciertos virus que causan un intenso crecimiento arbustivo durante los dos primeros años, además de otros síntomas foliares y en los meristemas (FAO, 1981), situación que se ha observado en Sudáfrica, donde se ha detectado enanismo en *Eucalyptus camaldulensis*, pero no se ha podido confirmar que se deba exclusivamente a una virosis.

2.2.2 Trastornos por causas abióticas

La característica común de las enfermedades no infecciosas de las plantas es que son causadas por la escasez o exceso de factores ambientales. Ocurren en ausencia de patógenos y por lo tanto no pueden ser transmitidas a plantas sanas. Los síntomas causados por enfermedades no infecciosas varían en cantidad y severidad según sea el factor involucrado y el grado de desviación de éste factor en relación a los rangos de normalidad (Agrios, 1988).

2.2.2.1 Déficit hídrico

El daño se debe a que la pérdida de agua a través de las hojas es mayor a la cantidad absorbida por las raíces y puede estar dado por una humedad inadecuada del suelo durante largos períodos o por falta de precipitaciones (Ostry y Nicholls, 1978). Dependiendo del grado de marchitez, ésta puede comprometer sólo los tejidos juveniles y suculentos o bien toda la planta. Como primer síntoma hay marchitez progresiva de los brotes terminales y tejidos suculentos. Posterior a esto, se observa decoloración y el margen de la hoja se torna color café y en algunos casos la necrosis avanza hacia el centro, como internerval, además de provocar la curvatura de la lámina y abscisión foliar. En grados más severos se llega a observar muerte apical, defoliación generalizada y agrietamiento del tronco, incluso pudiendo llegar a provocar la muerte del árbol (González, 1991; Parra *et al.*, 1999b). Además, los árboles en esta condición son más rápidamente atacados por hongos e insectos (Ostry y Nicholls, 1978), como es el caso de *Phoracantha semipunctata*, *Macrophomina phaseolina* o deficiencia de boro (González, 1997).

En estudios realizados por INFOR (Prado *et al.*, 1991), se determinó que para procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* establecidas en la región semiárida de Chile, existe una relación positiva entre la tasa de crecimiento y la resistencia a la sequía, observándose que las procedencias de Victoria Occidental, que corresponden a las con mayores tasas de crecimiento son también las menos dañadas por la sequía.

En ensayos de *Eucalyptus camaldulensis* ubicados en la V, VI y Región Metropolitana, el déficit hídrico corresponde al principal agente de daño. Las pérdidas estimadas a la edad de rotación (15 años) fluctúan entre 0,82 m³/ha en la VI Región y 45,6 m³/ha en la Región Metropolitana (Parra *et al.*, 1999a).

2.2.2.2 Heladas

Debido a las heladas, se produce una quemadura de los brotes y follaje cuando son leves, pero cuando son intensas, se produce la quemadura total del árbol, además de la rajadura de la corteza y oxidación del cambium (González, 1991) y los individuos que logran sobrevivir, presentan menores tasas de crecimiento. La susceptibilidad de las plantas al frío disminuye a medida que éstas crecen (Ostry y Nicholls, 1978).

Eucalyptus camaldulensis soporta bien el frío, salvo cuando las temperaturas son inferiores a 8°C bajo cero (Cozzo (1979), cit. por Deschamps y Wright, 1997).

2.2.2.3 Exceso de humedad

Las plantaciones de *Eucalyptus* soportan algunos días de anegamiento sin mostrar síntomas de efectos perjudiciales. Puede producir un crecimiento radicular superficial que aumenta la susceptibilidad de daño por viento (inclinación y desarraigamiento) o, en la mayoría de los casos, una restricción en el crecimiento, observándose fustes delgados con escaso follaje y síntomas de decoloración (clorosis o enrojecimiento). En *Eucalyptus* es un factor que contribuye a la ocurrencia de ataques de *Phytophthora* en las raíces (González, 1997).

Una de las cualidades de *Eucalyptus camaldulensis*, corresponde a su capacidad de resistir varios meses de anegamiento (Prado, J.A., 2000. Comunicación personal). Un ejemplo de esta situación es lo ocurrido en Argentina, donde plantaciones con esta especie de eucalipto, fueron cubiertas por agua poco tiempo después de su establecimiento, por una inundación del Delta del Paraná, la que no ocasionó mayores daños en la plantación (Cozzo (1976), cit. por Deschamps y Wright, 1997).

2.2.2.4 Desórdenes nutricionales

Debido a la rápida expansión de las plantaciones de eucaliptos en el mundo y la instalación de estas plantaciones en áreas degradadas, se han encontrado síntomas producto de desórdenes nutricionales no observados anteriormente en las zonas de distribución natural de este género (Dell *et al.*, 1995). El desbalance se produce por déficit o exceso de uno o más nutrientes, en muchos casos asociado al estrés hídrico y a la tasa de crecimiento de la plantación. Estos problemas se pueden producir durante todo el año, pero se ha observado una acentuación a comienzos de otoño (Ramírez *et al.*, 1992).

Los síntomas de carencia mineral pueden presentarse aún cuando no haya escasez del elemento en el suelo (FAO, 1981). Sus síntomas varían dependiendo del elemento que esté en déficit (Ostry y Nicholls, 1978). Normalmente, toman una de las cinco formas siguientes: clorosis (uniforme o internerval), necrosis de las hojas (muerte del tejido foliar), antocianosis foliar (enrojecimiento debido a la acumulación de pigmentos antociánicos), deformación de las hojas (hojas pequeñas, márgenes irregulares o lámina irregular) o muerte apical de los brotes (Dell *et al.*, 1995).

Por ejemplo, cuando se produce deficiencia de Nitrógeno (N) en *Eucalyptus camaldulensis*, los síntomas son una ligera clorosis, seguida de pigmentación rojiza en hojas, pecíolos y tallos, restringiéndose también la ramificación. Los síntomas se observan primero en hojas maduras (González y García, 1964).

Para el caso de la deficiencia de Boro (B), que se observa primero en follaje juvenil, se produce un amarillamiento de las hojas entre las nervaduras, comenzando por los bordes. El tejido a lo largo de las nervaduras sigue verde, pero más tarde se torna violáceo (Ramírez *et al.*, 1992). Las superficies más bajas de las hojas toman color verde claro y en algunos casos ocurre muerte de los brotes jóvenes de la parte superior de la copa (FAO, 1976). Cuando ocurre en *Eucalyptus camaldulensis*, el amarillamiento está confinado sólo a los márgenes (Dell *et al.*, 1995).

La toxicidad ocasionada por exceso de algunos elementos también puede tener gran importancia en el desarrollo de los eucaliptos. Este caso se presenta en *Eucalyptus camaldulensis*, donde los síntomas de fitotoxicidad debido a excesos de Niquel se observan como manchas cloróticas de pequeño tamaño en las hojas, las cuales están rodeadas en muchos casos por un halo antociánico (Dell *et al.*, 1995).

2.3 Bibliografía

- Agrios, G.N. 1988. Plant Pathology. Th. ed. USA, Academic Press, Inc. 803 p.
- Bain, J. 1977. *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) Gum-tree Weevil. New Zealand Forest Service. Forest and timber insects in New Zealand n°8. 4p.
- Belisario, A. 1993. Identification of *Phytophthora nicotianae* on the aerial portion of eucalypt seedlings. European Journal of Forest Pathology 23(2): 85-91.
- Brits, D. y Grey D. 1992. HL & H Forest Research. 35 p.
- Campbell, K.G. 1969. A note on the biology of *Uraba* (= *Roeselia*) *lugens* Walker, the gum-leaf skeletonizer. Journal of the Entomological Society of Australia (NSW) 6 (30).
- Cerda, L. 1996. *Chilecomadia valdiviana* (Philippi) (Lepidoptera, Cossidae). Insecto taladrador de la madera asociado al cultivo del *Eucalyptus spp.* en Chile. Nota Técnica Año 16 (32). Corporación Nacional Forestal, Programa Protección Sanitaria Forestal. 8p.
- Ciesla, W.M.; Diekmann, M. y Putter, C.A.J. 1996. *Eucalyptus spp.* FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm n° 17. 66p.
- Cogollor, G. y Ojeda, P. 1981. Un insecto taladrador del eucalipto *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera, Cerambycidae). Folleto de Divulgación Año 2 (6). Prospección Nacional Sanitaria Forestal. Convenio CONAF-Universidad de Chile. 4p.
- Cogollor, G. 1986. *Phoracantha semipunctata* en plantaciones de *Eucalyptus spp.* Revisión Bibliográfica. CONAF, FAO, PNUD. Proyecto DP/CHI/83/017 Investigación y Desarrollo de áreas silvestres zonas áridas y semiáridas. Documento de Trabajo N°6. 43 p.
- Coulson, R. y Witter, J. 1990. Entomología Forestal. Ecología y Control. México, Editorial Limusa. 751p.
- Coutinho, T.A. s/f a. Bacterial wilt of *Eucalyptus*. Tree Pathology Co-operative Programme, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria.
- Coutinho, T.A. s/f b. Botryosphaeria canker and die-back of *Eucalyptus*. Tree Pathology Co-operative Programme, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria.

- Coutinho, T.A. s/f c. *Cryphonectria* canker of *Eucalyptus*. Tree Pathology Co-operative Programme, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria.
- Coutinho, T.A. s/f d. *Eucalyptus* rust. Disease alert. Tree Pathology Co-operative Programme, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria.
- Crous, P.W., Knox-Davies, P.S. y Wingfield, M.J. 1989a A list of *Eucalyptus* Leaf Fungi and their Potential Importance to South African Forestry. Suid Afrikaanse Bosboutydskrif n° 149.
- Crous, P.W., Knox-Davies, P.S. y Wingfield, M.J. 1989b. A Summary of Fungal Leaf Pathogens of *Eucalyptus* and the Diseases they Cause in South Africa. Suid Afrikaanse Bosboutydskrif n° 149.
- Crous, P.W.; Knox-Davies, P.S. y Wingfield, M.J. 1989c. Infection studies with *Phaeoseptoria eucalypti* and *Coniothyrium ovatum* on *Eucalyptus* spp. South African Forestry Journal, 149: 30-35.
- Crous, P.W.; Phillips, A. y Wingfield M. 1991. The Genera *Cylindrocladium* and *Cylindrocladiella* in South Africa, with special reference to forest nurseries. Suid Afrikaanse Bosboutydskrif n°157.
- Dell, B.; Malajczuk, N. y Grove, T.S. 1995. Nutrient Disorders in Plantation *Eucalyptus*. Canberra, ACIAR. 110 p.
- Deschamps, J. y Wright, J. 1997. Patología Forestal del Cono Sur de América. Buenos Aires, Orientación Gráfica Editora S.R.L. 237p.
- Dianese, J.C. 1984. Response of *Eucalyptus* species to field infection by *Puccinia psidii*. Plant Disease 68(4):314-316.
- Dick, M. 1982. Leaf inhabiting fungi of *Eucalyptus* in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science 12(3): 525-537.
- Elliot, H.J. y deLittle, D.W. 1985. Insect pest of trees and timber in Tasmania. Tasmania, Forestry Commission. 90p.
- FAO. 1976. Draft *Eucalyptus* for planting. 2ª de. Roma, FAO. 398 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO Montes n° 11. Roma, FAO. 723p.
- Ferreira, F. A. 1986. Enfermidades do eucalipto. Inf. Agropecuario Belo Horizonte 12(141):59-70.
- Floyd, R.; Farrow, R. y Neumann, F. 1994. Inter and intra-provenance variation in resistance of red gum foliage to insect feeding. Australian Forestry 57:45-48.

- Floyd, R. y Raymond, C. 1998. Insect resistance of *Eucalyptus* species in Australia. In: Actas Congreso Internacional de Plagas Forestales, Pucón, Chile, 18 al 21 de Agosto 1997. pp:249-257.
- Gadgil, P. y Dick, M. 1983. Fungi *Eucalyptorum novaezelandiae*: *Septoria pulcherrima* sp. nov. and *Trimmatostroma bifarium* sp. nov. New Zealand Journal of Botany 21: 49-52.
- Gibson, I. 1975. Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and southern hemisphere. Part I. Important members of the Myrtaceae, Leguminosae, Verbenaceae and Meliaceae. Oxford, CAB, CFI. 51p.
- González, G. 1991. Patología del género *Eucalyptus* en Chile. CONAF, Centro Nacional de Capacitación Forestal Escuadrón VIII Región.
- González, G. 1997. Curso Sanidad en eucaliptos y estimaciones de severidad de los síntomas asociados a enfermedades, 13-15 de Mayo 1997. Concepción, Universidad de Concepción, Centro de Sanidad de Bosques y Productos Forestales Primarios. pág. irreg.
- González, E. y García, J.J. 1964. Algunos aspectos de la nutrición nitrogenada en plantitas de eucalipto. España, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Anales 1964.
- González, G. y Parra, P. 1994. Enfermedades foliares en un ensayo de procedencias y familias de *Eucalyptus globulus* spp. *globulus*, Cauquenes VII Región, Chile. In: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile, Pucón, Chile, 24 al 26 de Nov 1993. Instituto Forestal. pp 321-338.
- Heerden, S.W. van; Wingfield, M.J.; Couthino, T.; van Zyl, L.M. y Wright, J.A. 1997. Diversity of *Cryphonectria cubensis* isolates in Venezuela and Indonesia. In: Anais da Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos, Salvador, Brasil, 24-29 Agosto 1997. V. 3, pp:142-146.
- Hodges, C. 1964. Seed and seedling diseases of forest trees of the world. In: FAO/IUFRO Symposium on Internationally dangerous forest diseases and insects, Oxford 20-29 July 1964. Roma, FAO. pág. irreg.
- Kile, G.A. 1994. Pathogen and Pest Threats to Chilean Eucalypt Plantations. In: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile, Pucón, Chile, 24 al 26 de Nov 1993. Instituto Forestal. pp: 305-320.
- Macara, A.M. 1988. Nemátodos asociados a plantas forestales en Portugal. Bol. San. Veg. Plagas 14:185-225.
- MacRae, S. 1991. Development of a biological control agent for termites (*Macrotermes natalensis*). I. Selection of potential biocontrol bacteria, biocontrol substance

- and the development of a suitable protocol. In: IUFRO Symposium Intensive Forestry: The role of *Eucalyptus*, Durban, South Africa, 2-6 September 1991. pp: 773-783.
- Marks, G.C.; Fuhrer, B.A. y Walters, N.E.M. 1982. Tree Diseases in Victoria. Australia, Forest Commission Victoria, Handbook n° 1. 149 p.
- Ojeda, P. 1994. *Gonipterus scutellatus* Gyll. Insecto defoliador de *Eucalyptus*. Nota Técnica Año 14 (22). Corporación Nacional Forestal, Protección Fitosanitaria Forestal. 8p.
- Ostry, M.E. y Nicholls, T.H. 1978. How to Identify and Control Noninfectious Diseases of Trees. Minnesota, USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 16p.
- Paine, T.D.; Malinosky, M. y Scriven, G. 1990. Rating *Eucalyptus* vigor and the risk of insect infestation: leaf surface area and sapwood: heartwood ratio. Can. J. For. Res. 20: 1485-1489.
- Paine, T.D.; Millar, J.G. y Hanks, L.M. 1998. Biology of the *Eucalyptus* longhorned borer in California. In: Actas Congreso Internacional de Plagas Forestales, Pucón, Chile, 18 al 21 de Agosto 1997. Pp: 366-370.
- Parra, P.; González, M.; Kahler, C.; Cabrera, P.; Salinas, F.; Chung, P.; Cohen, M.; Salinas, A. y Carrasco, R. 1999a. Informe final Proyecto FDI-CORFO Prospección y Evaluación fitosanitaria en especies del género *Eucalyptus*. Santiago, Chile. 85p + 5 anexos.
- Parra, P.; Valencia, J y González, M. 1999b. Manual de detección y evaluación sanitaria en eucalipto. INFOR Manual n°24. Santiago, Chile. 125p.
- Parra, P. y González, M. 1999c. Gorgojo del eucalipto. Grupo I. Insectos. Informativo Sanitario Forestal n°2. Santiago, Chile. 11p.
- Pérez, C. y Pinar, A. 1999. Antecedentes sobre *Phoracantha recurva* (Coleoptera: Cerambycidae), Taladrador del eucalipto (Yellow Longicorn-Yellow Phoracantha). Nota Técnica Año 19 (36). Corporación Nacional Forestal, gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal, Programa Protección Sanitaria Forestal. 8p.
- Prado, J.A.; Infante, P.; Ipinza, R.; Bañados, J.C. 1991. Juvenile growth and drought resistance of 166 families of *Eucalyptus camaldulensis* in the semi-arid region of Chile. In: IUFRO Symposium. Intensive Forestry: The Role of Eucalypts. Proceedings. Durban, South Africa. 2-6 de Septiembre. Vol. 1: 276-286.
- Quiniones, S.S y Dayan, M.P. 1983. Notes on Philippine forest tree diseases: III. Fast growing species and others. Sylvatrop 8: 2-4, 175-184.

- Ramírez, O.; Baldini, A. y Friz, R. 1992. Daños bióticos y abióticos en eucalipto: guía de reconocimiento. CONAF, CORMA X Región, FAMASA. [94p].
- Rúprez, A. y Muñoz, M.C. 1980. Enfermedades de los eucaliptos en España. Boletín Servicio de Plagas 6: 193 - 217.
- SAG. 1999a. Gorgojo del eucalipto *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera, Curculionidae). Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de Protección Agrícola, Sub-Departamento Vigilancia Fitosanitaria. Tríptico.
- SAG. 1999b. Detección y control del gorgojo del eucalipto *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal en Chile (Coleoptera: Curculionidae). Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile. 43p.
- Sharma, J.K.; Mohanan, C. y Florence, E.J.M. 1985. Occurrence of *Cryphonectria* canker disease of *Eucalyptus* in Kerala, India. Annals of Applied Biology 106(2): 265-276.
- Shaw, C. y Kile, G. 1991. *Armillaria* root disease. USDA, Forest Service, Handbook n° 691. 233p.
- Soni, K.K. y Dadwal, V.S. 1985. Charcoal root and stem rot of *Eucalyptus*. European Journal of Forest Pathology 15(7): 397-401.
- Swart, H.J. y Walker, J. 1988. Australian leaf-inhabiting fungi. XXVIII. *Hendersonia* on *Eucalyptus*. Trans. Br. mycol. Soc. 90(4): 633-641.
- Swart, H.J. y Wingfield, J. 1991. *Cryphonectria* canker of *Eucalyptus* spp, in South Africa. In: IUFRO Symposium Intensive Forestry: The role of *Eucalyptus*, Durban, South Africa, 2-6 September 1991. pp: 806- 810
- Torés, J.A. y Segarra, J. 1996. Oídios. In: Llácer, G., ed.; López, M.M., ed.; Trapero, A., ed.; Bello, A, ed. Patología Vegetal. Tomo II. Sociedad Española de Fitopatología. pp: 821-845.
- Viljoen, A.; Wingfield, M. y Crous, P. 1992. Fungal Pathogens in *Pinus* and *Eucalyptus* Seedling Nurseries in South Africa: a review. Suid Afrikaanse Bosboutydskrif n° 161. pp: 45-51.
- Wingfield, M.; Crous, P. y Peredo, H. 1995. A Preliminary. Annotated List of Foliar Pathogens of *Eucalyptus* spp. in Chile. Suid Afrikaanse Bosboutydskrif n° 173. pp: 53-57.
- Zanuncio J.C.; Porto Santos, G.; Zanunico, T. y Molina-Rugama, A.J. 1998. Plagas en las plantaciones de rapido crecimiento en Brasil. In: Actas Congreso Internacional de Plagas Forestales, Pucón, Chile, 18 al 21 de Agosto 1997. Pp: 322-331.

III VIVERIZACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

Las regiones semiáridas se caracterizan por presentar un frágil equilibrio ecológico y por estar sometidas a una constante presión antrópica derivada de la demanda por combustibles leñosos, los cuales, en forma de carbón y leña son extraídos desde las escasas formaciones vegetales existentes. Este fenómeno, manifestado históricamente, ha contribuido a disminuir cada vez más la cubierta vegetal y aumentar la degradación de los suelos. Por lo anterior, el establecimiento de una cubierta vegetal es una necesidad imperiosa, tanto para fines de producción como de protección, perfilándose el *Eucalyptus camaldulensis* como una especie favorable para satisfacer ambos requisitos.

Las zonas áridas y semiáridas del país representan un medio difícil para establecer plantaciones forestales, debido a las escasas precipitaciones, al largo período de sequía en el año y a los suelos con fertilidad limitada y con algún grado de erosión. Por este motivo se requiere de técnicas intensivas que favorezcan el desarrollo radicular y reduzcan el efecto de la competencia. Además, como las condiciones de sitio son tan variadas, son muchas las alternativas de establecimiento que pueden emplearse, pero para lograr el éxito deseado se deben considerar todos los aspectos que involucra una plantación, que abarcan desde la producción de plantas hasta los cuidados posteriores a ella.

3.1 Propagación

Eucalyptus camaldulensis no presenta problemas de importancia que dificulten su propagación en términos vegetativos o germinativos. Posee una excelente capacidad de retoñación de tocón y en condiciones favorables de precipitación, presenta una buena regeneración natural.

3.1.1 Propagación germinativa

3.1.1.1 Abastecimiento de semillas

En Chile, *Eucalyptus camaldulensis* se encuentra en poblaciones muy reducidas o sólo en pequeñas parcelas experimentales, por lo que se recomienda recurrir a proveedores comerciales de Australia, quienes proveen semillas de la especie en cantidades comerciales especialmente de la zona de Lake Albacutya (Barros, 1991). En estos casos se considera indispensable conocer la fecha de recolección y la procedencia de las semillas (Parra, 1986; Barros, 1991), así como las procedencias más adecuadas a las condiciones del sector a forestar (en este caso Lake Albacutya).

¹Ingeniero Forestal, Instituto Forestal

²Ingeniero Forestal (e), Instituto Forestal

Actualmente INFOR posee ensayos de progenie de *Eucalyptus camaldulensis*, los cuales transformará en áreas para la producción de semillas con algún grado de mejora, con el fin de venderlas con certificación genética. Actualmente el costo de las semillas sin ningún grado de mejoramiento genético es aproximadamente de U\$100/kilo y se estima que con esta mejora 1 kilo de semillas tendrá un valor cercano a US\$ 550 (Molina³, 1998).

En Australia se han definido dos variedades de *Eucalyptus camaldulensis*: la del norte, cuyas semillas se pueden coleccionar desde abril a junio, y la del sur, las cuales se cosechan en julio - agosto (Venkatesh y Sharma, 1975). En Chile, la colecta de las semillas se realiza entre marzo y agosto (Barros, 1991), cuando los frutos maduran y adquieren un color castaño oscuro, y están duros y leñosos (Parra, 1986; Barros, 1991).

La cosecha de las semillas se puede efectuar de diversas formas. La más simple es recolectarla durante faenas de explotación, pero generalmente debe hacerse desde árboles en pie. Para esto se pueden utilizar tijeras telescópicas, escalar los árboles, cuerdas con sierras flexibles, e incluso armas de fuego con mira telescópica (Midgley, 1988; Barros, 1991).

Posteriormente deben secarse los frutos en lugares ventilados para evitar el ataque de hongos, y a no muy altas temperaturas ya que afectan la viabilidad de las semillas. Se puede realizar el secado en hornos, cuando el clima es frío y húmedo, o al aire libre, esparciendo los frutos en una lona o plástico. No se tiene antecedentes de cuantos días demora la apertura de frutos en *Eucalyptus camaldulensis*, pero en general para las especies de eucaliptos es de 3 a 4 días (Barros, 1991).

La longevidad de las semillas no es conocida, y depende también de las condiciones en que sea conservada. En general, las semillas de los eucaliptos se mantienen viables por 5 - 20 años si son almacenadas con un contenido de humedad de 8 - 10%, en envases sellados y a una temperatura de 3 - 5 °C. Las semillas de la mayoría de las especies del género pueden ser almacenadas por 10 años a temperatura ambiente, pero con cierta pérdida de viabilidad (Boland *et al.*, 1980 cit. por Barros, 1991).

Se ha observado que a temperatura ambiente (24 °C), la germinación, vigor y calidad de semillas de *Eucalyptus camaldulensis* se conserva por más de 8 años (Doran *et al.*, 1987 cit. Midgley, 1988). Sin embargo, en otras investigaciones se menciona que bajo estas condiciones de almacenamiento se produce un deterioro, recomendando un sistema refrigerado, con temperaturas de 15 °C para un almacenamiento por largo período (Midgley, 1988).

Para almacenar las semillas debe considerarse un tratamiento contra hongos e insectos; por ejemplo, se puede aplicar Pomarsol H (2-3 g/kg), Phostoxin (1 pastilla/100 kg) (Barros, 1991).

Eucalyptus camaldulensis produce una buena cosecha de semillas generalmente cada dos años. El porcentaje de germinación es alto y las semillas tienen alta viabilidad si se almacenan selladas, en un lugar frío y seco (NAS y CATIE, 1984).

³ Molina, M. P. Ingeniero Forestal. INFOR Concepción. Comunicación Personal.

3.1.1.2 Pretratamiento de semillas

Las semillas de la mayoría de las especies del género *Eucalyptus* germinan sin necesidad de tratamientos pregerminativos. Este es el caso de *Eucalyptus camaldulensis* (NAS y CATIE, 1984; Barros, 1991; Serra, 1997). Sin embargo, de las especies comerciales cultivadas en Chile, la mayoría requiere estratificación en frío para lograr una buena germinación.

3.1.1.3 Procedencia de semillas

La procedencia de las semillas es un factor de gran importancia, ya que puede ser decisivo para el éxito de las nuevas plantaciones (Barros, 1991).

Eucalyptus camaldulensis es una especie de gran variabilidad debido a su amplia distribución natural en Australia, la cual comprende diversos climas y suelos. (Barros y Rojas, 1987; Barros, 1991).

Se han encontrado variaciones entre procedencias en características morfológicas (flores y hojas, rectitud del fuste) y en características fisiológicas (velocidad de crecimiento en vivero, resistencia al frío, resistencia a la sequía, tasa de crecimiento y habilidad para tolerar suelos con condiciones especiales) (Hillis y Brown, 1978; Boland *et al.*, 1980, cit. por Barros, 1991).

Ensayos de mejoramiento genético de esta especie a nivel de procedencia y progenie, han evidenciado una clara superioridad de las procedencias australianas con relación a las nacionales (Gutiérrez y Chung, 1993; Alvear y Gutiérrez, 1995). De éstas, se ha destacado la procedencia Lake Albacutya en las comunas de Casablanca, La Ligua, Melipilla y Lolol (Op. cit.). Otros estudios también han demostrado que la procedencia Lake Albacutya se ha comportado sobresalientemente tanto en sobrevivencia como en crecimiento a lo largo de toda la región semiárida central de Chile (Barros, 1988, Barros, 1990).

En *Eucalyptus camaldulensis* se pueden esperar importantes beneficios como resultado de una adecuada selección de la procedencia, sin embargo, es importante continuar con el proceso de selección, con el objeto de obtener árboles de rápido crecimiento, con buena forma y especialmente para soportar períodos largos de sequía (Eldridge y Cromer, 1987; Bellefontaine *et al.*, 1979; Lacaza, 1977 cit. por Prado *et al.*, 1991).

3.1.2 Propagación vegetativa

A través de las diferentes técnicas de propagación vegetativa se han podido mantener las características favorables de los eucaliptos, tales como tasa de crecimiento, producción de biomasa, productividad y calidad de pulpa, entre otras (Papertree Economics, 1985; Chaperon, 1987; Campinhos, 1987, cit.por Aguirre y Arce, 1988).

Es por esta razón que la implementación de técnicas de propagación clonal de individuos seleccionados, ya sea de buenas características productivas y/o resistentes a condiciones desfavorables, se presenta como una etapa básica y crucial en un programa de mejoramiento genético (Op. cit.).



FIGURA 1: Regeneración de tocón en *Eucalyptus camaldulensis*.

3.1.2.1 Macropropagación

La técnica de injertación en *Eucalyptus* se ha utilizado en la preservación de brotes florales para efectuar polinización controlada y así obtener semillas de huertos semilleros. También se ha empleado para preservar un genotipo seleccionado, el cual se quiere propagar clonalmente o para obtener rejuvenecimiento de tejidos adultos y así lograr material para arraigamiento por estacas (Aguirre y Arce, 1988).

Rojas *et al.* (1987), evaluó la propagación vegetativa de *Eucalyptus camaldulensis* por medio de estacas (cuttings) provenientes de rebrotes de tocón en condiciones ambientales controladas. Las estacas fueron obtenidas de vástagos provenientes de rebrotes, con 2 pares de hojas y un diámetro de tallo de 3 a 4 mm. Fueron sumergidas en una solución de 140

ppm de Benlate durante 15 minutos y luego se aplicó ácido indol butírico, en concentraciones de 2.000, 5.000 y 8.000 ppm. Las estacas se plantaron en dos tipos de sustrato, vermiculita y vermiculita turba (1:1), bajo condiciones controladas de temperatura, luminosidad y humedad, y en sustratos vermiculita y vermiculita - turba (1:1). Los resultados obtenidos no demostraron diferencias significativas en la concentración de la hormona, ni en el tipo de sustrato, siendo en términos de crecimiento relativo, superior la concentración 2.000 ppm y sustrato de vermiculita, ambas variables evaluadas en forma independiente.

Esto indicaría que el porcentaje de arraigamiento de estacas de esta especie está determinada genotípicamente (Paton, 1983, cit. por Rojas *et al.*, 1987).

Se recomienda la aplicación preventiva de fungicidas sistémicos y además fertilizantes foliares junto al riego (por ejemplo Poliverdol en dosis de 1 gr/l) (Aguirre y Arce, 1988).

El híbrido entre *Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus* es interesante ya que podría conjugar las características de *E. globulus* con la capacidad de resistir a la sequía y facilidad de enraizamiento de *Eucalyptus camaldulensis*. Se evaluó la capacidad de enraizamiento en invernadero en Concepción y Valdivia, trabajando con 4 progenies de distinto origen. Los ensayos se establecieron en el mes de mayo con estacas cosechadas de plantas madres podadas, con el objeto de aumentar el número de brotes apropiados para la confección de éstas. Se utilizó la porción media de la rama utilizada, dejando al menos un nudo y un par de hojas basales por cada rama cosechada. Las estacas se remojaron en una solución fungicida (Benlate 0,4 gr/l (Comp. Activo Benomilo 50 wp) más Captan 0,2 gr/l (Comp. Activo Captan)) para posteriormente proceder con la aplicación de hormonas, la inserción de las estacas en los tubetes y su distribución en las mesas de propagación. Durante el proceso de propagación se aplicó fungicida 3 veces por semana, alternando los productos. En este tipo de prueba puede considerarse la aplicación de fertilizante foliar. Se deben extraer hojas y estacas muertas con el objeto de controlar las condiciones sanitarias (Rojas *et al.*, 1987).

En ambos ensayos se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, tanto para la sobrevivencia como para el enraizamiento ($\alpha = 0,05$). Sin embargo, estas diferencias obedecen al efecto de las progenies, no siendo significativo el efecto de la hormona o el tipo de sustrato utilizado en los ensayos de Valdivia y Concepción, respectivamente (Op. cit.).

Las progenies puras de *Eucalyptus camaldulensis* sobrevivieron y enraizaron notablemente mejor que las híbridas. Además, pese a que el enraizamiento de las progenies híbridas fue mejor que *E. globulus*, presentaron un comportamiento muy variable (Rojas *et al.*, 1987). La capacidad de enraizamiento en el ensayo de Concepción fue menor que en Valdivia (41,6 y 52,7 %, respectivamente) posiblemente por el manejo de las plantas madres, más que por las distintas condiciones ambientales de cada ensayo (Op. cit.).

La ausencia de efectos estadísticamente significativos entre las distintas dosis de hormona y sustratos, confirma que en especies de fácil enraizamiento, el rango efectivo en que se pueden manejar las variables que inciden en el enraizamiento es más amplio que en especies de menor capacidad rizogénica (Rojas *et al.*, 1987).

En ensayos de injertación se ha utilizado *Eucalyptus camaldulensis* como patrón y como púa de plantas juveniles y adultas. En el primer caso, las plantas pueden ser producidas en macetas y al momento de realizar el injerto se cortan a unos 30-35 cm de altura, dejando al menos dos brotes laterales. Se aconseja realizar la técnica de hendidura simple que da buenos resultados y ha sido el método preferido para propagar especies forestales (Burgess, 1974, cit. por Aguirre y Arce, 1988). Las púas deben lavarse con agua corriente y posteriormente ser desinfectadas en una solución de fungicida Benlate al 0,02 %. Una vez realizada la unión, se cubre la zona del injerto con una cinta de teflón, previniendo la entrada de aire o desprendimiento de las zonas de unión. Posteriormente las plantas injertadas deben colocarse en invernadero (Aguirre y Arce, 1988). Utilizando *Eucalyptus camaldulensis* como patrón y *E. globulus* juvenil como púa se han obtenido resultados de 66,7 % de sobrevivencia; en cambio el proceso inverso sólo responde en un 16,7 % para púas jóvenes y aumenta a 73,3% con púas adultas. En injertos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus camaldulensis* (púa adulta) se obtuvo una respuesta de 60 % de sobrevivencia (Op. cit.).

3.1.2.2 Micropropagación

Eucalyptus camaldulensis se ha propagado con la técnica de cultivo in vitro a partir de segmentos nodales de plantas de dos años, cultivados en un medio nutritivo cuya formulación corresponde a Murashige & Skoog, que está compuesto por macronutrientes, vitaminas, reguladores de crecimiento, como fuente de carbono sacarosa y agar como gelificante (Videla, 1996).

Las condiciones de cultivo son controladas cuidadosamente, manteniendo un fotoperíodo, intensidad lumínica y temperaturas constantes. Se debe evitar la contaminación debido a que puede provocar la pérdida total del material que se está propagando (Op. cit.).

El enraizamiento, etapa fundamental en la micropropagación, se puede realizar in vitro y ex vitro. Para realizar la inducción radicular se pueden utilizar auxinas, entre las que destacan AIB, ANA y AIA, en combinación o en forma individual (Op. cit.).

Posteriormente se debe realizar una etapa de aclimatación al sustrato del material cultivado in vitro; se trasplantan las plantas arraigadas a bandejas con sustrato consistente en una mezcla de turba y arena, y se cubren para evitar la pérdida de humedad, retirando la protección paulatinamente hasta que, después de 30 días las plantas no muestran signos de deshidratación. Por último las plantas se trasladan a invernadero (Op. cit.).

Con la metodología de propagación in vitro expuesta se ha obtenido entre 10 a 12 brotes por explante, porcentaje de enraizamiento entre un 80 y 90% y una sobrevivencia del 70% en la etapa de aclimatación (Op. cit.).

En el mismo tema Videla y Chung (1998) realizaron un ensayo con segmentos nodales de tres especies de *Eucalyptus* de dos años de vivero. El objetivo fue evaluar la inducción de brotes múltiples a partir de estos segmentos. Cada una de las especies fue sometida a un medio de cultivo y concentraciones hormonales. Después de 8 semanas, se apreció que el mejor medio de cultivo fue el de Murashige & Skoog suplementado con una mezcla de BAP + ANA, ya que la rapidez en la respuesta y cantidad de brotes obtenidos fue superior en las tres especies respecto a la mezcla BAP + AIB. En ambos medios de cultivo, los resultados de *Eucalyptus camaldulensis* fueron mayores a los obtenidos en *E. globulus* y *E. nitens*.

La micropropagación in vitro de segmentos nodales y apicales de *Eucalyptus camaldulensis* ha tenido excelentes resultados (Aguirre y Arce, 1988). Estos autores efectuaron ensayos in vitro utilizando segmentos nodales y apicales de 10 - 15 cm con una o más yemas. Recomiendan que primero deben lavarse en abundante agua, desinfectarse en alguna solución fungicida como Captan (al 0,02 %) durante 10 minutos, sumergirse en una solución de hipoclorito de sodio comercial al 5 % por 6 minutos y por último lavarse en agua destilada estéril. Usaron como medio de cultivo la solución nutritiva Murashige & Skoog, colocándose los segmentos en cámara de cultivo con fotoperíodo de 12 horas, luminosidad de 100 Em²/seg y una temperatura media de 23°C. Al medir la capacidad rizogénica utilizando diferentes concentraciones de ácido naftalenacético (ANA), benciladenina (BA) y ácido giberélico (GA3) se observó que se pudo inducir la brotación de los segmentos entre un 52 y un 96 %, dependiendo de la concentración de fitohormonas. Los porcentajes más altos correspondieron a aquellos que contenían ANA y BA. Se logró inducir raíces con ácido naftalenacético (0,01 - 0,03 mg/l) entre un 42 y un 82 %, como se aprecia en el Cuadro 1 y Figura 2.

CUADRO 1

Micropropagación de *Eucalyptus camaldulensis* a partir de segmentos nodales y apicales

Tratamiento	Fitohormonas (mg/l)			Respuesta observada (%)		
	ANA	BA	GA3	Brotación	Callos	Rizogénesis
1	-	0,1	0,01	52	8	0
2	0,01	0,1	-	96	60	62
3	0,1	0,01	-	90	75	82
4	0,3	0,1	0,01	85	94	42

Fuente: Aguirre y Arce, 1988.

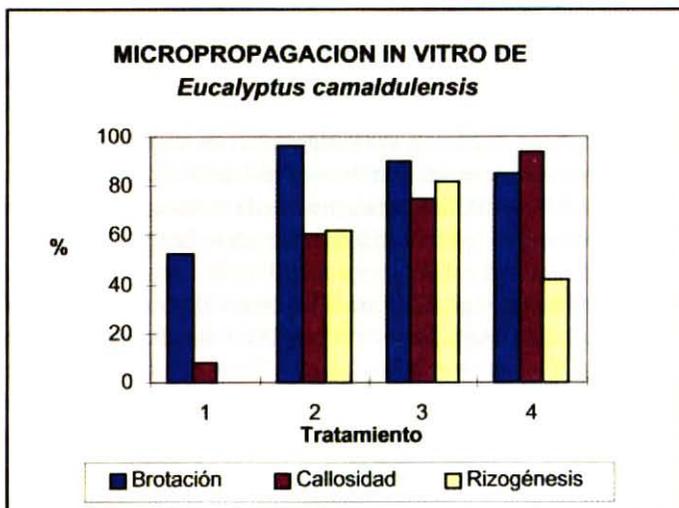


FIGURA 2: Gráfico de porcentaje de respuesta de *Eucalyptus camaldulensis* según tratamiento. Fuente: Aguirre y Arce, 1988.

3.2 Producción de plantas

Para plantaciones en zonas áridas y semiáridas, donde las condiciones de terreno y clima suelen ser desfavorables, es altamente recomendable la producción de plantas en contenedores o macetas, las cuales tienen un costo de producción superior a las plantas viverizadas a raíz desnuda, pero tienen un mayor porcentaje de prendimiento al momento de la plantación (Montero, 1987).

Otro factor de relevancia en la producción de plantas es la ubicación del vivero. La localización de éste, debe considerar entre otros factores, la accesibilidad del lugar, la distancia a los sectores de plantación y la disponibilidad de agua. En general, deben evitarse los lugares expuestos a heladas y vientos fuertes; los terrenos deben ser planos, con una ligera pendiente que permita escurrir las aguas de riego y lluvias.

3.2.1 Contenedores

Para zonas con déficit hídrico, la producción de plantas a raíz cubierta es el método más recomendado y se pueden utilizar macetas de polietileno negro y contenedores.

La producción de plantas en maceta es ampliamente utilizada para obtener plantas destinadas a zonas semiáridas y se ha obtenido buenos resultados con bolsas de polietileno de 10 x 20 cm. (Barros y Rojas, 1987). La mayor ventaja de este sistema en zonas semiáridas, donde existen limitantes edáficas e hídricas, es la mayor cantidad de sustrato que acompaña a la planta al momento del establecimiento, lo cual otorga mayor probabilidad de sobrevivencia.

si las condiciones del sitio son deficitarias. Las desventajas asociadas a la producción en maceta, dicen relación con la malformación de raíces principales y secundarias, lo que provoca un pobre desarrollo y ocasionalmente la muerte de la plantación al 3er o 4º año de establecimiento. Además, se incrementa el costo de establecimiento, producto del mayor costo del traslado desde los viveros al sitio de forestación.

Los contenedores constituyen el sistema más utilizado en la producción de plantas a gran escala, principalmente ocupado en viveros de grandes empresas forestales del país. Existen diversos tipos de contenedores, siendo los principales bandejas plásticas de polietileno con cavidades de tamaños diversos (45, 55 y 75 cc, entre los más utilizados). Otro tipo de contenedor son los tubetes, que se caracterizan por ser unidades independientes con tamaños de 68, 90, 98 y 120 cc. Los contenedores, en general, son sometidos a un baño de desinfección con hipoclorito, Plazdip para evitar la penetración de raíces y oxiclورو de cobre para inhibir el crecimiento radicular lateral, manteniéndola latente y favoreciendo el desarrollo de raicillas laterales mejorando la estructura radicular. La mezcla utilizada se compone de 50 litros de Plazdip, 180 a 200 litros de agua y 28 kg de oxiclورو de cobre (INFOR-FONDEF, 1994). Las ventajas de estos tipos de contenedores es que permiten una muy buena formación y estructura del sistema radicular y facilidad para el traslado de las plantas al lugar de plantación. La mayor desventaja se asocia principalmente al reducido volumen de sustrato que acompaña a la planta al momento del establecimiento, lo cual provoca en zonas semiáridas un fuerte shock, repercutiendo en un bajo prendimiento, si la plantación no se realiza en las condiciones adecuadas.

La opción más recomendada para producción de *Eucalyptus camaldulensis* es la utilización de contenedores que contengan un mayor volumen de sustrato, rescatando así las mejores ventajas de ambos sistemas de producción de plantas en vivero.

3.2.2 Sustrato de viverización

El sustrato a utilizar dependerá del sistema de producción a emplear. De esta forma, la conformación del sustrato para producción de plantas en contenedores se compone básicamente de corteza de pino descompuesta y sin taninos. La corteza puede ser adquirida en plantas productoras de taninos, donde ésta se produce como desecho, la cual debe ser chancada y tamizada para obtener una granulometría homogénea. Existen variadas opciones de preparación de sustrato con corteza de pino. Una es combinar un 70% de corteza, 20% de arena y un 10% de turba. La arena asegura un flujo de aireación adecuado y la turba aumenta la capacidad de retención de humedad.

El otro tipo de sustrato se utiliza para plantas en maceta y se constituye principalmente de arena, tierra del lugar y tierra de hoja, manteniendo las proporciones de 1:3:1, respectivamente (Serra, 1997). También se han obtenido buenos resultados con proporciones de 25% de arena, 25% de tierra del lugar y 50% de tierra de hoja.

Independiente del tipo de sustrato que se utilice, éste debe ser esterilizado previo al llenado de contenedores o macetas para eliminar semillas de maleza, insectos y hongos. El producto más utilizado para este fin es el bromuro de metilo en dosis de una "bombona" (cápsula de

680 gr) para esterilizar 3 m³ de sustrato. Debido a que este compuesto es un gas tóxico para el hombre y para los animales, normalmente incluye clorpicrina (dosis de 20-30 cc/m³ de sustrato), que es un gas de efecto lacrimógeno para detectar cualquier escape (Barros, 1991; Serra, 1997). Además, se aplica fungicida para prevenir ataques de hongos, Furadon, (compuesto activo Carbofuran) en dosis de 7cc en 12 litros de agua, más 100 gramos de Captan para 10 m³ de sustrato (INFOR-FONDEF, 1994).

3.2.3 Siembra

El tiempo de permanencia de las plantas en vivero y el tamaño que se desea alcanzar, presenta directa relación con la época de siembra (Montero, 1987). Las semillas provenientes de especies de rápido crecimiento, como *Eucalyptus camaldulensis*, se deben sembrar a fines de primavera, para favorecer el poder germinativo (Goor, 1967, cit. Montero, 1987). En la zona semiárida de Chile se recomienda su siembra entre los meses de octubre a noviembre (Serra, 1997). En la zona central del país se aconseja sembrar las semillas durante la segunda quincena de noviembre, ya que una temperatura adecuada para la germinación es de aproximadamente 20 °C (Parra, 1986; Barros, 1991).

La siembra en sistemas de contenedores se puede efectuar en forma automatizada o manual. La siembra manual se hace utilizando dosificadores de tipo hortícola, sembrando 2 a 3 semillas por receptáculo, ya que resulta más fácil ralear que repicar, tapando luego la semilla con un sustrato más fino y realizando un riego a baja presión.

Otro método ampliamente utilizado es la siembra en almacigueras y posterior repique hacia los contenedores o macetas. Un sistema que entrega buenos resultados es el uso de cajas de 60x40 cm y 10 cm de altura, plásticas o de madera, en las cuales se siembra semilla para obtener unas 1.000 plántulas. El sustrato debe ser esterilizado a fin de eliminar insectos, hongos y semillas de maleza (INFOR-FONDEF, 1994). Se recomienda el uso de arena o vermiculita como sustrato, pero puede utilizarse tierra vegetal. Estas almacigueras deben estar en condiciones de semisombra para que ocurra la emergencia de las plántulas; esta condición se puede obtener mediante un sombreadero de malla plástica negra, ramas u otro material logrando una cobertura ideal de 30-50% de semisombra (Serra, 1997). Durante las primeras semanas se debe regar con aspersor 2 veces al día, para luego continuar con un riego diario. Además, se debe realizar aplicaciones preventivas de fungicida e insecticida.

3.2.4 Control Químico y Fertilización

En las distintas etapas de producción de plantas se debe aplicar productos químicos con el objeto de controlar enfermedades, plagas y malezas ya que las plantas en los viveros son susceptibles de ser atacadas tanto por agentes bióticos tales como bacterias, hongos, insectos, nemátodos y roedores, y por agentes abióticos como insolación, heladas y deficiencias nutricionales entre otros (Parra, 1986). En términos generales se recomienda aplicar un fungicida 8 días después de la siembra, como por ejemplo Fenaminosulf en dosis de 1 gr/m² o Metiran (25 gr/100 l de agua). Esta aplicación se repite durante la emergencia de las plántulas y 5 días después de emergida la totalidad de las plantas (Op. cit.).

El control químico de malezas se realiza mediante la aplicación de herbicidas como Dinitrobutyl (19 l/ha) 3 días antes de la emergencia, o Nitrofen (7 kg/ha), el que se aplica posterior a la siembra (Parra, 1986).

En general la aplicación de 1 gr de NPK (2:3:4) granulado por planta, suple los requerimientos nutricionales de todas las especies que se producen comercialmente. Se aplica en tres ocasiones con intervalos de 6 a 8 semanas, iniciándose 8 semanas después de la siembra y en dosis de 0,2; 0,4 y 0,4 gr por planta. En contenedores la aplicación debe hacerse cada 7 a 10 días con una dosis aproximada de 0,1 gr por planta iniciándose 6 semanas después del repique (Barros, 1991). En el mercado es posible encontrar una variada gama de fertilizantes, siendo comúnmente utilizado el Bayfolán en dosis de 2 - 4 cc/l (Parra, 1986).

3.2.5 Riego

Eucalyptus camaldulensis, al igual que la mayoría de las especies forestales, necesita bastante agua al principio de la estación de crecimiento para promover el desarrollo de las plántulas, pero posteriormente debe disminuirse el riego con el objeto de lograr plantas más resistentes. Lo anterior se debe a que con abundancia de agua (manteniendo el suelo a una humedad de 90 - 100% de agua disponible) se producen plantas grandes con tallos suculentos y raíces pequeñas; en tanto las plantas sometidas a cierto estrés hídrico (riego cuando se está cerca del punto de marchitez permanente con humedad de suelo entre 0-20% del agua disponible) se desarrollan más pequeñas, con mayor cantidad de tejido leñoso y con un cociente más equilibrado entre tallo y raíz (Parra, 1986; Tounney y Korstian, 1947, cit. por Montero, 1987; Muñoz *et al.*, 1989).

El efecto del riego sobre el desarrollo final de las plantas está directamente relacionado con el período de siembra; siembras tempranas producen mayores diferencias de tamaño que en las tardías, en que no se aprecian diferencias entre los riegos (Muñoz *et al.*, 1989).

A medida que las plantas se van desarrollando y para lograr su endurecimiento al ser llevadas a terreno, los riegos deben distanciarse lo más posible, pero se recomienda aumentar la intensidad (Serra, 1997). Por otra parte, lo que determina la frecuencia y cantidad de riego es el tamaño requerido para las plantas; una vez alcanzado ese tamaño el riego se debe reducir (Goor, 1964, cit. por Montero, 1987).

3.3 Establecimiento de plantaciones

La plantación es el momento más crítico para la planta, ya que es trasladada de un ambiente protegido (vivero) al lugar definitivo, donde existe gran competencia por agua y nutrientes, unido a otros factores que dificultan su establecimiento. Por este motivo es fundamental el nivel tecnológico que se utilice, el cual está determinado principalmente por el régimen pluviométrico, la topografía, condiciones de suelo, vegetación existente y pedregosidad, entre otras variables (Prado, 1991).

En áreas de baja precipitación, las técnicas de establecimiento son más intensivas y por lo tanto implican un mayor costo. Normalmente la producción de plantas debe hacerse en macetas o contenedores y la preparación del sitio debe considerar a lo menos una buena preparación de suelo y un adecuado control de competencia. Además, se deben incluir los cuidados posteriores como riego y control de competencia post plantación. En áreas de mayor precipitación, el establecimiento también es dificultoso, pues existe una gran competencia entre la vegetación natural y las especies forestales que se desean establecer (Prado, 1991).

3.3.1 Densidad de plantación

El espaciamiento de la plantación depende principalmente de la calidad del sitio y de los objetivos productivos de la plantación, además de las consideraciones económicas.

En términos generales, un menor espaciamiento implica un mayor costo de establecimiento y cosecha, pero puede generar un volumen mayor. Al contrario, un mayor espaciamiento significa un menor costo y un menor volumen pero con productos de mayor valor. La determinación de la densidad óptima de plantación depende del potencial productivo del sitio y del tipo de producto que se desee obtener (Prado, 1991).

Diversos autores recomiendan densidades de plantación, en función de las condiciones agroecológicas del sitio y del objetivo de producción. Prado (1991) recomienda plantaciones a alta densidad, cuando se utilizan plantas sin mejora genética, con el objetivo de favorecer la forma. NAS y CATIE, (1984) señalan que es posible plantar a densidades de 2.500 arb/ha, cuando el objetivo de producción es combustible y las condiciones agroclimáticas son favorables. Para zonas semiáridas, espaciamientos de 3x3 m es ampliamente usado, en presencia de condiciones favorables de humedad (Wrann, 1990), sin embargo, Serra, (1997) indica que para condiciones de secano, el distanciamiento no debiera ser inferior a 4 x 4 m.

Experiencias realizadas por INFOR señalan que espaciamientos de 2 x 2 m, 3 x 3 m y 2,5 x 2,5 m dan buenos resultados en lo que se refiere a sobrevivencia de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* en el primer año (Barros y Rojas, 1987). Según diversos estudios desarrollados por INFOR, es posible recomendar las siguientes densidades según región:

- *IV Región:* Densidad de 1.100 arb/ha en laderas o piedmont con espaciamiento de 3x3 metros. Para suelos con escasa humedad, la densidad de plantación no debiera ser inferior a 4x4 m con 625 arb/ha.
- *V-RM y parte norte de la VI Región:* Densidad de 1.100 arb/ha con espaciamiento de 3x3 metros.
- *VII- VIII y Parte sur de la VI Región:* Dependiendo de la calidad del sitio, es posible utilizar densidades de 1.100 a 1.600 árboles por hectárea con espaciamientos de 3x3 y 2,5x2,5 metros.

3.3.2 Época de Plantación

En la zona semiárida de Chile, la época favorable de plantación es muy breve, no superando los 40 días, lo que determina la necesidad de concentrar las plantaciones en un corto período. Las plantas deben encontrar un suelo húmedo por lo menos de 30 cm de profundidad a la espera de nuevas precipitaciones. En términos generales las plantaciones de esta especie se realizan en invierno. En situaciones de sequía es preferible no plantar debido a los bajos rendimientos, a menos que exista la posibilidad de riego.

La plantación debe realizarse iniciadas las primeras lluvias, para que las plantas recién establecidas logren desarrollar el sistema radicular. En las Regiones IV y V, junio correspondería a un mes adecuado, aunque la plantación puede iniciarse en mayo si las condiciones meteorológicas lo permiten o si existe la posibilidad de aplicar riegos de establecimiento. En las Regiones VI a VIII el período mayo-julio es apropiado.

3.3.3 Preparación de sitio

La preparación del sitio es un factor de gran importancia, ya que de ella depende en gran medida la supervivencia de la plantación, crecimiento inicial y futuro de la misma (Prado, 1991). Esta actividad está condicionada al uso previo que ha tenido el suelo y a las condiciones naturales propias del sitio. Dependiendo de estos antecedentes y del costo, se definirá el sistema de preparación a utilizar (Valdebenito *et al.*, 1997).

3.3.3.1 Limpia

Previo a la plantación con *Eucalyptus camaldulensis* es necesario limpiar el terreno si existe vegetación arbórea o arbustiva. Se debe limpiar o rozar con herramientas manuales (hachas, motosierra) o utilizando productos químicos, a objeto de eliminar todo tipo de especies que pueda competir directamente por agua o nutrientes del suelo. En sectores de pendientes fuertes o muy ventosos, se aconseja una limpia del terreno por fajas para proteger el suelo y la plantación.

3.3.3.2 Preparación de suelo

En las zonas áridas y semiáridas la preparación del suelo es uno de los factores fundamentales en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus*, donde se encuentran suelos delgados, erosionados y de escasa fertilidad (Prado, 1991; Serra, 1997). De acuerdo a experiencias con especies de rápido crecimiento, una preparación intensiva de suelo representa una ganancia significativa en crecimiento y por lo tanto en ingresos (Shonau, Boden, cit. por Wrann, 1990).

En suelos de secano, donde se ha practicado con anterioridad el cultivo de trigo u otros cereales o granos, se hace necesario realizar una preparación mecánica de suelo en curvas a nivel (si las condiciones topográficas lo permiten), utilizando un subsolador, pasando 2

veces por la línea de plantación separada una de otra a 20 cm (Figura 4). El subsolado es indispensable en suelos con "hard pan" o "pie de arado" en los 50 cm. En sitios con mucha pendiente o muy pedregosos, en donde no es posible el uso de maquinaria, se recomienda realizar hoyadura, removiendo el terreno en al menos 1 m de diámetro alrededor del hoyo. Al respecto, se ha demostrado que el diámetro del hoyo es más importante que su profundidad. (Valdebenito *et al.*, 1997). Hoyos de 30 x 30 x 30 cm en conjunto con un adecuado control de competencia, producen niveles aceptables de sobrevivencia (Serra, 1997).

El método más aconsejable de preparación del suelo en zonas donde no se puede introducir maquinaria, es la confección de surcos mediante la utilización de un arado tirado por caballos o bueyes.

En suelos muy compactos, característico del secano interior de la zona central de Chile, el subsolado en curvas a nivel es una práctica muy recomendada, y debe realizarse antes del período de lluvias. Sin embargo, el subsolado como tratamiento único, aún cuando entrega mejores resultados que la hoyadura o surco hecho con animales, no es un tratamiento ideal, pues no reduce la vegetación competidora (Wrann, cit. por Prado, 1991; Valdebenito *et al.*, 1997). Por tal motivo esta actividad se recomienda combinarla con otros métodos de remoción superficial del suelo o surcos (Serra, 1997). Se ha demostrado que la combinación subsolado y surco produce excelentes resultados en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* en zonas áridas y semiáridas (Wrann, cit. por Prado, 1991; Valdebenito *et al.*, 1997).



FIGURA 3: Preparación de suelo con subsolado con uso de maquinaria.

En la zona árida de Chile, específicamente en la IV Región, se demostró que la combinación de subsolado y surcado entrega los mejores resultados de sobrevivencia y crecimiento inicial (Wrann e Infante, 1988; Wrann, 1990).

En un estudio realizado en la localidad de Nerquihue, VI Región, donde se analizó el efecto de las siguientes técnicas de preparación de suelo: a) escarificado con arado cincel con tres cuchillas separadas 30 cm entre sí; b) surco con arado de tres discos; c) subsolado liviano normal y d) subsolado con arado subsolador con dos vertederas que forman un camellón sobre la línea de subsolado; fue posible concluir al cuarto año de establecida la plantación, que el surcado presentaba diferencias significativas de crecimiento, en términos de biomasa, en relación a los restantes tratamientos (Wrann *et al.*, 1993).

Por otra parte, Barros y Schickhardt (1977) determinaron que en la VI Región la especie es indiferente, en términos de prendimiento o crecimiento en altura, a la plantación realizada en hoyos (de aproximadamente 35 cm de profundidad) o en surcos realizados con arado de punta y tracción animal. Sin embargo, con otras especies del género se han obtenido mejores resultados de prendimiento y desarrollo inicial en plantaciones efectuadas en surcos, debido a una mayor eficiencia en la conservación de la humedad del suelo y a la eliminación de la vegetación competidora (Vita y Garrido, 1977, cit. por Rojas, 1980).



FIGURA 4: Preparación de suelo intensiva en curvas de nivel con arado subsolador.

Considerando la gran diversidad de estudios relacionados con la preparación de suelo, es posible señalar las siguientes recomendaciones: en terrenos con topografía moderadamente plana, se debe realizar subsolado sobre la línea de plantación superando los 40 cm de profundidad utilizando un tractor oruga. También es posible utilizar tractor agrícola, sin embargo por razones de potencia, la profundidad del subsolado a veces suele ser insuficiente. Es importante señalar que el subsolado debe realizarse siempre con el suelo seco.

En situaciones donde no es posible utilizar maquinaria (limitaciones de pendiente) el método más aconsejable es la confección de surcos, mediante la utilización de un arado tirado por caballos o bueyes, realizando a lo menos 2 pasadas por línea de plantación.

El *tratamiento óptimo* según diversos estudios es la combinación de subsolado y surcado, favoreciendo así la remoción del suelo, la formación de surcos en curva de nivel, la eficiencia en la conservación de la humedad del suelo y la disminución de vegetación competidora. Es muy importante realizar la preparación de suelo en curvas a nivel, pues de esta forma se favorece la captación de aguas de escorrentía proveniente de las lluvias, logrando así disminuir los procesos erosivos y optimizar el uso del agua en favor del prendimiento y posterior crecimiento de la plantación.

3.3.4 Plantación

Se puede considerar esta fase como la de mayor importancia, debido a que a pesar de la eficiencia que hayan tenido los tratamientos en vivero o las técnicas de preparación del sitio, si la plantación no se realiza en la forma y época adecuadas, se tendrán escasas probabilidades de éxito (Prado, 1991).

3.3.4.1 Tipo y tamaño de plantas

La mayoría de las plantaciones del género *Eucalyptus* establecidas en Chile han utilizado plantas viverizadas en macetas o contenedores, ya que a raíz desnuda presentan graves problemas de prendimiento, acentuándose en zonas de escasa precipitación.

En relación con los parámetros que definen una buena calidad de planta, la altura y el diámetro de cuello destacan como los de mayor relevancia. Diversos estudios que han realizado investigaciones respecto de este tema, (Tinus 1974; Donald 1976 cit. por Montero, 1987) señalan que en sitios más secos o donde la competencia es fuerte, las plantas leñosas y grandes sobreviven mejor que las plantas pequeñas. Otros autores mencionan, contrariamente, que en sitios donde el período de sequía es prolongado, las plántulas pequeñas con una menor relación peso seco tallo/peso seco raíz, tienen mayores índices de sobrevivencia que las plantas de gran tamaño (Daniel *et al.*, 1982, cit. por Montero, 1987).

En general, para todas las especies de eucaliptos, se recomiendan tamaños de 25-35 cm de altura y 4-5 mm de diámetro de cuello (Jacobs, 1981, cit. por Montero, 1987). En la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales la altura media de las plantas para plantación varía entre 15 y 30 cm.

En *Eucalyptus camaldulensis* se considera que una baja relación peso seco tallo/peso seco raíz es uno de los atributos más importantes para lograr una buena sobrevivencia en las zonas áridas (Awe *et al.*, 1976 cit. por Montero, 1987).

3.3.4.2 Técnicas de plantación

El traslado de plantas desde los viveros al lugar de plantación debe ser realizado en vehículos cerrados de manera de evitar la deshidratación. Como se mencionó anteriormente, es preferible producir las plantas en macetas o contenedores, pero si se han producido a raíz desnuda, la extracción, selección y transporte son actividades de suma importancia (Prado, 1991).

Si el suelo ha sido bien preparado, la plantación puede realizarse con pala de media caña, azapico, pala neozelandesa u otra herramienta. Se debe hacer un hoyo adecuado al tamaño de la maceta o lo suficientemente amplio y profundo para permitir que las raíces queden bien extendidas en el caso de plantas a raíz desnuda. Posteriormente, las plantas se entierran derechas hasta el nivel del cuello y se debe apisonar suavemente el suelo para evitar espacios con aire en la zona de las raíces.

Si las plantas han sido producidas en macetas plásticas o en otros materiales no biodegradables, deben ser removidos completamente. Se recomienda regar las plantas en vivero unos días antes de la plantación para facilitar la extracción de la maceta, sin que destruya el pan de tierra y asegurar con ello un aprovisionamiento de agua para los primeros días después de la plantación (Op. cit.).

3.4 Control de competencia

Eucalyptus camaldulensis presenta baja capacidad para competir con malezas, por lo que se recomienda un control intenso de éstas (NAS y CATIE, 1984).

Numerosos estudios señalan la importancia del control de malezas en el establecimiento de eucalipto. Al analizar diferentes factores en las técnicas de establecimiento, tales como preparación de suelo, fertilización y control de competencia, se determinó que este último factor tiene una importancia primordial (Prado y Wrann, 1988; Wrann *et al.*, 1993). Además es el tratamiento más simple e importante en el establecimiento de especies de rápido crecimiento ya que afecta la sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro de las plantas (Schonau *et al.*, Cromer, Keenan y Candy, Nambiar *et al.*, cit. Wrann, 1990).



FIGURA 5: Plantación de *E.camaldulensis* en curvas a nivel, con espaciamiento de 3x3 m.

Ensayos realizados en la comuna de Casablanca (V Región) demuestran que los tratamientos en los que se aplicó herbicida lograron supervivencias superiores al 82 %, independiente del tipo de preparación de suelo efectuado (Prado, 1989, cit. Valdebenito *et al.*, 1997). Sin embargo, experiencias en la zona semiárida (IV región), determinaron que el control manual (raspado de 1 m alrededor de la planta), no presentaba diferencias significativas respecto de la aplicación de herbicidas, tomando como base un ensayo con 16 productos y/o dosis, al primer año de evaluación (Aguirre, 1987, cit. por Wrann e Infante, 1988).

En otras experiencias desarrolladas en plantaciones de secano, se estudió la aplicación de diferentes dosis de atrazina (3,83 kg/ha) con fluzifop-butil (0,70 kg/ha) en comparación con el control manual de malezas. Estos tratamientos post plantación fueron aplicados en los meses de julio y septiembre, utilizando mezcla de herbicida sobre la parcela total, en franjas de 1,2 m de ancho sobre la línea de plantación, en la taza de plantación (1 m de diámetro) y la limpia manual consistió en el despeje de la taza de 1m de diámetro. El efecto fitotóxico en la plantación fue nulo, y se determinó que la mejor respuesta se obtuvo en el tratamiento de mayor intensidad, es decir, la aplicación de herbicida sobre la parcela total, con un 60% más de crecimiento a los dos años de edad, como se aprecia en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Efecto de aplicación de herbicida ensayo Nerquihue
(Secano interior VI Región)

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro basal (cm)	D ³ H Promedio (dm ³)
Herbicida a la taza	87	2,70	4,30	6,41
Herbicida a la hilera	87	2,70	4,20	7,91
Limpia manual	93	2,70	4,10	6,48
Herbicida parcela completa	94	3,00	4,80	10,29

Fuente: Modificado de Wrann *et al.*, 1993.

Según diversos estudios asociados al control de competencia en plantaciones industriales de *Eucalyptus* en Chile, es posible recomendar los siguientes productos y dosis, en base al tipo de tratamiento: a) control preplantación con mezcla de 3 a 7 l/ha de Roundup y 2-3 kg/ha de Simazina, 15 a 30 días antes de la plantación; b) Control posplantación con mezcla de 2-3 l/ha de Garlant Plus, 0,5-0,7 l/ha de Lontrel y 1-2 kg/ha de Simazina, antes del comienzo del verano o durante el período de crecimiento vegetativo (García *et al.*, 2000).

Siempre se deben considerar medidas preventivas en la aplicación de herbicidas debido a que la especie es sensible a ellos. Sin embargo, el uso de productos químicos es la técnica más eficaz para el control de la competencia en plantaciones forestales, donde no es posible realizar un control manual, el cual ambientalmente es siempre recomendable (Valdebenito *et al.*, 1997).

3.5 Fertilización

La fertilización estimula principalmente el crecimiento radicular y permite a la planta ocupar rápidamente el suelo, aprovechando de forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles; de esta forma se logra una mayor sobrevivencia, un rápido crecimiento inicial y mejor adaptación al sitio.

Se considera que el máximo beneficio de la fertilización se obtiene cuando son aplicadas todas las técnicas de establecimiento, es decir, una buena preparación del suelo y un adecuado control de competencia. Esta por sí sola no tiene un efecto beneficioso en la plantación ya que la vegetación competidora asimila rápidamente el fertilizante suministrado, en desmedro de las especies establecidas (Wrann e Infante, 1988; Wrann, 1990). Otros autores (Schonau, 1988 cit. por Toro, 1988) avalan dicha tesis, señalando que para elevar la productividad de un sitio, la fertilización es un medio eficaz, especialmente si se combina con la remoción del suelo y el control de malezas; el tipo de fertilizantes y las dosis que se utilizan dependen más de las condiciones del sitio que de los requerimientos de la especie, indicando que el equilibrio nutricional es fundamental.

La aplicación de NPK junto con un adecuado control de malezas afecta positivamente el desarrollo de las plantas (Wrann, 1990). Se puede aplicar a fines de invierno 50 gr de superfosfato triple (20,1% de P); 50 gr de sulfato de potasio (50% K) y 110 gr de urea (46% N), distribuyendo la mezcla en pequeñas zanjas hechas a ambos lados de la planta a unos 20 cm de ésta en el mismo sentido de la pendiente (Wrann e Infante, 1988; Wrann, 1990).

Lo más adecuado es realizar las aplicaciones al momento de la plantación o inmediatamente después. Schönau, 1984 (cit. en Valdebenito *et al.*, 1997) indica que los mejores resultados se obtienen cuando el fertilizante es aplicado dentro de los 6 meses siguientes a la plantación. Se propone aplicar las dosis de fertilizante en pequeñas zanjas paralelas a cada lado de la planta en el sentido de la pendiente, separadas 25 - 30 cm de ella, las que luego deben ser cubiertas con tierra para evitar la volatilización o el arrastre por agua o viento.

La muerte apical de árboles del género *Eucalyptus*, es común en la época más seca del año. Dicha anomalía ha sido corregida total o parcialmente con la aplicación de boro (Andrade *et al.*, 1995). La aplicación de boro un poco antes del término del período lluvioso en dosis de 0,01 mg/l por planta, puede mejorar las condiciones de la planta para soportar períodos de sequía más prolongados sin que ocurra muerte apical o que ellas sean menos severas (Op. cit.). Al aplicar distintas dosis de boro, después de 114 días se observó que *Eucalyptus camaldulensis* presentaba mayor sensibilidad frente a la deficiencia de este elemento, en comparación con *E. dunnii*, *E. globulus* y *E. Wrophylla*. Por otra parte, la especie mostró mayores índices de resistencia a la fitotoxicidad por boro.

3.6 Riego y Polímeros

En plantaciones con eucaliptos el riego no es un tratamiento común; éste puede ser necesario cuando la plantación está siendo muy afectada por una sequía prolongada o en plantaciones en zonas áridas. En los casos en que se presentan 7 a 8 meses con déficit hídrico, puede ser necesario regar durante los primeros dos años, hasta que la planta esté bien establecida; esto significa aplicar uno o dos riegos de 4 - 5 litros de agua por planta (Prado, 1991).

La utilización de polímero hidratante en dosis de 2-3 gramos por planta ha sido ampliamente recomendado en plantaciones de zonas donde existe baja cantidad de precipitaciones. La aplicación de gel permita asegurar la disponibilidad de agua aun después de los meses lluviosos o de riego.

3.7 Protección

Para la protección de animales mayores es recomendable utilizar un cerco con polines impregnados cada 3 metros, con 5 hebras de alambre de púas. Si en la zona de plantación se practica la ganadería caprina es imprescindible utilizar malla ursus más dos líneas de alambre de púa.

Para el control de animales menores, un buen cerco (utilizando malla hexagonal) en superficies pequeñas es un método muy efectivo para el control de lagomorfos. También es efectiva la protección individual de cada planta con corromet⁴, sin embargo, demanda costos considerables en mano de obra y materiales. En plantaciones masivas de *Eucalyptus* se usan repelentes químicos y cebos anticoagulantes con muy buenos resultados.

3.8. Bibliografía

- Andrade, C.; Barros, F. de; Ferreirade N., R.; Teixeira, J.L. y Leal, P.G.L. 1995. Exigencia y distribución de boro en plantas de eucalipto. Bosque 16(1):053-059.
- Aguirre, J.J. y Arce, P. 1988. Algunos resultados sobre propagación vegetativa de especies de *Eucalyptus* en Chile. Simposio Manejo silvícola del género *Eucalyptus*. Actas. Viña del Mar, Chile. 9-10 junio 1988. Santiago, Chile. INFOR-CORFO. pp. 148-169.
- Alvear, C. y Gutiérrez, B. 1995. Crecimiento hasta los 42 - 44 meses de edad y estimación de parámetros genéticos de 23 procedencias y 196 familias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en cuatro sitios de la zona central de Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 9 (1):023-046.
- Barros, S. y Schickhardt, R. 1977. Ensayos de métodos de plantación e introducción de especies en zonas áridas y semiáridas. Rapel. INFOR. Informe técnico N°62. 24 p.
- Barros, S. y Rojas, P. 1987. Ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 01(1): 029-040.
- Barros, S. 1988. Adaptación de diversas procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida chilena; Actas. Viña del Mar, Chile. 9-10 junio 1988. Santiago, Chile. INFOR-CORFO
- Barros, S. 1990. Ensayos de procedencia de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 04(1): 171-182.
- Barros, S. 1991. Semillas y Producción de plantas. *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y Manejo. INFOR-CORFO. pp. 15-41.
- García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S. y Valdebenito, G. 2000. Establecimiento de plantaciones forestales: *Eucalyptus* sp. Proyecto INFOR-FDI. Programa de Transferencia Tecnológica para un Desarrollo Forestal Sustentable de Pequeños y Medianos Productores. Documento de divulgación N°17. 30p.

⁴ Malla metálica para protección de plantas individuales

- Gutiérrez, B. y Chung, P. 1993. Crecimiento inicial de 23 procedencias y 196 familias de *Eucalyptus camaldulensis* Denh en cuatro sitios de la zona central de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 7(1): 5-21.
- . 1995. Crecimiento hasta los 42- 44 meses de edad y estimación de parámetros genéticos de 23 procedencias y 196 familias de *Eucalyptus camaldulensis* Denh en cuatro sitios de la zona central de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*.
- INFOR. 1994. Estudio de los factores que influyen en el establecimiento de plantaciones del eucalipto: informe final. Proyecto FONDEF. 96P.
- INFOR. 1998. Micropropagación. Programa de mejoramiento genético de especies del género *Eucalyptus*. Informe Final. Anexos 13-14. Anexo 14: Jornada de mejoramiento genético del *Eucalyptus*.
- Midgley, S. J. 1988. The collection, storage, pre-sowing treatment and procurement of *Eucalyptus* seed. INFOR / CORFO. Simposio manejo silvícola del género *Eucalyptus*. Actas. Viña del Mar, Chile. 9-10 Junio 1988. 33 p.
- Montero, E. 1987. Principales factores que intervienen en el desarrollo de las plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en vivero. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 127 p.
- Muñoz, A.; Montero, E. y Toral, M. 1989. Análisis de la incidencia de algunos factores que intervienen en la producción de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* en vivero. Chile Forestal. Artículo técnico. 4 p.
- National Academy of Sciences y Centro Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1984. Especies para leña. Arbustos y árboles para la producción de energía. Turrialba, Costa Rica. 343 p.
- Parra, P. 1986. Vivero Forestal. Producción de eucalipto en maceta. Santiago, Chile. CONAF Región Metropolitana. Programa de Manejo Forestal. 79 p.
- Prado, J. A. 1991. Selección de Especies y Procedencias. Establecimiento de Plantaciones. *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y Manejo. INFOR-CORFO. pp. 42-78.
- Prado, J.A.; Infante, P.; Ipinza, R. y Bañados, J.C. 1991. Juvenile growth and drought resistance of 166 families of *Eucalyptus camaldulensis* in the semiarid region of Chile. Schnau, A.P.G., de. IUFRO Symposium on intensive forestry: the role of eucalyptus. 2-6/Sept/1991. Pretoria, Sud Africa, IUFRO. v.1. pp. 276-286.
- Rojas, P. 1980. Las plantaciones experimentales con especies de *Eucalyptus* en la zona central seco costero de la V región. INFOR. Informe técnico N° 92. 21 p.
- Rojas, P.; Arce, P y Arriagada, M. 1987. Propagación vegetativa por estacas en *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Ciencia e Investigación Forestal* 01(2): 001-009.