

*Eucalyptus
cladocalyx*



0001645

Desarrollo Forestal
aderero para la
ón Árida del País

MONOGRAFÍA

83 (83)

EUCALIPTO

INFOR - CORFO

178.83(83)
PERM
C.2

Desarrollo Forestal Maderero
para la Región Árida del País

Monografía de
Eucalyptus cladocalyx
F. Muell

Santiago de Chile, abril de 2003

6933

6933

Sandra Perret D.,
Freddy Mora P.,
Jorge Faúndez C.,
Juan Carlos Pinilla S.,
Patricio Parra S.,
Raúl Meneses R.

Registro de propiedad intelectual N° 131.951
Santiago de Chile, 2003.

I.S.B.N.: 956-8274-01-4

Financiamiento de la presente edición:
FONDO DE DESARROLLO E INNOVACIÓN, FDI
Corporación de Fomento de la Producción, CORFO

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

Impresión: MAVAL LTDA.



Prólogo	7
1. Antecedentes generales	
1.1 Descripción bótanica de la especie	9
1.2 Distribución	10
1.2.1. Distribución natural	10
1.2.2. Distribución mundial	11
1.3 Variabilidad genética	12
2. Requerimientos ecológicos	
2.1 Clima	13
2.2 Suelo	14
2.3 Altitud	14
3. Silvicultura y manejo	
3.1 Producción de planta	15
3.1.1 Semilla	15
3.1.2 Siembra, sustratos y contenedores	15
3.1.3 Fertilización y controles químicos	19
3.1.4 Riegos	20
3.2 Mejoramiento genético	21
3.3 Establecimiento	23
3.3.1 Técnicas de establecimiento	23
3.3.2 Control de maleza	25
3.3.3 Requerimiento hídrico	26
3.4 Manejo silvicultural	28
3.4.1 Largo de la rotación	28
3.5 Rendimientos	28
3.6 Plagas y enfermedades	35

4. Aptitud forrajera, maderera y melífera	
4.1 Aptitud forrajera	39
4.2 Aptitud maderera	42
4.2.1 Propiedades de la madera	42
4.2.2 Durabilidad natural de la madera	47
4.3. <i>Eucalyptus</i> para miel	50
 Bibliografía	 53
 Anexos	
Anexo I: Zonas potenciales de crecimiento de <i>E. cladocalyx</i>	61
Anexo II: Costos de establecimiento de <i>E. cladocalyx</i>	63

El consumo mundial de madera se distribuye entre las necesidades energéticas, leña y carbón vegetal (49%), la madera aserrable y debobinable (20%); la industria de pulpa y tableros (17%), y la destinada a otros usos industriales (14%). Las proyecciones de consumo mundial de madera para principios del siglo XXI superan los 4.000 millones de m³ (FAO, 2002), lo que supone un déficit de cerca de 1.000 millones de m³; convirtiendo a la producción forestal en un objetivo prioritario.

Diversas especies del género *Eucalyptus* son utilizadas masivamente en la industria forestal mundial, debido esencialmente a su rápido crecimiento, óptima calidad pulpable, maderera y energética. A finales del siglo XVIII, los primeros botánicos abordaron el trabajo de describir las más de 500 especies de árboles del género *Eucalyptus*. Este trabajo aún no está completo, ya que nuevas variedades e híbridos se están descubriendo, y las viejas clasificaciones están siendo revisadas. En efecto, el género *Eucalyptus* contaba con más de 500 especies, la mayoría originarias de Australia, y actualmente después de un profundo estudio realizado por botánicos australianos, en el Herbario Nacional de Nueva Gales del Sur, Australia, este número fue reducido en 113 especies, formando un nuevo género, denominado *Corymbia* (Hill y Johnson, 1995). En Chile, las especies ahora reconocidas como *Corymbia*, no son comercialmente importantes.

La madera de *Eucalyptus* que es comercializada en el mercado internacional presenta características adecuadas para diversos usos, tales como: leña de alto poder calorífico, producción de carbón vegetal, estructuras de edificios, postes para comunicaciones, pisos de parquet, pasta celulósica, vigas para minas, sujeción de taludes, tableros de fibra (González-Río et al., 2002), contrachapados, laminas para revestimientos de tableros, madera aserrada y madera para manufactura.

Las especies del género *Eucalyptus* ofrecen una serie de ventajas adicionales, tanto del punto de vista económico como ecológico, contribuyendo a la diversificación forestal y adaptándose a diferentes tipos de sitios, de limitado uso productivo, como es el caso de las zonas áridas del país.

En Chile, las zonas áridas y semiáridas abarcan una superficie de 24 millones de hectáreas, lo que corresponde a un tercio de la superficie continental del territorio nacional. En gran parte de este territorio, por su extrema aridez, no es posible el desarrollo de vegetación; en otras, en cambio, si bien las condiciones son adversas permiten el desarrollo de vegetación, principalmente herbácea y arbustiva, sin embargo, el escaso recurso natural presente en estas zonas limita las posibilidades de satisfacer la demanda local de productos madereros. Por otra parte, la población rural ha ido sufriendo un proceso de empobrecimiento continuo, asociado al deterioro de los recursos naturales, lo que ha generado un permanente proceso de migración.

En este contexto, *Eucalyptus cladocalyx* aparece como una especie interesante para ser utilizada en programas de forestación para la zona árida y semiárida del país, debido a la gran adaptación demostrada, especialmente a severas condiciones de estrés hídrico.

La presente publicación tiene como objetivo general recopilar y sintetizar la investigación e información disponible sobre el cultivo de la especie *Eucalyptus cladocalyx*, pretendiendo ser una guía para quienes estén interesados en profundizar conocimientos sobre esta especie, especialmente en lo que se refiere a sus características ecológicas y productivas, pudiendo ser un efectivo aporte al desarrollo de la actividad forestal en zonas marginales, caracterizadas por una escasa e irregular precipitación y por suelos con un alto grado de deterioro y nutricionalmente pobres.

1. Antecedentes generales

1.1. Descripción botánica de la especie

Los antecedentes que corresponden a la clasificación botánica de la especie son los siguientes:

- Clase: Angiosperma.
- Subclase: Dicotiledonea.
- Familia: Myrtaceae.
- Especie: *Eucalyptus cladocalyx* F. Muell
- Sinonimia: *Eucalyptus corynocalyx* F. Muell.
- Nombre común en su lugar de origen (Australia): Sugar Gum.
- Nombre común en Chile: Eucalipto

El nombre científico de *E. cladocalyx* proviene del griego clados, que significa rama, y calix (como los brotes de flores y frutos) refiriéndose a las ramillas sin hojas que producen flores (Broker et al., 2000).

En sitios con disponibilidad hídrica, *Eucalyptus cladocalyx* presenta un diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 1 y 1,5 m, pudiendo alcanzar alturas entre los 30 y 40 m, de forma columnar y una copa umbrosa y densa (De la Lama, 1976). La corteza es lisa, con manchas de colores blanco, amarillo, rosa, naranja, café, gris claro y oscuro y gris azulado. Las hojas siempre son pecioladas. Las hojas iniciales son opuestas por 2 o 3 nodos y luego alternadas, de forma orbicular, deltoide a ovada, de 2 a 6 cm de largo, de 3 a 8 cm de ancho, ápice redondeado o emarginado, base truncada, descolorida, deslustrada, verde azulada a verde. En su estado juvenil, las hojas son alternadas, pecioladas, orbiculares, por lo general más anchas que largas, para luego ir tomando una forma lanceolada.



Las hojas adultas son alternadas, con el pecíolo de 1,2 a 2,1 cm de largo, ligeramente falcadas a lanceoladas, de 8 a 17 cm de largo y 1,5 a 3 cm de ancho, usualmente la base es ahusada hacia el pecíolo, fuertemente decolorada, lustrosa, verde, reticulado denso a muy denso. Las venas intermarginales son paralelas y bien separadas del margen. Posee pequeñas glándulas oleosas.

Las inflorescencias son simples, axilares nacen de las secciones sin hojas de las ramillas, con 7 a 11 flores. Los pedúnculos son fuertes, de 1 a 1,7 cm de largo y las yemas son cilíndricas a urceoladas

El fruto es pedicelado, ovoide a urocelado o con forma de barril, 0,6 a 1 cm de ancho, a veces longitudinalmente rebordado, de disco descendiente, 3 a 4 válvulas, profundamente encerradas.

La semilla es gris clara a café, de 1,5 a 3 mm de longitud, ovoide u ovoide-deprimida (Broker et al., 2000).

1.2. Distribución

1.2.1. Distribución natural

Eucalyptus cladocalyx se distribuye naturalmente en tres regiones del estado de South Australia, donde las precipitaciones medias anuales varían entre 380 y 650 mm y son de régimen invernal (Prado et al., 1986). Estas regiones corresponden a Flinders Ranges, Eyre Peninsula y Kangaroo Island, de donde es endémico (Broker et al., 2000; Rawlings et al., 2001). Se presume que la especie es un relictos de bosques altos que existieron en el pasado, cuando el clima era más húmedo, aunque sus características morfológicas no se asocian con las especies de bosques húmedos como *Eucalyptus diversicolor* y *Eucalyptus saligna* (Broker et al., 2000).

Latitudinalmente la especie se distribuye entre los 32° y los 36° de Latitud Sur, encontrándose desde el nivel del mar hasta los 600 m de altitud.

En su estado natural puede formar masas puras o asociaciones con otras especies como *Eucalyptus leucoxylon*, *Eucalyptus microcarpa* y *Eucalyptus eleaeophora* (De la Lama, 1976). La especie forma bosques abiertos en las áreas de mayor precipitación y formaciones de tipo sabana, en las áreas más secas, en donde se encuentra asociada con *E. leucoxylon*, *E. microcarpa* y *E. goniocalyx*.

La especie se desarrolla en suelos podsoles originarios de rocas arenosas y algunas veces calizas, y también sobre cuarcitas y margas rojas y esquistos; resiste suelos pobres, secos y poco profundos. El subsuelo es arcillosos de drenaje variable (De la Lama, 1976).

1.2.2. Distribución mundial

Eucalyptus cladocalyx ha sido plantado en todo el sur de Australia, principalmente para protección, producción de postes, cortinas cortavientos y cortinas ornamentales. También ha sido introducida con éxito en Sudáfrica, África del Norte, España y Portugal, en donde existen plantaciones en suelos pobres y con escasa precipitación (Prado et al., 1986). FAO (1979) señala que se han plantado exitosamente cientos de hectáreas de esta especie en la Provincia del Cabo en Sudáfrica, mientras que en Marruecos ha sido plantada en reemplazo de *Eucalyptus camaldulensis*, ya que es considerada más tolerante a la aridez y a los suelos infértiles, no obstante su crecimiento más lento.

1.3. Variabilidad genética

Rawlings (2001), midió la variabilidad genética de 8 poblaciones naturales y tres plantaciones de *Eucalyptus cladocalyx*, usando marcadores de aloenzimas. Los resultados demuestran que en general existe una baja variabilidad genética dentro de cada población, pero existe una gran diferenciación genética regional, entre poblaciones. Los principales resultados obtenidos a partir del estudio de las aloenzimas en poblaciones naturales de *E. cladocalyx* han revelado:

- Bajos niveles relativos de diversidad genética comparados con otros eucaliptos (sólo 49% de los loci fueron polimórficos);
- Moderadas a grandes deficiencias en heterocigotos (observando un promedio de heterocigosis de 0,086, comparado con un promedio esperado de 0,148);
- Altos niveles relativos de divergencia genética entre las distintas poblaciones estudiadas;
- Altos niveles relativos de autocruzamientos.

En contraste, las plantaciones de *E. cladocalyx* presentaron niveles significativamente más altos de diversidad genética.

Desde un punto de vista productivo, los altos niveles de diferenciación interpoblacional sugieren que deberán llevarse a cabo ensayos de procedencias, ya que es de esperar diferencias significativas en los rendimientos según sea el lugar de origen. Por otro lado se deberá estudiar la heterosis que involucre cruces interpoblacionales, lo que podría traer mejoras en el desempeño de esta especie (ibid).

2. Requerimientos ecológicos

2.1. Clima

El clima predominante en la zona natural de distribución de *Eucalyptus cladocalyx* es de tipo mediterráneo, con lluvias invernales y un largo período seco. Las precipitaciones varían entre 380 y 630 mm por año. De acuerdo con las experiencias logradas en otros países, esta especie podría ser una alternativa eficiente en zonas con 200 a 300 mm de precipitación. En Chile las plantaciones podrían llegar a ciertas áreas de la Región de Coquimbo, además podría reemplazar a *Eucalyptus camaldulensis* en áreas con una precipitación algo mayor, pero con suelos de muy baja fertilidad (Prado et al., 1986).

Los mejores resultados en Chile se han obtenido en el sector de Longotoma, Provincia de Petorca, bajo una situación costera, sobre suelos arenosos y profundos, y con una precipitación cercana a los 300 mm.

Con respecto a la temperatura, Webb et al. (1984) señala que en su distribución natural soporta temperaturas medias mínimas de -4°C a 10°C y máximas de 22 a 32°C , con temperatura media anual de 10 a 25°C . Por su parte, De la Lama (1976) señala que posee una alta resistencia al calor, con una máxima absoluta de $48,3^{\circ}\text{C}$, pero una escasa resistencia al frío.

2.2. Suelo

Según Prado et al. (1986), la especie se desarrolla en suelos delgados, pedregosos y en suelos podzólicos. También se la encuentra en suelos pardos solonizados y arenas profundas. Crece en suelos arenosos y gravosos, de profundidad moderada a delgada, de baja fertilidad, suelos neutros y ácidos y de tolerancia moderada a la salinidad (Prado y Barros, 1989; citado por Parra y Chung, 1997).

Webb et al. (1984) caracterizó los suelos donde la especie crece, encontrando texturas livianas y medias, incluyendo arenosas a franco a arenosas, en las livianas; francas a franco arcillo arenosa en las medias, con drenaje moderadamente libre y reacción neutra a ácida (pH inferior o igual a 7,4).

2.3. Altitud

De la Lama (1976), Prado et al. (1986) y Boland et al. (1985) señalan que el rango altitudinal de *E. cladocalyx* en su área de distribución natural comienza desde los 0-30 m hasta los 600 m. Webb et al. (1984) señalan un rango altitudinal que va desde los 0 a los 2.000 m, probablemente en plantaciones realizadas en países subtropicales.



3. Silvicultura y manejo

3.1. Producción de plantas

3.1.1. Semilla

En Chile, *Eucalyptus cladocalyx* se encuentra en poblaciones muy reducidas o sólo en pequeñas plantaciones experimentales, por lo que no se cuenta con abastecimiento seguro de semillas y se recomienda recurrir a proveedores comerciales extranjeros (Prado y Barros, 1989). No obstante lo anterior, estudios realizados en el país, han demostrado que en ciertas condiciones, como las presentes en la zona costera de la IV Región, las semillas de procedencias nacionales han demostrado una mayor adaptación, sobrevivencia y crecimiento que algunas semillas provenientes del extranjero (Parra y Chung, 1997).

El período de floración se concentra en los meses de octubre a mayo (INFOR, 2001). Según Boland et al. (1980), citado por Prado y Barros (1989), la viabilidad media y máxima de la especie es de 119.000 y 165.000 semillas por kilogramo. Este mismo autor señala que las semillas de *E. cladocalyx* no necesitan de tratamiento pregerminativo, al igual que la mayoría de las semillas de especies de este género.

3.1.2. Siembra, sustratos y contenedores

El tiempo de permanencia de las plantas en vivero y por lo tanto, el tamaño que se desea alcanzar, está relacionado con la época de siembra (Montero, 1987). Las semillas de *Eucalyptus cladocalyx*, se deben sembrar a fines de primavera, para favorecer el poder germinativo (Goor, 1967; citado por Montero, 1987), siendo recomendado la segunda quincena de noviembre (INFOR, 1989). En la

zona semiárida de Chile se recomienda su siembra entre los meses de octubre a noviembre. En la zona central del país se aconseja sembrar las semillas durante la segunda quincena de noviembre, ya que se necesita una temperatura de cerca de 20°C, la cual se considera adecuada para la germinación (Parra, 1996; Barros, 1991), siendo más temprana o tardía la fecha de siembra según se avance hacia el norte o sur respectivamente (SIGEF, 2001).

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 ralea que repicar, tapando luego la semilla con un sustrato más fino, y realizando un riego a baja presión (ibid).

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 60 x 40 cm y 10 cm de altura, plásticas o de madera, en las cuales se siembra la semilla para obtener unas 1.000 plántulas. El sustrato debe ser esterilizado a fin de eliminar insectos, hongos y semillas de maleza (Parra, 1986). 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; ésta se puede obtener mediante un sombradero de malla plástica negra, ramas u otro material logrando una cobertura ideal de 30 a 50% de sombra (Serra, 1997). Durante las primeras semanas se debe regar con aspersor dos veces al día, para luego continuar con un riego diario. Además, se deben realizar aplicaciones preventivas de fungicidas e insecticidas. Transcurridos 7 a 10 días de la siembra, y cuando las plántulas en la almaciguera tengan al menos los cotiledones emergentes se debe realizar el repique; el esperar más tiempo sólo encarece la faena, ya que las plántulas han desarrollado un gran sistema radicular, lo que hace demasiado lento el repique, (200 a 300 plantas diarias, contra 1.000 a 1.500, si se hace en estado de cotiledones). Después del repique, las plantas deben quedar en semisombra por un período de 10 a 20 días, aplicando cuidados similares a los efectuados en la almaciguera (riego y control químico). Si se requiere, es posible realizar control manual de malezas (INFOR, 2001).

Para obtener plantas de 30 a 35 cm de altura con adecuada lignificación, se requieren 6-7 meses desde la siembra hasta el momento de la plantación (Parra, 1986).

Para zonas con déficit hídrico, la producción de plantas a raíz cubierta es el método más recomendado y se pueden utilizar una diversidad de contenedores especialmente diseñados para viveros.

- Producción en macetas

Por producción en macetas en este caso se entiende el cultivo en bolsas de polietileno, sistema que ha sido tradicionalmente empleado en la producción de diversas especies de eucaliptos.

El sustrato puede estar compuesto de arena, tierra del lugar y tierra de hoja en proporción 1:3:1 (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.

La producción de plantas en maceta es ampliamente utilizada en zonas semiáridas, lográndose buenos resultados con bolsas de polietileno de 10 x 20 cm usando un sustrato compuesto por un 60% de tierra común, 20% de arena y 20% de tierra vegetal. La producción se realiza, entre los meses de diciembre y mayo (Barros y Rojas, 1987). La mayor ventaja de este sistema, en zonas semiáridas donde existen limitaciones edáficas e hídricas, es la mayor cantidad de sustrato que acompaña a la planta en el momento del establecimiento, lo cual otorga mayor probabilidad de sobrevivencia.

Las desventajas asociadas a la producción en maceta, tienen relación con la malformación de raíces principales y secundarias, que tienden a enrollarse dentro de la bolsa, pudiendo provocar un pobre desarrollo, y, si las deformaciones son graves, una posterior muerte de las plantas al tercer o cuarto año después del establecimiento.

- Producción en contenedores

La producción en contenedores especialmente diseñados para la producción de plantas es una práctica introducida en Chile a fines de los 80 y que hoy se emplea en la mayoría de los viveros del país.

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 opción es combinar un 70% de corteza, 20% de arena y un 10% de turba. La corteza asegura un flujo de aireación adecuado y la turba aumenta la capacidad de retención de humedad.

Todo sustrato debe ser esterilizado previo al llenado de contenedores o macetas para eliminar malezas, insectos y hongos. Para esta actividad se han utilizado mezclas de fungicidas e insecticidas, aunque también se pueden aplicar tratamientos de calor. El bromuro de metilo se está dejando de utilizar debido a restricciones ambientales. Existen acuerdos internacionales que prohibirán su uso a partir del año 2010.

El sistema de contenedores es el más utilizado en la producción de plantas a gran escala, principalmente ocupado en los viveros de las grandes empresas forestales del país.

Existen diversos tipos de contenedores, siendo los principales las bandejas plásticas y de polietileno con cavidades de tamaños diversos de 45, 55 y 75 cc, entre las más utilizadas, y los tubetes, caracterizados por ser unidades independientes con tamaños variables de 68, 90, 98, 120 cc y más.

Los contenedores en general son sometidos a un baño de desinfección con hipoclorito, Plazdip, para evitar la penetración de raíces, y con oxiclورو de cobre para inhibir el crecimiento radicular lateral, favoreciendo el desarrollo de raicillas

laterales, mejorando la estructura radicular de la planta. 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; citado por INFOR, 2001).

Las ventajas de estos tipos de contenedores son: buena formación y estructura del sistema radicular y facilitar el traslado 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 puede provocar en zonas semiáridas un fuerte shock hídrico, repercutiendo en un bajo prendimiento, sin embargo se puede manejar usando contenedores de mayor volumen.

La opción más recomendada para la producción de plantas de *Eucalyptus cladocalyx* a gran escala, 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.

3.1.3. Fertilización y controles químicos

En las distintas etapas de producción de plantas se debe aplicar productos químicos con el objeto de prevenir y controlar enfermedades, plagas y malezas ya que las plantas en los viveros son susceptibles de ser atacadas por agentes bióticos como bacterias, hongos, insectos, nemátodos, roedores, etc., y por agentes abióticos como insolación, heladas, y deficiencias nutricionales, entre otros (Parra, 1986).

Para prevenir problemas relacionados con hongos, se recomienda aplicar un fungicida 8 días después de la siembra, como por ejemplo, Fenaminosulf en dosis de 1 g/m² o Metiran (25 g/100 litros de agua). Esta aplicación se repite durante la emergencia de las plántulas y otra, 5 días después de emergida la totalidad de las plantas (Parra, 1986). Para evitar la infección por hongos, especialmente Dumping off, la humedad relativa del vivero no debiera superar el 80%.

En relación con la fertilización, 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, 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 (Prado y Barros, 1989).

3.1.4. Riegos

Eucalyptus cladocalyx, al igual que la mayoría de las especies forestales, necesita bastante agua en la primera etapa de su crecimiento, pero posteriormente debe disminuirse el riego con el objeto de lograr plantas más resistentes. De lo contrario con abundancia de agua (manteniendo el suelo a una humedad de 90-100% del agua disponible) se producen plantas grandes, con tallos y hojas suculentas y raíces pequeñas; en tanto las plantas sometidas a cierto estrés hídrico (riego cercano al punto de marchitez permanente o cuando la humedad del suelo se encuentre entre 0-20% del agua disponible) las plantas se desarrollan más pequeñas, con mayor cantidad de tejido leñoso y con un cuociente más equilibrado entre tallo y raíz (Parra, 1986; Tourney y Korstian, 1947; citado por Montero, 1987; Muñoz et al., 1989).

El efecto del riego sobre el desarrollo final de las plantas está directamente relacionado con la fecha de siembra; siembras tempranas producen mayores diferencias en el tamaño de las plantas que las siembras tardías, en las cuales no se aprecian diferencias en el tamaño de las plantas aun con distintas tasas de riego (Muñoz et al., 1989). Para lograr un efecto de endurecimiento de las plantas, antes de ser trasladadas a terreno, los riegos deben distanciarse lo más posible, pero se recomienda aumentar su 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; citado por Montero, 1987).

3.2. Mejoramiento genético

La aplicación de la mejora genética en especies del género *Eucalyptus*, para lograr una mayor adaptación a las condiciones de clima y suelo presentes en las zonas áridas y semiáridas, permitiría incorporar a la producción forestal terrenos marginales, subutilizados y muchas veces en procesos de desertificación. La selección de genotipos resistentes a la sequía de distintas especies del género *Eucalyptus*, entre las que se cuenta *E. cladocalyx*, permitirá generar nuevos recursos forestales, incrementando la disponibilidad de madera y generando otra serie de beneficios sociales y ambientales.

En 1993, INFOR estableció en las cercanías de Los Vilos, IV Región de Chile, un ensayo de procedencias de *E. cladocalyx*, con semillas colectadas en Australia y de poblaciones locales, con la finalidad de determinar la variación genética existente entre las distintas poblaciones de origen, en función de su capacidad de adaptación y crecimiento.

A los 31 meses después de la plantación, los resultados mostraron claras diferencias en el comportamiento de las distintas procedencias, frente a las condiciones de suelo y clima presentes en el lugar de ensayo. Los resultados más promisorios corresponden a las procedencias locales –Peñuelas, Peralillo y Longotoma– que presentan mayor sobrevivencia y crecimiento que las procedencias australianas (cuadro 1).

Entre las procedencias australianas, Wirrabarra de South Australia tiene el mayor crecimiento, pero una sobrevivencia inferior al 50%. La procedencia NR Dubbo Airport presentó el menor crecimiento y sobrevivencia. Esta situación podría explicarse porque es una procedencia que se aleja del rango de distribución natural de la especie, con condiciones de clima más benignas que el sitio de ensayo.

Cuadro 1: Resultados de sobrevivencia y crecimiento de procedencias de *Eucalyptus cladocalyx*

Nº	Procedencia	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro (cm)
1	NR Dubbo Airport	37,5	1,22	2,66
4	Wirrabarra	50,0	1,75	4,05
5	Wilmington	67,5	1,51	3,61
9	9 km Wilmington	72,5	1,41	3,48
10	Peñuela	78,8	2,12	4,79
14	Peralillo	81,7	2,03	4,67
19	Longotoma	90,0	2,03	4,67

Fuente: Parra y Chung (1997)

La mejor adaptación de las procedencias locales frente a las australianas probablemente se explica porque los árboles que dieron origen a la semilla tienen un cierto grado de selección, ya que se eligieron los mejores árboles de un rodal que creció en condiciones muy adversas.

Estudios realizados por Parra y Chung (1997), señalan que para el éxito de la forestación con *E. cladocalyx* es fundamental emplear técnicas intensivas de establecimiento y las procedencias adecuadas con capacidad de adaptación a estos sitios, permitiendo la obtención de los productos deseados. Ejemplo de lo anterior es el caso en estudio, donde las procedencias locales constituyen una buena fuente de semilla para la zona costera de la IV Región, en comparación con las nuevas procedencias introducidas en este ensayo.

3.3. Establecimiento

3.3.1. Técnicas de establecimiento

El adecuado establecimiento de una plantación, considera una serie de etapas o actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes, de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer el crecimiento inicial, sobrevivencia y desarrollo posterior de la planta (por ejemplo: limpieza del terreno a plantar, fertilización del suelo, preparación del sitio, entre otros) (García et al., 2000).

En la zona árida de Chile, Provincia de Choapa, Región de Coquimbo, Wrann (1990) probó tres tratamientos de preparación de suelo, con y sin aplicación de fertilizantes y control de malezas, con el fin de determinar el efecto de estos métodos de establecimiento sobre la sobrevivencia y desarrollo de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. sideroxylon* y *E. cladocalyx*.

En relación con *Eucalyptus cladocalyx* el ensayo contempló la evaluación de las siguientes variables:

Preparación de suelo: 0: Casilla;
 1: Surco;
 2: Subsulado.

Niveles de mejoramiento: 0: Testigo;
 1: Control de malezas;
 2: Control de malezas y fertilización.

Estas variables se dispusieron en un diseño factorial de 3 x 3 (3 preparaciones de suelo y 3 niveles de mejoramiento).

Entre las tres especies estudiadas, *Eucalyptus cladocalyx* presentó un mayor desarrollo relativo, observándose una alta supervivencia en todos los tratamientos

y una respuesta favorable a la preparación de suelo, a la aplicación de herbicida y fertilizante (Cuadro 2).

Cuadro 2: Métodos de plantación de *Eucalyptus cladocalyx*.
Resumen de los resultados al segundo año después de la plantación

Factor A Preparación del suelo	Factor B Fertilizante, herbicida	Sobrevivencia promedio %	Altura (m)	Diámetro basal (cm)	Índice de crecimiento D ² H (cm ²)	
					Promedio	Total
A0= Casilla	B0=Testigo	88	1,02	1,8	409,78	9.170,88
	B1=Herbicida	80	1,09	1,9	961,02	17.994,78
	B2=Herbicida-	85	1,24	2,1	920,28	19.543,49
	Fertilización					
TOTAL A0		84	1,12	1,9	763,69	15.569,72
A1= Surco	B0=Testigo	79	1,27	2,3	1.067,44	20.234,32
	B1=Herbicida	88	1,21	2,2	829,01	17.269,21
	B2=Herbicida-	81	1,39	2,6	1.599,86	32.043,18
	Fertilización					
TOTAL A1		83	1,29	2,4	1.165,44	23.182,24
A2= Subsulado	B0=Testigo	89	1,11	1,8	543,59	12.105,20
	B1=Herbicida	83	0,96	1,8	380,85	7.868,59
	B2=Herbicida-	85	1,25	2,4	1.157,32	24.913,78
	Fertilización					
TOTAL A2		86	1,11	2,0	693,92	14.962,52

Fuente: Adaptado de Wrann (1990).

El análisis de varianza entregó diferencias significativas para las variables diámetro basal e índice de crecimiento total, indicando que estas diferencias se deben principalmente al factor aplicación de herbicidas y fertilizantes. El desarrollo

de las plantas en términos del índice de crecimiento total, presenta el mejor resultado para el tratamiento surco-herbicida-fertilizante.

Los resultados de este estudio confirman la importancia de aplicar técnicas intensivas de plantación para permitir una mayor ganancia en crecimiento (Schönau et al. 1981).

Wrann (1990) finalmente resume las implicancias de las técnicas de plantación de las especies de *Eucalyptus* analizadas, incluyendo *E. cladocalyx*, de acuerdo a lo siguiente:

- El control de maleza debe ser parte integrante de cualquier método de establecimiento, debido a su efecto en la sobrevivencia inicial.
- El desarrollo inicial de la plantación se asegura con métodos de preparación de suelo más intensivos (surco o subsolado) combinados con el control de maleza y la fertilización.
- La preparación de suelo debe ser lo más profunda posible, de acuerdo a las condiciones de sitio y los medios con que se cuente.
- Sin considerar las procedencias de las tres especies analizadas, *Eucalyptus cladocalyx* presenta el mejor desarrollo inicial.

3.3.2. Control de maleza

Eucalyptus cladocalyx tiene poca capacidad para competir con malezas, por lo que se recomienda un control intensivo (CATIE, 1984). Numerosos estudios señalan la importancia del control de malezas en el establecimiento de plantaciones del género *Eucalyptus*. 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 e Infante, 1988, citado por Wrann et al., 1993). Además, el control de malezas 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 (Nambiar et al., citado por Wrann, 1990).

El control de malezas en zonas secas puede hacerse en forma química y/o manual. Es recomendable efectuar un control químico con herbicidas preplantación por su eficacia y duración. Una vez efectuada la plantación en general resulta más efectivo el control manual ya que al remover la maleza con el azadon deja mullido el suelo ayudando a la infiltración del agua. El desmalezado se realiza por lo general en un radio aproximado de 1 m alrededor de la planta (Ellis et al. citado por Wrann, 1990).

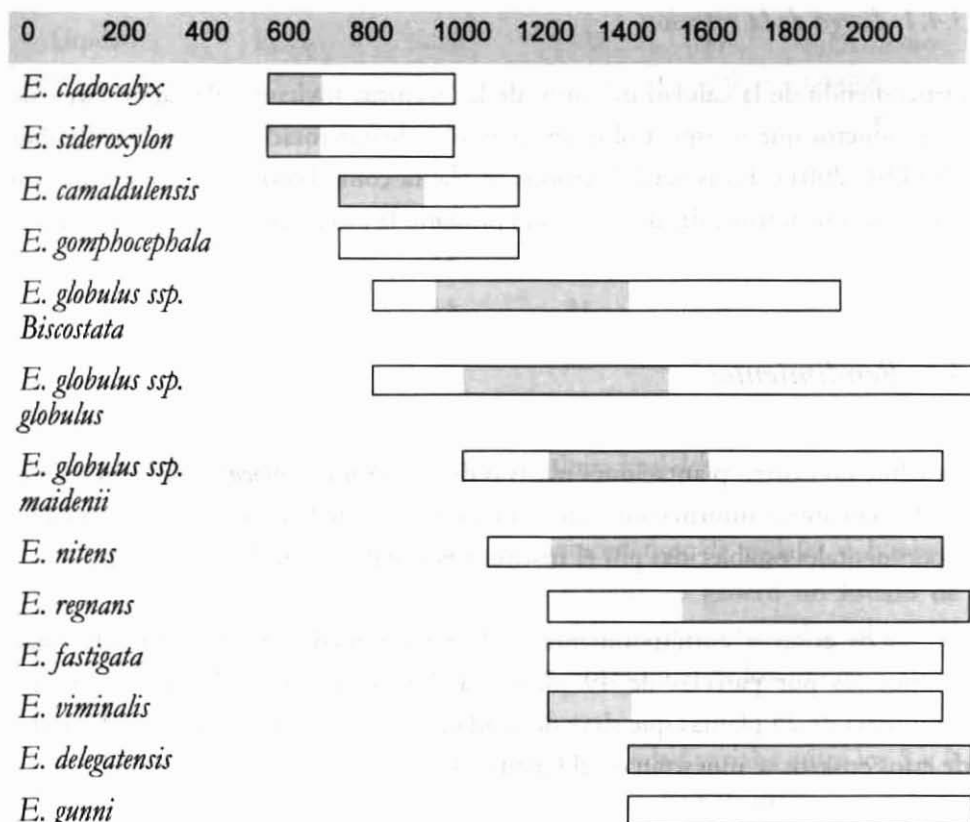
3.3.3. *Requerimiento hídrico*

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 (Prado et al., 1991).

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 un riego mensual de 4-5 litros de agua por planta, durante los meses de enero, febrero y marzo.

El Cuadro 3 muestra el requerimiento hídrico en cuanto a precipitación de las especies de *Eucalyptus* cultivadas en el país. En este cuadro se puede observar que las especies de menor requerimiento hídrico corresponden a *Eucalyptus cladocalyx* y *Eucalyptus sideroxylon*.

Cuadro 3: Especies recomendadas según rango de precipitación



Recomendable en el rango de precipitación.

La especie crece en ese rango, pero hay otras más recomendables.

Fuente: Prado y Barros (1989)

3.4. Manejo silvicultural

3.4.1. Largo de la rotación

Dependiendo de la calidad del sitio, de las técnicas silviculturales aplicadas y de los productos que se espera obtener, es posible lograr rotaciones de 15 a 20 años (INFOR, 2001). En general la especie se planta como bosques puros, en líneas o asociadas con cultivos, siendo su destino primario la producción de postes y leña.

3.5. Rendimientos

En Chile no existen plantaciones masivas de *Eucalyptus cladocalyx*, sin embargo es posible encontrar información sobre el crecimiento de la especie, en las unidades experimentales establecidas por el Instituto Forestal a partir del año 1966.

Los ensayos correspondientes a la región mediterránea semiárida están compuestos por parcelas de 49 plantas a 3 x 3 m y una subparcela interior compuesta de 25 plantas que sirve de unidad de control. Los resultados obtenidos de estos ensayos se muestran en el Cuadro 4.

Considerando el tamaño de las parcelas, la estimación del área basal y volumen por hectárea que registran las especies en los diferentes lugares, los resultados están sujetos a errores difíciles de cuantificar. Por esta razón, las cifras indicadas en el cuadro deben ser consideradas como una estimación del potencial de crecimiento de la especie (Prado y Barros, 1989).

- Información dasométrica de *Eucalyptus cladocalyx* creciendo en Chile

INFOR (2002) desarrolló un estudio tendiente a establecer una base de información sobre la especie, generando los primeros antecedentes acerca del crecimiento y rendimiento, en la perspectiva de productos a generar.

Cuadro 4: Crecimiento de *E. cladocalyx* en la región climática mediterránea semiárida de Chile

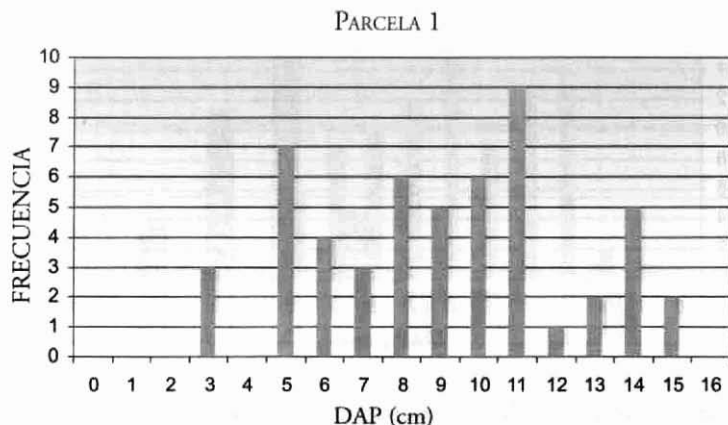
Unidad Edafoclimática	Ensayo	Edad	DAP (cm)	H (m)	Incremento Diamétrico (cm/año)
Coquimbo	Peralillo	15	20	14,0	1,33
Zapallar	Longotoma	15	32	15,5	2,13
Santiago	Floresta	15	24	22,0	1,60
Rapel-Talca	Peñuelas	15	21	14,0	1,40
	Colenguado	15	26	19,5	1,73

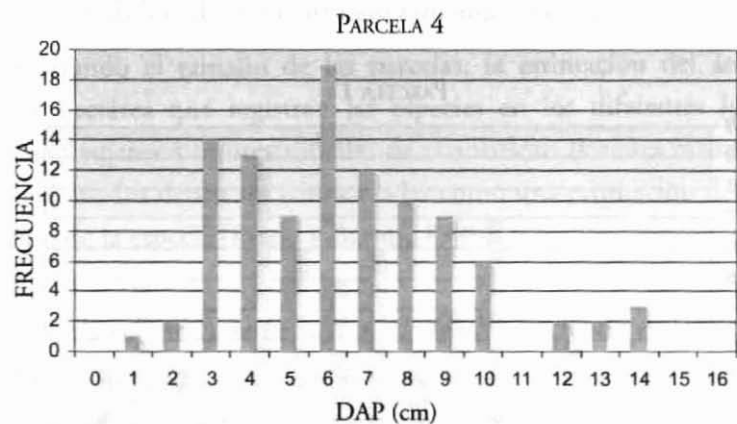
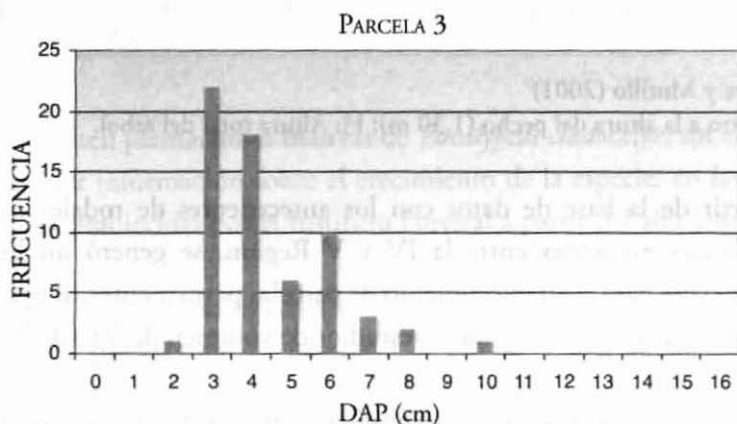
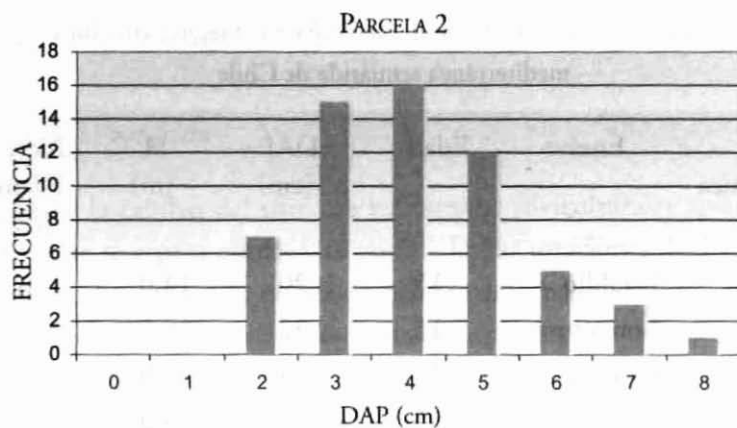
Fuente: Loewe y Murillo (2001)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m); H: Altura total del árbol.

A partir de la base de datos con los antecedentes de rodales o bosques con *E. cladocalyx* existentes entre la IV y V Región, se generó un listado de rodales potenciales para el establecimiento de parcelas permanentes, al igual que las parcelas temporales requeridas para los estudios de volumen de los árboles.

En las parcelas permanentes establecidas, cuya edad variaba entre los 5 y 9 años, fue posible encontrar las siguientes distribuciones diamétricas:





Los antecedentes de cada parcela son presentados en el Cuadro 5.

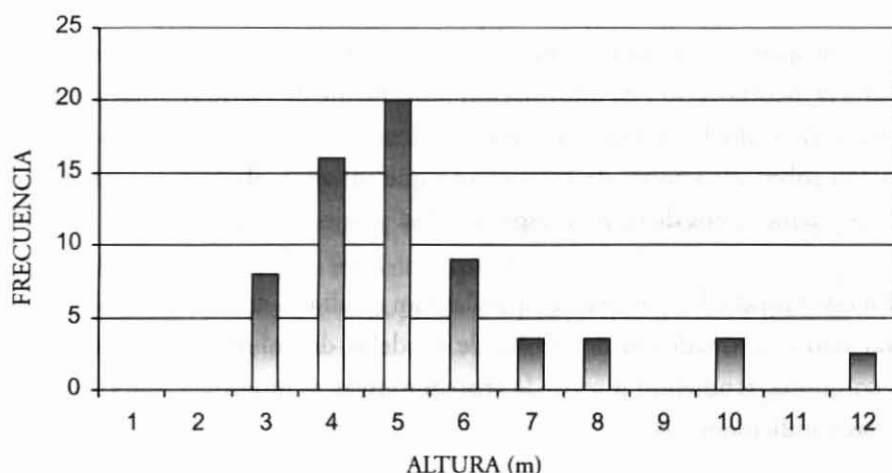
Cuadro 5: Antecedentes de los rodales donde las parcelas permanentes fueron establecidas

Parcela	Predio	Fecha	Coordenadas	Elevación (msnm)	Edad * (años)
1	Ilta	08.05.2001	31°37.45 S - 071°17.11 W	428	9
2	Cuz Cuz	10.05.2001	31°38.34 S - 071°13.67 W	401	5
3	Cuz Cuz	10.05.2001	31°38.34 S - 071°13.67 W	401	5
4	Cabra Corral	11.05.2001	31°34.08 S - 071°20.45 W	277	9

* momento de la instalación de la parcela.

Del gráfico anterior se concluye que la especie presenta escaso desarrollo diamétrico, sin embargo, dadas las condiciones de suelo y clima en que se desarrollan estas plantaciones, pueden considerarse como una alternativa productiva de cierto interés, en especial para la producción de postes, polines y leña.

De igual forma, en estas parcelas experimentales, fue posible encontrar la siguiente distribución de alturas:



En el gráfico anterior se observa una distribución normal de las alturas. La mayor frecuencia se observa entre los 4 y 5 metros de altura, lo que refleja las condiciones de sitio existentes en los lugares donde se ha establecido esta especie y como ellas influyen en el crecimiento alcanzado, considerando que estas plantaciones tienen cerca de 9 años. Estas alturas y diámetros dan una idea de los volúmenes factibles de obtener.

En general las diferencias de crecimiento entre sitios son significativas, y explican los resultados, al nivel de las distribuciones diamétricas existentes. En el caso de las parcelas de menor crecimiento se observa que la distribución se asemeja a una curva decreciente, en donde la mayor frecuencia se presenta en las clases inferiores. En caso de las unidades de mayor crecimiento, la frecuencia diamétrica se ajusta a una curva normal.

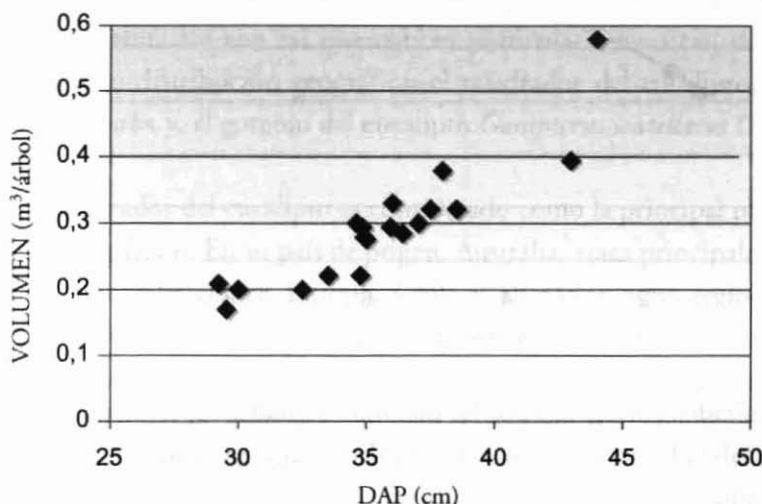
Si se analizan los incrementos en altura, se observa que alcanzan en promedio a 0,8 metros por año, con mínimos y máximos de 0,4 y 1,1 metros, respectivamente, lo cual es cercano a referencias bibliográficas sobre el crecimiento de esta especie. Los mayores valores en el incremento en altura se registran en un rodal de 9 años de edad ubicado en la localidad de Ilta (31°37,45 S - 071°17,11 W).

- Modelo de Volumen para *Eucalyptus cladocalyx*

Para un mejor ajuste y validación de modelos para eucalipto en la zona árida del país es necesaria la incorporación de información proveniente de variadas situaciones de crecimiento. Para ello, la recopilación de antecedentes es fundamental para obtener información sobre situaciones de crecimiento que intenten abarcar diversas áreas geográficas y parámetros de interés (especie, edad y sitio forestal).

En este sentido, las parcelas temporales han resultado ser más eficientes para recolectar datos destinados al desarrollo de modelos de volumen a través de su análisis conjunto, tendiendo a ser más representativas al muestrear ampliamente las diversas condiciones.

La relación de volúmenes según DAP, hasta un diámetro mínimo de 10 cm, obtenida desde las parcelas temporales establecidas durante la investigación se presenta en el siguiente gráfico:



En forma preliminar se ha establecido la siguiente función de volumen de árbol individual para *E. cladocalyx*:

$$V = 0,0246868 + 0,0000228865 \cdot (DAP^2) \cdot H$$

Donde:

V = Volumen (m³ssc) hasta un diámetro límite de 10 cm

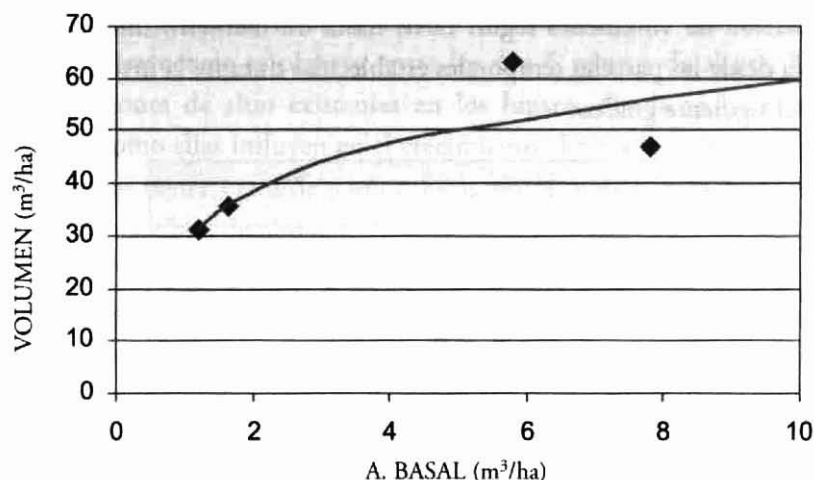
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura (m)

R² = 0,98

El siguiente paso en la investigación será obtener mayores antecedentes, y con ello generar un modelo específico que permita estimar producciones volumétricas referidas a ciertos productos madereros (postes y polines).

De igual forma, la relación de volúmenes por hectárea estimada a partir de la información de las unidades experimentales establecidas se presenta en el siguiente gráfico:



Los resultados entregados por las distintas unidades experimentales señalan una alta variabilidad con respecto a los rendimientos en volumen, a una edad máxima de 9 años.

Se presentan volúmenes inferiores a los 50 m³/ha, a edades similares.

Esta situación se confirma al observar los rendimientos a una edad de 10 años. Si se estiman proyecciones preliminares sobre esta edad se observan rendimientos cercanos a los 80 m³/ha. En terreno se observa que en general, aún con densidades superiores, los incrementos en volumen son bajos, inferiores a 10 m³/ha/año, lo que es menor a incrementos observados para *E. globulus* creciendo en cajas de ríos.

Una mayor base de información permitirá obtener con mayor certeza los rendimientos esperables, por lo que se requiere continuar con la medición de las unidades instaladas y aumentar su distribución en la zona de estudio.

Finalmente, es necesario mencionar que estos rendimientos se pueden considerar como un límite inferior, dado que estas plantaciones no fueron establecidas con las técnicas que hoy se recomiendan, que aseguran mayor supervivencia y desarrollo.

3.6. Plagas y enfermedades

De las plagas insectiles presentes en Chile y que atacan a distintas especies del género *Eucalyptus*, dos son las que cobran particular relevancia, debido al nivel de daño y a su distribución geográfica: el taladrador del eucalipto, *Phoracantha semipunctata* Fabr. y, el gorgojo del eucalipto *Gonipterus scutellatus* Gyll.

El taladrador del eucalipto es considerado como la principal plaga específica del género *Eucalyptus*. En su país de origen, Australia, ataca principalmente madera derribada, sin embargo, en Europa, Chile y en varias otras regiones donde se encuentra distribuido, causa gran daño a árboles en pie y madera trozada provista de corteza (Barría y Tomislav, 1994). Según Artigas (1994) esta plaga ataca árboles en pie, de preferencia individuos débiles y sometidos a condiciones de sequía permanente o por largos períodos, sin relación con la edad. En Chile, en la V y VI Región del país, y en lugares con más de 4 meses de sequía, es el principal enemigo del eucalipto. Según este mismo autor, la madera afectada pierde sus propiedades mecánicas por efectos de las galerías múltiples, en cuyo caso no puede ser destinada a usos estructurales como postes en minas y muelles; además, la madera afectada, incluso en pequeñas proporciones, es inmediatamente descalificada para usos de mayor calidad como parquet, chapas u otros. Sin embargo, su principal efecto sobre el árbol se traduce en pérdida de vigor y crecimiento, afectando su rendimiento, provocándole, en algunos casos, la muerte.

Eucalyptus cladocalyx es una especie que presenta un buen nivel de resistencia al ataque de *P. semipunctata*, debido especialmente, a su adaptación a sitios con baja disponibilidad de recurso hídrico (Chararas, 1969; Hanks et al., 1995). En un estudio llevado a cabo en una zona de la costa Marroquí, de clima mediterráneo semiárido, se comparó la resistencia de *E. cladocalyx* y *E. camaldulensis* frente al ataque de *P. semipunctata*. Los resultados obtenidos mostraron que *E. cladocalyx* fue mucho más resistente al ataque de este barrenador de corteza y madera, mostrando además una mayor competitividad contra la vegetación natural y mayor productividad que las procedencias locales de *E. camaldulensis*. Además esta especie logró una madera de mejor calidad, una mejor capacidad de regeneración natural

y rebrote de tocón y una buena capacidad de producción melífera (Montoya et al., 1983). Adicionalmente, El-Yousfi (1989), recomienda, como medida preventiva para el ataque de *P. semipunctata*, la selección de especies adecuadas para cada tipo de sitio y su susceptibilidad a la plaga.

Por otro lado, estudios llevados a cabo por Hanks et al. (1993) demostraron que trozas de *E. cladocalyx* dejadas en terreno fueron menos atractivas para la colonización de *P. semipunctata*, frente a otras especies como *E. camaldulensis*, las cuales atrajeron de 2 a 3 veces más adultos.

Otra plaga de importancia que afecta a muchas plantaciones de eucalipto en el mundo es *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae). En Chile, ésta plaga se encuentra presente desde 1998 y actualmente afecta a *Eucalyptus globulus* en la zona central del país (Parra y González, 1999).

El daño se caracteriza por una intensa defoliación causada por las larvas, inicialmente, con daños en ambas caras de la hoja, para finalmente consumir todo el limbo. Por su parte los adultos festonean las hojas y devoran los brotes apicales y yemas florales. Parra y González (1999), citando a diversos autores, señalan que el ataque de este insecto puede producir pérdidas de crecimiento de hasta un 30%. Además de un 30% de muertes de individuos, cuando los ataques han ocurrido sucesivamente por más de cuatro años, y un evidente estado de debilitamiento de los sobrevivientes. Raramente o nunca ataca a las especies *Eucalyptus cladocalyx*, *Eucalyptus maculata*, actualmente *Corymbia maculata* (The Magic of Australian Native Plants, 2002), *Eucalyptus polyanthemos*, *Eucalyptus saligna*, y *Eucalyptus trarutii* (Mally, 1924). En este sentido, De la Lama (1976) y Webb et al. (1984) agregan que *E. cladocalyx* es inmune a esta plaga.

Adicionalmente existen otras plagas de relativa importancia para esta especie, las cuales no están presentes en Chile. De la Lama (1976) señala que *E. cladocalyx* es susceptible al ataque del escarabajo defoliador *Paropsis atomaria* (Coleoptera: Chrysomelidae). Carne (1966), reportó que ocasionalmente han ocurrido severas defoliaciones en cortinas formadas por árboles maduros de *E.*

cladocalyx, producidas por este escarabajo, cuya situación poco frecuente, ya que en varias especies de *Eucalyptus* atacadas, son los árboles juveniles los que presentan serias defoliaciones. Otra especie de este mismo género, *Paropsis pustulosa*, también fue observada atacando individuos de *E. cladocalyx* (Irvine, 1958).

En el caso de enfermedades, la literatura consultada señala algunas de menor importancia, todas de tipo fungoso. Pont y Bowen (1954) reportaron la incidencia de canchros en las ramas de *E. cladocalyx*, los que fueron atribuidos a especies de género *Cytospora*. La enfermedad se asoció a inadecuadas condiciones de sitio para la especie.

Crous et al. (1988) reportó el ataque de *Coniothyrium ovatum* en *E. cladocalyx* en Sudáfrica, específicamente en zonas donde existía una alta ocurrencia de *Phaeoseptoria eucalypti* en una amplia variedad de especies de eucalipto.

Matheron y Matejka (1992), observaron la presencia de conidias y micelio del hongo *Erysiphe cichoracearum* sobre plantas de *E. cladocalyx* de 1 año de edad, en un invernadero en el Estado de Arizona, en EE.UU.



4. Aptitud forrajera, maderera y melífera

4.1 Aptitud forrajera

Frecuentemente es posible observar a caprinos ramoneando hojas y ramas de *Eucalyptus* en las plantaciones existentes en la Región de Coquimbo. Por tal motivo, ha sido necesario proteger las plantaciones para evitar el daño por ramoneo. De acuerdo a Poynton (1979, citado por Prado et al. 1986) las hojas de *Eucalyptus cladocalyx* puede constituirse en alimento para animales domésticos, ya que por su gusto dulce, son consumidas por el ganado, lo que podría implicar que este *Eucalyptus* podría ser un recurso forrajero. Dado que en el manejo de estas plantaciones es necesario podar las ramas basales en la medida que el árbol crece, estas ramas eventualmente podrían servir para alimentar animales. Sin embargo, existen antecedentes que establecen que ovinos en condiciones de sequía, cuando existe baja disponibilidad de forraje herbáceo, consumen hojas y ramas de *Eucalyptus*, sufriendo problemas respiratorios producto de la toxicidad de compuestos glucosídicos cianogénicos (Webber, Roycroft and Callinan 1985).

Dado que existía información contradictoria en este aspecto, Meneses et al. (2002) evaluó el consumo de hojas y tallos de *Eucalyptus cladocalyx* con caprinos en estado de preñez tardía. El consumo de las ramas fueron comparados con heno de alfalfa, considerando a este como patrón para establecer el nivel de consumo de *Eucalyptus*. Las ramas de *Eucalyptus* fueron obtenidas de una plantación localizada en la Comunidad Agrícola Cuz Cuz, Comuna de Illapel. Posteriormente el forraje fue ofrecido a cabras durante un período de 19 días. Los primeros 14 días fueron considerados como período de adaptación al forraje y los 5 días siguientes fueron considerados como período experimental. Las ramas cosechadas de los *Eucalyptus cladocalyx* representaron 79,22% de la materia seca de las hojas y 20 22% de materia seca de ramas.

El análisis químico de *Eucalyptus*, de acuerdo a la proporción de hojas y tallos, presenta menos elementos nutricionales que la alfalfa (Cuadro 6). De estos nutrientes, la proteína cruda presenta el 31% de la contenida por la alfalfa y la digestibilidad de la materia seca representa el 63,42%. El contenido de proteína cruda es algo superior al contenido encontrado en una buena paja de cereales.

Cuadro 6: Análisis químico ponderado de *Eucalyptus cladocalyx* y heno de alfalfa.

	MS (%)	PC (%)	EM (Mcal kg. ⁻¹)	DMS (%)	FDN (%)	FDA (%)	Hc (%)	Lig (%)	Cel (%)	Ce n (%)
<i>E. cladocalyx</i>	95,5	4,2	1,4	38,5	49,5	37,5	12,0	14,0	23,5	6,0
H de alfalfa	89,6	13,5	2,0	60,7	54,4	44,0	10,4	14,0	30,4	8,2

MS= Materia Seca; PC= Proteína Cruda; EM= Energía Metabolizable; DMS= Digestibilidad de la Materia Seca FDN= Fibra Detergente Neutra; FDA= Fibra Detergente Acido; Hc=Hemicelulosa; Lig= Lignina; Cel= Celulosa; Cen= Cenizas.

En el Cuadro 7, se indica el consumo de materia seca y nutrientes aportados por las ramas de *Eucalyptus cladocalyx*. El consumo de materia seca de *Eucalyptus* representa el 33,12 % del consumo de materia seca del heno de alfalfa, lo que refleja la baja aceptabilidad de las hojas y tallos de *Eucalyptus cladocalyx*. Normalmente se considera que el consumo de materia seca representa entre el 3 al 5% del peso de los animales. En este caso el peso promedio de los animales utilizados fue de 48,5 kg, que implica un consumo potencial de 1,4 kg/día. Como consecuencia del bajo consumo y el bajo contenido nutricional de las hojas y tallos, los nutrientes consumidos representan 11,56; 22,89; 21,45; 28,14 y 28,07% del consumo de PC, EM, DMS, FDN y FDA del heno de alfalfa respectivamente. El menor consumo de nutrientes implica una deficiencia de 160 g de proteína cruda y 3,46 Mcal de energía metabolizable por día, lo que se traduce en un déficit de 78,1y 83,9 % de los requerimientos diarios.

Durante el período experimental no se observó efectos negativos del consumo de *Eucalyptus cladocalyx* en los animales, exceptuando, como ya se dijo, el bajo consumo de materia seca y nutrientes. Solamente un animal tuvo una muy baja condición corporal, atribuible al bajo consumo de alimento, que significó su muerte.

Cuadro 7: Consumo promedio diario de nutriente de *E. cladocalyx* y heno de alfalfa.

	Materia Seca g día ⁻¹	Proteína Cruda g día ⁻¹	Energía Metabolizable Mcal día ⁻¹	DMS g día ⁻¹	FDN g día ⁻¹	FDA g día ⁻¹	Ceniza g día ⁻¹
Heno de alfalfa	1346,8	198,2	2,9	889,5	670,7	531,3	112,8
<i>E. cladocalyx</i>	446,1	22,9	0,7	190,8	188,7	149,1	23,8
Pr > F	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001
CV %	14,2	6,1	10,7	10,0	11,4	11,4	9,8

Aunque muchas veces es posible observar ramoneo de *Eucalyptus* por cabras, en esos casos el *Eucalyptus* no es el único ingrediente de la dieta, lo que diluye los factores negativos del forraje. En esta oportunidad, el *Eucalyptus* fue el único ingrediente en la dieta, por lo que la baja aceptabilidad del forraje es atribuible a los metabolitos secundario como los glucósidos cianogénicos y los aceites esenciales que este recurso contiene (Gleadow y Woodrow, 2000). El bajo aporte de nutrientes no cubre los requerimientos del animal, lo que puede provocar una disminución de la condición nutricional, y por ende una disminución de la productividad, y finalmente es posible la muerte del animal por inanición, por lo que la hojas y tallos de *Eucalyptus cladocalyx* presenta limitaciones para ser usado como forraje para cabras como fuente de alimentación.

4.2. *Apatitud maderera*

4.2.1. *Propiedades de la madera*

La madera de *E. cladocalyx* es de color amarillo pálido a café, de textura fina y uniforme y de grano comúnmente entrelazado. Es dura, moderadamente durable y en estado verde presenta una densidad de 1100 kg/m³. Debido a que su crecimiento es más bien lento, la madera es menos susceptible al rajado y puede ser usada como madera aserrada para diversos fines (Prado et al., 1986).

Hasta el momento se han llevado a cabo pocos estudios sobre propiedades físico-químicas de la madera de esta especie de *Eucalyptus*, los cuales son importantes de conocer, ya que de éstas dependerá la gama de usos para los cuales pueda ser destinada la especie, especialmente si se toma en cuenta que dichas propiedades varían de acuerdo al sitio en que se esté utilizando.

Las propiedades químicas de la madera de cualquier especie toman particular importancia cuando se quiere utilizar la madera como materia prima para la elaboración de pulpa y papel.

En este sentido, Prado y Barros (1989) reportan que existe una alta variación en los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina en las maderas de las distintas especies de eucaliptos. Hillis (1978, citado por Prado y Barros, 1989), señala que los contenidos de celulosa varían entre 40 y 62%; los de hemicelulosa entre 12 y 22% y los de lignina entre 15 y 22%. Especial importancia cobra el contenido de lignina, al momento de someter la madera a un proceso de pulpage y blanqueo; ya que corresponde a un compuesto que mantiene a las fibras unidas, posee una estructura compleja, que la hace poco deseable como constituyente de la pulpa; por otro lado, le confiere cierto grado de rigidez a la fibra, dificultando algunos procesos. En el caso de *E. cladocalyx*, Melo et al. (1979, citado por Prado y Barros, 1989) determinó el contenido de lignina de algunas especies de eucalipto crecidas en Chile, los cuales se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Contenido de lignina de algunas especies de eucaliptos

Especie	Contenido de lignina (%BMS*)
<i>E. globulus ssp. maidenii</i>	20,7
<i>E. globulus ssp. globulus</i>	21,0
<i>E. regnans</i>	21,1
<i>E. citridora</i>	21,6
<i>E. cladocalyx</i>	21,7
<i>E. delegatensis</i>	21,9
<i>E. fastigata</i>	23,2
<i>E. globulus spp. bicostata</i>	23,4
<i>E. obliqua</i>	24,6

*BMS: Base Madera Seca

A mayor porcentaje de lignina, mayores son los costos en el proceso de pulpaje. *E. cladocalyx* presenta un porcentaje intermedio a bajo de lignina, lo que podría darle condiciones favorables para la producción de pulpa y papel.

Con respecto a la fibra, tres son sus características que pueden afectar la calidad de la madera como materia prima para pulpa y papel; longitud, diámetro y espesor. En el caso de *E. cladocalyx*, en términos cualitativos, De la Lama (1976), la describe como entrelazada, compacta y uniforme, mientras que en términos cuantitativos, Prado y Barros (1989), citando estudios anteriores, realizó una caracterización de la fibra de algunas especies de *Eucalyptus*, incluido *E. cladocalyx* (Cuadro 9).

Cuadro 9: Caracterización de la fibra de algunas especies de *Eucalyptus*

Especie	Longitud de fibra (mm)	Diámetro de fibra (μm)	Espesor de fibra (μm)
<i>E. globulus</i>	1,05	9,00	2,70
<i>E. grandis</i>	1,12	12,00	2,60
<i>E. saligna</i>	0,96	9,00	1,10
<i>E. cladocalyx</i>	0,79 - 0,81	16,94	3,29

En relación con las propiedades físico-mecánicas, uno de los parámetros más importantes y representativos corresponde a la densidad de la madera, ya que ésta se relaciona directamente con muchos procesos de conversión, incluyendo el aserrío, el secado, el encolado y en los rendimientos en la fabricación de pulpa y papel, debido a que es una buena indicación de la resistencia, dureza y durabilidad de la madera. En el caso de *E. cladocalyx*, De la Lama (1976) caracteriza la madera como bastante dura y de una fortaleza clase B (de una escala, usada en Australia, que va de A a D, en orden decreciente).

La densidad de la madera depende de varios factores, muchos de ellos propios de cada especie y otros relacionados con el medio ambiente. Los tipos de células, sus diámetros, el espesor de las paredes y el contenido de extraíbles inciden en la densidad de la madera. Éstos a su vez están influidos por la edad de los árboles y sus interacciones con el medio ambiente. La densidad de la madera normalmente se expresa como densidad básica, que es el peso de la madera seca (anhidra) por unidad de masa medida en estado verde (Prado y Barros, 1989).

En un estudio llevado a cabo por Pérez et al. (1982), se determinaron las propiedades mecánicas de *Eucalyptus cladocalyx*, provenientes de ensayos de introducción en la zona central del país, específicamente en el predio Longotoma, localidad de La Ligua (V Región) y en el predio La Floresta, localidad de Melipilla (R. Metropolitana). Los principales resultados a la edad de 12 años se muestran en los cuadros 10 y 11.

**Cuadro 10: Propiedades físico mecánicas de *Eucalyptus cladocalyx*
en estado verde (12 años)**

Propiedad	Unidad	Longotoma	Floresta
<i>Propiedades físicas asociadas</i>			
Contenido de humedad	%	55,5	70,4
Densidad aparente	Kg/m ³	1.094,9	1.021,2
Densidad básica	Kg/m ³	712,1	606,8
Densidad anhidra	Kg/m ³	902,5	769,7
<i>Flexión estática</i>			
Tensión en el límite de proporcionalidad	Kg/cm ²	-	449,5
Tensión de rotura	Kg/cm ²	-	751,8
Módulo de elasticidad	Ton/cm ²	-	89,26
<i>Flexión dinámica (tenacidad)</i>			
Resistencia rotura tangencial	N. cm	4059	3521
Resistencia rotura radial	N. cm	4117	2992
<i>Compresión paralela</i>			
Tensión en el límite de proporcionalidad	Kg/cm ²	-	221,7
Tensión de rotura	Kg/cm ²	-	342,8
Módulo de elasticidad	Ton/cm ²	-	91,46
<i>Compresión normal</i>			
Tensión en el límite de proporcionalidad	Kg/cm ²	-	107,0
Tensión de rotura	Kg/cm ²	-	158,3
<i>Cizalle</i>			
Tensión de rotura tangencial	Kg/cm ²	-	121,3
Tensión de rotura radial	Kg/cm ²	-	102,2
<i>Clivaje</i>			
Tensión de rotura tangencial	Kg/cm	-	101,6
Tensión de rotura radial	Kg/cm	-	78,7
<i>Tracción normal</i>			
Tensión de rotura tangencial	Kg/cm ²	-	53,9
Tensión de rotura radial	Kg/cm ²	-	44,9
<i>Dureza</i>			
Resistencia normal	Kg	-	659,3
Resistencia paralela	Kg	-	734,0
<i>Extracción de clavo</i>			
Resistencia normal	Kg	-	177,5
Resistencia paralela	Kg	-	129,2

Cuadro 11: Propiedades físico mecánicas de *Eucalyptus cladocalyx* en estado seco (12 años)

Propiedad	Unidad	Longotoma	Floresta
<i>Propiedades físicas asociadas</i>			
Contenido de humedad	%	12,2	12,1
Densidad aparente	Kg/m ³	897,0	736,3
Densidad básica	Kg/m ³	805,4	662,7
Densidad anhidra	Kg/m ³	867,7	702,8
<i>Flexión estática</i>			
Tensión en el límite de proporcionalidad	Kg/cm ²	-	596,6
Tensión de rotura	Kg/cm ²	-	1.011,1
Módulo de elasticidad	Ton/cm ²	-	105,36
<i>Flexión dinámica (tenacidad)</i>			
Resistencia rotura tangencial	N. cm	3.993,3	2.829,9
Resistencia rotura radial	N. cm	3.819,1	2.517,2
<i>Compresión paralela</i>			
Tensión en el límite de proporcionalidad	Kg/cm ²	293,5	294,6
Tensión de rotura	Kg/cm ²	621,1	548,2
Módulo de elasticidad	Ton/cm ²	161,72	11,94
<i>Compresión normal</i>			
Tensión en el límite de proporcionalidad	Kg/cm ²	153,2	138,2
Tensión de rotura	Kg/cm ²	199,7	187,3
<i>Cizalle</i>			
Tensión de rotura tangencial	Kg/cm ²	180,1	155,2
Tensión de rotura radial	Kg/cm ²	147,8	136,3
<i>Clivaje</i>			
Tensión de rotura tangencial	Kg/cm	129,1	114,8
Tensión de rotura radial	Kg/cm	82,6	53,3
<i>Tracción normal</i>			
Tensión de rotura tangencial	Kg/cm ²	67,2	72,4
Tensión de rotura radial	Kg/cm ²	-	58,6
<i>Dureza</i>			
Resistencia normal	Kg	1.186,7	807,0
Resistencia paralela	Kg	1.221,7	926,8
<i>Extracción de clavo</i>			
Resistencia normal	Kg	-	215,4
Resistencia paralela	Kg	-	164,6

4.2.2. Durabilidad natural de la madera

Eucalyptus cladocalyx posee una madera de alta durabilidad, la que en combinación con la tolerancia a adversas condiciones, hacen que la especie sea muy útil para agricultores de secano (Waters et al. 2000).

La especie cae dentro de la Clase 1 de durabilidad natural de la clasificación CSIRO¹ (altamente durable, Cuadro 12), y tiene una esperanza de vida, bajo y sobre la tierra, de al menos 25 años. La densidad de la madera en verde es de 1.200 kg/m³ y su densidad en seco (a 12% de contenido de humedad) es 1.100 kg/m³ (Waters et al. 2000).

La madera de *Eucalyptus cladocalyx* es a menudo usada para postes telefónicos, postes para la agricultura y leña. Esta madera es además usada en construcción pesada. Adicionalmente, la especie es útil para la producción de miel y carbón (Harwood et al. 2001).

En las regiones de Atacama y Coquimbo, madera de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* son utilizadas en el sector agrícola para dar soporte a las plantaciones de vides y cercar los perímetros agrícolas y ganaderos, debido a la inexistencia, a nivel regional, de recursos naturales que abastezcan con madera apropiada para los negocios agrícolas.

Cuadro 12: Las clases de durabilidad de CSIRO basados en la respuesta frente a la exposición al ataque de termitas y hongos.

Clase (N°)	Vida útil (años)
1	Más de 25
2	15 a 25
3	8 a 15
4	Menos que 8

En la Región de Coquimbo existen alrededor de 2.206 ha de plantaciones de especies del género *Eucalyptus*, representando el género introducido más plantado después del *Atriplex* (INFOR, 1999). De estas plantaciones, la mayoría

¹ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation of Australia

corresponde a *Eucalyptus globulus*, especie intolerante a la sequía (Prado y Barros, 1989), las cuales han sido plantadas principalmente en sectores destinados a cultivos, valles y bordes de ríos donde la disponibilidad de agua es mayor.

Los postes utilizados en la agricultura regional, ya sea madera proveniente de *Eucalyptus globulus* como de *Pinus radiata*, necesitan ser tratadas con preservantes inorgánicos para incrementar su durabilidad, y por lo tanto, toda la madera comercializada para estos fines ha sido tratada para incrementar su vida útil. En este sentido es importante considerar la existencia de reglamentaciones ambientales internacionales, que están restringiendo el uso de preservantes de la madera, por lo cual se hace necesario buscar alternativas naturales para postes y polines de uso en la agricultura a modo de evitar restricciones a sus exportaciones, y la madera de *Eucalyptus cladocalyx* podría ser una de ellas.

Los compuestos destinados para tratar la madera en el país corresponden principalmente a sales llamadas CCA, que contienen componentes de Cobre (que desempeña el papel de fungicida), Cromo (además de fungicida para ciertos hongos, y trabaja en la fijación de los productos químicos a la madera), y Arsénico (que actúa como insecticida), donde se emplean concentraciones del orden de 6 a 7 kg de sales CCA por cada m³ de madera (Latorre, 2000). Además, en las plantaciones de vides y en los cercos agrícolas de la Región de Coquimbo, usualmente se emplean postes de *Eucalyptus globulus* impregnados con creosota, compuesto derivado del alquitrán (Martínez, 2002).

Según Latorre (2000), existen ciertas dificultades en la producción de maderas impregnadas con sales CCA en el país. Entre ellas, la fiscalización o control de la calidad del proceso de impregnación, es una de las principales dificultades, existiendo plantas que producen gran volumen de madera de mala calidad, debido a la carencia de obligaciones o exigencias en el cumplimiento con los estándares adecuados de impregnación. De lo anterior se deduce que la madera tratada con las sales mencionadas, podría en muchos casos no tener la durabilidad esperada (superior a 25 años de vida útil), debiendo los agricultores, eliminar la madera residual antes de tiempo, y por lo tanto, acumular residuos sólidos tóxicos permanentes en el ambiente en el cual fueron utilizados.

En Europa, existen evidencias concretas de la restricción en el uso de maderas tratadas con creosota y sales metálicas inorgánicas de CCA. En efecto,

la Comunidad Europea (1994), en su legislación comunitaria, considera que la creosota puede resultar nociva para la salud debido a su contenido de cancerígenos conocidos, y por lo que restringió la comercialización y uso de maderas tratadas con este compuesto, para todos los países de Europa.

En la Comunidad Europea, la madera tratada con creosota debe cumplir con requisitos específicos para permitir su utilización, y sólo para el tratamiento de la madera en instalaciones industriales y en usos tales como vías de ferrocarriles, en transmisión de energía eléctrica y telecomunicaciones, para cercados y en puertos y vías navegables. Está prohibido su uso en interiores de edificios, en instalaciones de juegos para niños, parques, jardines y en otros lugares de recreación al aire libre o en los que exista un riesgo de contacto frecuente con la piel y en mobiliario de jardín, o en contacto con productos destinados al consumo humano o animal (Comunidad Europea, 2002).

Por otra parte, el Ministerio de Medio Ambiente de Dinamarca, en el marco general de su normativa sobre preservantes de la madera, ha restringido el uso de una serie de productos. Como principal alternativa a la creosota se utilizó en Dinamarca sales metálicas inorgánicas (CCA), hasta que el uso de madera tratada con estas sustancias fue prohibido en 1997 (Comunidad Europea, 1999).

El arsénico se encuentra entre los 20 elementos más comunes en la corteza terrestre, presentándose en forma natural en minerales, aguas, tierra, vegetales y animales. Los compuestos arsenicales tienen muchos usos industriales, y también son usados en pesticidas, herbicidas y preservantes de la madera (Sancha, 1994). Diversos estudios epidemiológicos recientes han demostrado la asociación entre el arsénico inorgánico y el aumento de riesgo de contraer cáncer a la piel o el pulmón. Tradicionalmente estos cánceres se relacionan con la vía de exposición al arsénico (Ibid).

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer clasificó en 1987 al arsénico inorgánico, como un agente cancerígeno perteneciente al Grupo I, es decir como un agente cancerígeno humano comprobado (citado en Sancha, 1994).

4.3. *Eucalyptus para miel*

La apicultura es una actividad que ha experimentado una mejora creciente en el país, en relación con su productividad y calidad. La producción de miel, según datos del último censo agropecuario de 1997, se realiza en todo el país, salvo en las regiones I y XII.

Una gran proporción de la miel que se produce en las zonas tropicales y subtropicales proviene de los árboles. Los eucaliptos, probablemente, constituyen la principal fuente de alimento para la producción de miel de abejas en Australia, pero sólo algunas especies son buenas productoras (Cuadro 13).

Cuadro 13: Índices de granulación de las mieles monoflorales de las especies de *Eucalyptus* con aptitud melífera

Tipo de miel	D	D/W	D-W/L	L/D
<i>Eucalyptus albens</i>	29,6	1,66	0,32	1,22
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	32,7	1,92	0,41	1,16
<i>Eucalyptus cladocalyx</i>	25,2	1,72	0,25	1,66
<i>Eucalyptus leucoxylon</i>	29,1	1,81	0,28	1,57
<i>Eucalyptus melliodora</i>	30,4	2,17	0,38	1,41

D, glucosa. D/W, relación glucosa/agua. D-W/L, glucosa-agua/fructosa. L/D, fructosa/glucosa.

La miel es una solución con alta concentración de azúcares simples, que contiene más materia disuelta de lo que puede continuar en solución. No todas las mieles precipitan sus azúcares ni cristalizan en la misma proporción. Su tendencia a la granulación depende directamente de ciertos parámetros de sensibilidad (o índices de cristalización), entre ellos la glucosa (D), la relación glucosa/agua (D/W), glucosa-agua/fructosa (D-W/L), fructosa/glucosa (L/D) y la melesitosa (Manikis y Thrasivoulou, 2001).

De modo específico, la miel suele cristalizar, rápidamente, cuando contiene más de 28-30% de glucosa (Phillips, 1929; Kodounis, 1962; Bogdanov, 1993), cuando la relación D/W es de 2,1 e incluso más (Austin, 1953; Jamieson, 1954; White, 1962, 1975; Kodounis, 1962), cuando la relación D-W/L tiene un valor alto (Jackson y Silsbee, 1924), cuando la relación L/D<1,14 (Kodounis, 1962; White, 1975), y el contenido de melesitosa es superior al 10% (Bogdanov, 1993).

Los datos relativos a las mieles internacionales corresponden a la opinión general de que cuanto más alto sea el contenido en glucosa tanto mayor será la tendencia a la cristalización. Todos los tipos de miel con un contenido de glucosa inferior al 30% granulan lentamente o no granulan. La relación D/W es uno de los más útiles índices de predicción de la granulación. Los resultados de la investigación indican que la relación D/W se puede utilizar para prever o bien para contrarrestar la tendencia de granulación de la miel (Manikis y Thrasivoulou, 2001).

Seijo et al. (1998) realizó un estudio de distribución y caracterización de las mieles de Galicia, España, el cual consistió en un estudio polínico de 60 muestras de miel, presentando porcentajes superiores al 70% de polen de *Eucalyptus*, por lo que se han considerado mieles monoflorales. El 10% de las muestras analizadas presentaron valores de polen de *Eucalyptus* superiores al 89%, el 34% presentó valores comprendidos entre 80% y 89%, el 56% restante contiene valores entre el 70% y el 79%. El número medio de tipos polínicos en los espectros de estas mieles fue de 25 y su contenido en indicadores de mielada (miel obtenida primordialmente a partir de secreciones de las partes vivas de las plantas o de insectos succionadores presentes en ellas) es nulo. En cuanto a su riqueza polínica, son mieles pobres en polen presentando una media de 4.753 granos de polen por gramo de miel. En general, las mieles de eucalipto de Galicia presentan cristalización tardía y color ámbar, característica también encontrada en los estudios de Manikis y Thrasivoulou (2001) con *Eucalyptus cladocalyx*.

Los antecedentes descritos anteriormente, sumado a los resultados empíricos encontrados en Australia, permiten precisar que la especie *Eucalyptus cladocalyx* puede ser utilizada como alternativa melífera, incorporando una opción adicional a la producción maderera.

- Artigas, J. 1994. Entomología económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Ediciones Universidad de Concepción. Vol II. 943 p.
- Austin G.H. 1953. Maintaining a High Quality in Liquid and Recrystallized Honey. Can. Bee J. 61 (1).
- Barría, G.; Tomislav, P. 1994. El taladrador del eucalipto: *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera: Cerambycidae) en Chile. En: Revista Chile Forestal. Documento Técnico N° 78.
- Barros, S.; Rojas, P. 1987. Ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en la zona semiárida de Chile. En: Ciencia e Investigación Forestal. 01(1): 029 - 040.
- Benedetti, S.; Perret, S. 1995. Manual de forestación zonas áridas y semiáridas. INFOR-CORFO. Manual N° 21. 135 p.
- Bogdanov S. 1993. Liquefaction of Honey. Apiacta, XXVIII, 4-10.
- Briggs, M. 1990. Chemical Defense Production in *Lotus corniculatus* L. I. The Effects of Nitrogen Source on Growth, Reproduction and Defense. En: Oecología 83: pp 27 - 31.
- Broker, M.; Connors, J.; Slee, V. 2000. EUCLID: Eucalypts of South-eastern Australia. CSIRO.
- Carne, P. B. 1966. Ecological Characteristics of the Eucalypt-defoliating Chrysomelid *Paropsis atomaria*. En: Aust. J. Zool. 1966 14 (4): 647 - 672

- CATIE. 1984. Especies para leña. Arbustos y árboles para la producción de energía. Turrialba, Costa Rica. 343 p.
- Crous, P.; Knox, P.; Wingfield, M. 1988. *Phaeoseptoria Eucalypti* and *Coniothyrium Ovatum* on *Eucalyptus spp.* in South Africa. En: Phytophylactica. 20: 4, 337 - 340.
- Chararas, C. 1969. Biology and Ecology of *Phoracantha Semipunctata*, Devastating Pest of *Eucalyptus spp.* in Tunisia, and Methods of Protecting the Stands. En: Ann. Inst. Nat. Rech. For. Tunis. 1969 2 (3). pp. 37.
- De la Lama, G. 1976. Atlas del Eucalipto. Tomo 1. Ministerio de Agricultura. ICONA. Madrid. España.
- El-Yousfi, M. 1989. The Principles of Control of *Phoracantha Semipunctata* Fabr. En: Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas. 15: 2, 129 - 137.
- FAO. 1979. Eucalypts for planting. FAO Forestry Series N° 11. 677 p.
- FAO. 2002. Anuario Productos Forestales 1996-2000. (Colección FAO. Estadísticas 158). Roma, Fao. 243 p.
- García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S.; Valdebenito, G. 2000. Establecimiento de plantaciones forestales: *Eucalyptus sp.* Instituto Forestal, 30 p.
- Gleadow, R.; Woodrow, I. 2000. Polimorphism in Cyanogenic Glycoside Content and Cyanogenic B-glucosidase Activity in Natural Populations of *Eucalyptus cladocalyx*. En: Aust. J. Plant Physiology 27: pp 693 - 699.
- González-Río, F.; Castellanos, A.; Fernández, O.; Gómez, C. 2002. Manual técnico de selvicultura del eucalipto. Consultado el 3/05/02 de: <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/indice.html>
- Hall, N.; Johnston, R.; Marryatt, R. 1963. The Natural Occurrence of the Eucalypts. Forest Research Institute. Department of Natural Development, Canberra. 122 p.

- Hanks, L.; Paine, T.; Millar, J. 1993. Host Species Preference and Larval Performance in the Wood-boring Beetle *Phoracantha semipunctata* F. En: Oecología. 95 : 1; 22 - 29.
- Hanks, L.; Paine, T.; Millar, J.; Hom, J. 1995. Variation among *Eucalyptus* Species in Resistance to Eucalypts Longhorned Borer in Southern California. En: Entomologia Experimentalis et Applicata. 74 : 2; 185 - 194.
- Hill, K.D. and Johnson, L.A.S. (1995). Systematic Studies in the Eucalypts. 7. A Revision of the Bloodwoods, Genus *Corymbia* (Myrtaceae). Telopea 6(2-3): 185 - 504.
- INFOR. 2001. Sistema de gestión forestal para la modernización de pequeños agricultores. Versión final, WEB 2.0.
- INFOR, 2002. Proyecto desarrollo forestal maderero para la región árida del país. Informe de avance N°3. Santiago, Chile.
- Irvine, C. 1958. *Paropsis pustulosa* - Leaf Beetle. Plantat. Tech. Pap. For. Comm. Vict. No. 5: 23 - 4.
- Jackson R.S., Silsbee C.G. 1924. Saturation Relations in Mixtures of Sucrose, Dextrose and Levulose. U.S. Commerce Dept. Standards Bureau Technol. 259 - 304
- Koudounis M.I. 1962. The Crystallization of Honey. Ph. D. Thesis. Athens, University of Athens, Ministry of Agriculture, 88 pp.
- Loewe, V.; Murillo, P. 2001. Estudio de ensayos de introducción de especies. Instituto Forestal. 235 p.
- Mally, C. W. 1924. The *Eucalyptus* Snout Beetle (*Gonipterus scutellatus* Gyll.). J. Dep. Agric. Union South Afr. 9: 415 - 442
- Manikis, I. y Thrasivoulou, A. 2001. La Relación entre las características físico-químicas de la miel y los parámetros de sensibilidad a la cristalización. Apiacta, XXXVI (2), 106 - 112.

- Matheron, M.E.; Matejka, J.C. 1992. Powdery Mildew Caused by *Erysiphe Cichoracearum* on Five New *Eucalyptus* Hosts in Arizona. En: Plant Disease 76: 10, 1077.
- Meneses R., Contreras C., Rojas A., Flores, H. 2002. Evaluación de consumo de hojas y tallos de *Eucalyptus cladocalyx* como alternativa forrajera para caprinos. XXVII Reunión anual. Sociedad Chilena de Producción Animal. Chillán, Chile. 2, 3 y 4 de octubre 2002, pp. 99-100.
- Montero, E. 1987. Principales factores que intervienen en el desarrollo de las plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnb en vivero. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 127 p.
- Montoya, J.; Rizan, B.; Mahzoum, A.; Allue, M.; Meni, A. 1983. Species of Eucalypts Suitable for Forestry Production in Regions Attacked by *Phoracantha*: A Comparative Study of *Eucalyptus cladocalyx* and *Eucalyptus camaldulensis*. En: Annales de la Recherche Forestiere au Maroc. 23: 425 - 444.
- Mora, F.; Perret, S. 2002. *Eucalyptus cladocalyx* en la región de Coquimbo: especie maderera para el negocio frutícola. Revista Tierra Adentro 46 : 28-29.
- Muñoz, A.; Montero, E.; Toral, M. 1989. Análisis de la incidencia de algunos factores que intervienen en la producción de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* en vivero. En: Chile Forestal. Artículo técnico junio 1989. 4p.
- Parra, P.; Chung, P. 1997. Comportamiento de procedencias de *Eucalyptus cladocalyx* F. Muell. de 31 meses de edad en Los Vilos, IV Región. En: Forestación y silvicultura en zonas áridas y semiáridas de Chile. Pp. 153-160.
- Parra, P. 1986. Vivero Forestal. Producción de eucalipto en maceta. CONAF RM. Programa de manejo forestal. 79 p.
- Parra, P.; González, M. 1999. Grupo I Insectos: Gorgojo del eucalipto. En: Informativo Sanitario Forestal N° 2. 12 p.

- Pérez, G., V. 1982. Características físico-mecánicas de diez especies de eucaliptos crecidas en Chile. Santiago, Chile, INFOR. p. Irr (Informe técnico N°84).
- Phillips E.F. 1929. Some Physical Peculiarities of Honey. Gleanings in Bee Culture 57 (9): 570-572.
- Poyton, P. J. 1979. Tree Planting in Southern Africa, Vol. 2. The Eucaliptos. Department of Forestry. Republic of South Africa. 882 p.
- Pont, W.; Bowen, G. 1954. *Cytospora* sp. on Sugar Gum. En: Aust. Plant Dis. 6: 1.
- Prado, J. A.; Barros, S. 1989. *Eucalyptus*. Principios de silvicultura y manejo. CORFO-INFOR. 199 p.
- Prado, J. A.; Barros, S.; Wrann, J.; Rojas, P.; Barros, D.; Aguirre, S. 1986. Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. INFOR-CORFO. 168 p.
- Prado, J. A.; Infante, P.; Ipinza, R.; Bañados, J. C. 1991. Juvenile Growth and Drought Resistance of 166 Families of *Eucalyptus camaldulensis* in the Semiarid Region of Chile. IUFRO Symposium on Intensive Forestry: The Role of Eucalyptus. Pretoria, Sud Africa. Vol. 1: pp. 276-286.
- Prado, J. A.; Wrann, H. 1988. La importancia de la preparación del sitio y la fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus*. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile; 9-10 de junio. Pp 266-285.
- Rawlings, M. 2001. Regional Alloenzyme Divergence in Sugar Gum, *Eucalyptus cladocalyx*. CPBR Summer Scholarship Program Report 2000/01. Consultado el 28 de mayo de 2002 de: <http://www.ambg.gov.au/cpbr/summer-scholarship/2001-projects/rawlings-mathew.html>
- Rawlings, M.; McDonald, M.; Bell, Ch. 2001. Patterns of Genetic Diversity in *E. cladocalyx* F. Muell (Sugar gum). En: CPBR News, Issue 32: January 2001. Consultado el 10 de mayo de 2002 de: <http://www.anbg.gov.au/cpbr/herbnews/cpbrnews32.html>

- Seijo, M. C., Aira, M. J. y Jato, M. V. 1998. Distribución y características palinológicas de las mieles de *Eucalyptus gallegas*. Bot. Complutensis 22: 133-143.
- Serra, M. 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: FAO-PNUMA. Zonas áridas y semiáridas N° 12. 347 p.
- Schönau, A.; Verloren Van Themaat, R; Boden, D. 1981. The Importance of Complete Site Preparation and Fertilizing in the Establishment of *Eucalyptus grandis*. S. Afr. For. J. 116: 1-10.
- Smith, A.; Sherman, D. 1994. Goat Medicine. Lea and Febiger. A Waverly Company. Philadelphia. 620p.
- The Magic of Australian Native Plants, 2002. Recuperado 31/03/2003. <http://farrer.riv.csu.edu.au/ASGAP/Changes.html>
- Valdebenito, G.; Benedetti, S.; Andrade, F.; Salinas, A. 1997. Sistemas agroforestales: análisis y diseño de propuestas orientadas al secano de las comunas de Navidad y La Estrella. Programa PRODECOP-SECANO. 47 p.
- Valdevenito, G.; Hormazábal, M. 2000. Análisis de costos de establecimiento de plantaciones forestales en pequeñas propiedades atingente al decreto ley 701, Temporada 2000. INFOR, Documento de trabajo 012000. 36 p.
- Webb, D.; Wood, P.; Smith, J.; Herunan, G.; 1984. A Guide to Species Selection for Tropical and Sub-Tropical Plantations. Tropical Forestry Papers N° 15. CFI. 256 p.
- Webber, J.; Roycroft, C.; Callinan, J. 1985. Cyanide Poisoning of Goats from Sugar Gums (*Eucalyptus cladocalyx*). Australian Veterinary Journal 62, p. 28.
- White J. W., Jr. M.L. Riethot, M.H. Subers, I. Kushir. 1962. Composition of American honeys. Tech. Bull. U.S. Dept. Agric. No. 1261, 124 pp.

- White J. W., Jonathan Jr. 1975. Physical Characteristics of Honey. In: Honey A Comprehensive Survey. Ed. E. Crane. Heinemann: London, 608 pp.
- Wrann, J. 1990. Efectos de diferentes métodos de plantación en el desarrollo inicial de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon* en la zona árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 04(1): 069-088.
- Wrann, J.; Andrade, F.; Alvear, C. 1993. Técnicas de establecimiento para *Eucalyptus cladocalyx* y *Eucalyptus camaldulensis* en la zona árida y semiárida de Chile. Actas del Simposio: Los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. Pucón, Chile 24-26 de Noviembre de 1993. pp. 417-438.

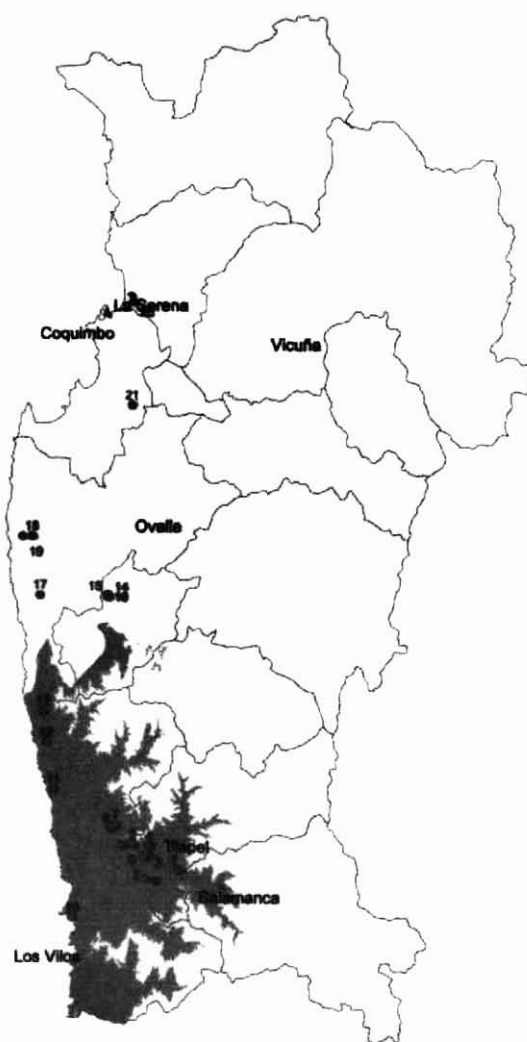
Anexo 1.

Superficie potencial de crecimiento de Eucalyptus cladocalyx en la Región de Coquimbo

Superficie potencial estimada para la forestación
con *Eucalyptus cladocalyx* en la Región de Coquimbo

Provincia	Superficie potencial (ha)		Provincia
	Comuna	Comuna	
Limarí			83.172
	Combarbalá	25.033	
	Punitaqui	36.965	
	Ovalle	21.174	
Choapa			612.720
	Illapel	140.421	
	Los Vilos	183.069	
	Mincha	222.215	
	Salamanca	67.015	
Total		695.892	695.892

*Cartografía de zonas de crecimiento potencial
de Eucalyptus cladocalyx.*



- Rodales ubicados con GPS
- Ciudades
- Zona Potencial E. cladocalyx

0 40 80 120 Kilómetros



Antecedentes de costos de establecimiento de plantaciones de *E. cladocalyx*.

Costo de establecimiento de plantación en secano, IV Región
Macrozona 2 – Tipología 1 y 2.

Densidad de Plantación 830 pl/ha			2 cuadrillas 4 personas			3 cuadrillas 6 personas		
ITEM	Materiales	Unidad	5 ha			70 ha		
			Cantidad	Valor/unit.	Costo	Cantidad	Valor/unit.	Costo
Plantas	<i>E. cladocalyx</i>	c/u	4150	\$ 83	\$ 344,450	58100	\$ 83	\$ 4,822,300
Sub total/ha					\$ 344,450			\$ 4,822,300
Roce fácil	Rozón	c/u	1	\$ 12,756	\$ 12,756	1	\$ 12,756	\$ 12,756
	Lima plana	c/u	1	\$ 2,325	\$ 2,325	5	\$ 2,325	\$ 11,625
	Cascos	c/u	1	\$ 2,643	\$ 2,643	1	\$ 2,643	\$ 2,643
	Guantes	c/u	1	\$ 1,947	\$ 1,947	14	\$ 1,947	\$ 27,258
Sub total/ha					\$ 19,671			\$ 54,282
Preparación del suelo		hr	10	\$ 88,500	\$ 885,000	140	\$ 88,500	\$ 12,390,000
Sub total/ha					\$ 885,000			\$ 12,390,000
Plantación	Pala plantadora	c/u	1	\$ 9,440	\$ 9,440	4	\$ 9,440	\$ 37,760
	Bandeja	c/u	1	\$ 590	\$ 590	4	\$ 590	\$ 2,360
	Guantes	c/u	1	\$ 779	\$ 779	16	\$ 779	\$ 12,464
	Cascos	c/u	1	\$ 2,643	\$ 2,643	4	\$ 2,643	\$ 10,572
Sub total/ha					\$ 13,452			\$ 63,156
Fertilización	Superfosfato triple	kg/ha	0	\$ 146	\$	0	\$ 146	\$
	Urea	kg/ha	75	\$ 140	\$ 52,500	75	\$ 140	\$ 735,000
	Sulf-K	kg/ha	0	\$ 227	\$	0	\$ 227	\$
Sub total/ha					\$ 52,500			\$ 735,000
Polímeros	Hidrofores	kg/ha	3,75	\$ 4,484	\$ 84,075	3,75	\$ 4,484	\$ 1,177,050
Sub total/ha					\$ 84,075			\$ 1,177,050
Control de malezas	Gramazine pre-plantación	lt/ha	3	\$ 4,552	\$ 68,280	3	\$ 4,552	\$ 955,920
Sub total/ha					\$ 68,280			\$ 955,920
Jornales	Roce fácil	días	10	\$ 3,500	\$ 35,000	140	\$ 3,500	\$ 490,000
	Control de malezas	días	10	\$ 3,500	\$ 35,000	140	\$ 3,500	\$ 490,000
	Plantación	días	20	\$ 3,500	\$ 70,000	280	\$ 3,500	\$ 980,000
	Fertilización	días	10	\$ 3,500	\$ 35,000	140	\$ 3,500	\$ 490,000
	Riego de establecimiento	días	25	\$ 3,500	\$ 87,500	350	\$ 3,500	\$ 1,225,000
Sub total/ha					\$ 262,500			\$ 3,675,000
Otros	Título de dominio	ha		\$	\$		\$	\$
	Asistencia técnica	ha	5	\$ 25,000	\$ 125,000	70	\$ 25,000	\$ 1,750,000
Sub total/ha					\$ 125,000			\$ 1,750,000
Transporte	unidad/viaje	km	nº de viajes	\$/km		nº de viajes	\$/km	
Plantas	8000	100	1	\$ 944	\$ 73,785	11	\$ 944	\$ 1,038,400
Materiales cerco (m²)	9	100	1	\$ 944	\$ 94,400	3	\$ 944	\$ 283,200
Personal		30	12	\$ 148	\$ 53,280	8	\$ 148	\$ 226,667
Sub total/ha					\$ 221,465			\$ 1,548,267
TOTAL					\$ 2,076,393			\$ 27,170,975
Valor/ha					\$ 415,279			\$ 388,157

Nota:

Para efectos del D.L 701, el país se ha dividido administrativamente en 9 macrozonas. La macrozona 2 corresponde a las regiones IV (excepto la provincia del Elqui), V Región (excepto la provincia de Valparaíso y San Antonio) y, por último, la provincia de Chacabuco en la Región Metropolitana. Respecto a las tipologías mencionadas, éstas corresponden a una clasificación particular de los pequeños propietarios. En este contexto se entiende por tipologías 1 y 2, como el grupo de campesinos dedicados a la agricultura en semiárido costero e interior, respectivamente; con especialización ganadera (caprina y/u ovina).

El ítem construcción de cerco no está incluido en el cuadro anterior, sin embargo se proporcionan los costos referenciales según superficie forestada.

	5 ha	70 ha
Cerco para 1 ha	\$ 166.855	\$ 44.743
Cerco total	\$ 834.276	\$ 3.132.031

Fuente: Valdebenito y Hormazábal, 2000.



INFOR
Instituto Forestal



FONDO DE
DESARROLLO
E INNOVACION
CORFO