



FOTO VI-3: Subsolador.

Al igual que los hoyos, en la medida que las condiciones de precipitación mejoran, el surco se hace más efectivo y aún un surco hecho con tracción animal puede ser suficiente para establecer exitosamente una plantación.

Cuando el lugar de plantación está cubierto por abundante vegetación herbácea, es conveniente hacer los surcos con bastante anticipación, ojalá un par de meses antes de la plantación. Esto permite que el pasto integrado al suelo se descomponga, al menos parcialmente, evitándose así una deficiencia temporal de Nitrógeno, que puede provocar un estancamiento inicial en el crecimiento. El proceso de descomposición del pasto emplea gran cantidad de Nitrógeno el cual es liberado una vez que éste termina. Esta deficiencia temporal puede suplirse con fertilización.

Subsolado

En suelos muy compactos, como lo son la mayoría de los suelos forestales del secano

interior de la zona central de Chile, el subsolado es una práctica altamente recomendable.

Para que el tratamiento sea efectivo, el subsolado debe hacerse antes de que comience el período de lluvias. El subsolado produce una gran remoción en el suelo cuando éste está seco. Si el suelo está saturado el efecto es mínimo, e incluso puede ser negativo.

El subsolado como tratamiento único, aún cuando entrega mejores resultados que el hoyo y que un surco hecho con animales, no es un tratamiento efectivo, ya que no produce un control adecuado de la vegetación competidora. Por esta razón, el subsolado siempre debe acompañarse con otro tratamiento de suelo superficial o con algún método de control de la competencia. La combinación de subsolado y surco produce excelentes resultados en el establecimiento de *E. camaldulensis* en la zona árida (Wrann, J., comunicación personal).

Puesto que el subsolado es un tratamiento más profundo, se puede esperar un efecto a más largo plazo. Schönau et al. (1981) señalan que durante el primer año el subsolado no mejoró el crecimiento de *E. grandis* en relación a otros tratamientos; sin embargo, al tercer año la tasa de crecimiento de las parcelas subsoladas fue superior a la de los demás tratamientos. Boden (1984) indica que las plantas siempre presentan una buena respuesta al subsolado, aún cuando éste no sea estrictamente necesario, como puede ser el caso de una plantación en suelos livianos y profundos, que sólo ofrecen una resistencia normal al desarrollo radicular.

El subsolado puede tener un efecto negativo en el desarrollo radicular. La raíz puede desarrollarse en un sólo plano, en el mismo sentido del subsolado, lo cual disminuye la resistencia de los árboles al viento.

Otros Métodos

Además de los 3 métodos descritos anteriormente, y que por razones técnicas y de costos, parecen ser los más aplicables en Chile, existen otros métodos de preparación del suelo que se emplean con éxito en el establecimiento de plantaciones de Eucalyptus y otras especies.

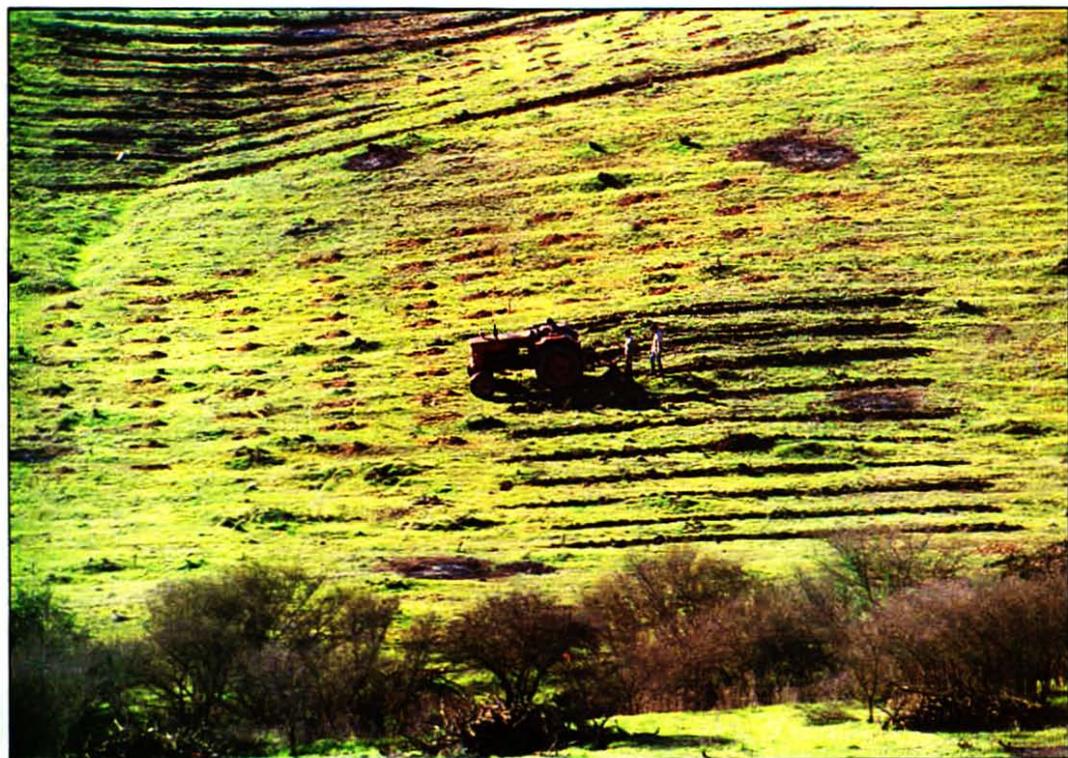


FOTO VI-4: Preparación de suelo con subsolador en el establecimiento de un ensayo de métodos de plantación. Melipilla, Región Metropolitana.

El sistema más eficiente para el establecimiento de plantaciones, según investigaciones realizadas en Sud Africa (The Wattle Research Institute, 1972) es el arado y discado de todo el terreno. Esto asegura un eficiente control de la competencia, aumenta la capacidad de retención de agua de toda el área y no limita el crecimiento lateral de las raíces.

Este tratamiento sólo debe realizarse en áreas de poca pendiente, para evitar problemas de erosión. En áreas más inclinadas el trabajo puede hacerse en franjas en curvas de nivel.

Por las razones discutidas anteriormente este tratamiento debe realizarse con bastante anticipación, para permitir la descomposición de la vegetación incorporada al suelo. El discado se hace inmediatamente antes de la plantación, con lo que se asegura el control de la maleza.

Otro método de establecimiento en zonas áridas es la plantación en terrazas, en donde un gran volumen de suelo es removido para formar áreas de plantación. Este tratamiento normalmente va acompañado de un subsolado profundo.

La aplicación de este método requiere de maquinaria pesada y por lo tanto es de alto costo. La plantación en terrazas sólo se justifica en suelos con bastante pendiente y muy erosionados. Más que un método de plantación puede considerarse como un método de recuperación de suelos y su empleo más frecuente es en la recuperación de cuencas hidrográficas muy deterioradas.

En zonas de mayor pluviosidad el tratamiento al suelo no es tan fundamental como en las zonas secas. Sin embargo, un tratamiento adecuado se



FOTO VI-5: Construcción de terrazas en un área fuertemente degradada.

ve claramente reflejado en el desarrollo inicial de las plantas.

Plantación

Dentro de los procesos de establecimiento, la plantación es tal vez el de mayor importancia. Por muy eficientes que hayan sido los tratamientos aplicados en el vivero o las técnicas de preparación del sitio, si la plantación no se realiza en la forma y época adecuadas, las probabilidades de éxito serán escasas.

Epoca de plantación

La época de plantación puede variar dependiendo de la zona. En general se debe plantar durante el invierno, aún cuando en la zona sur (IX y X Regiones) el período de plantación se puede extender hasta la mitad de la primavera.

En la zona árida y semiárida la plantación debe hacerse lo más temprano posible, apenas caigan las primeras lluvias, para que las plantas recién establecidas logren el máximo de desa-

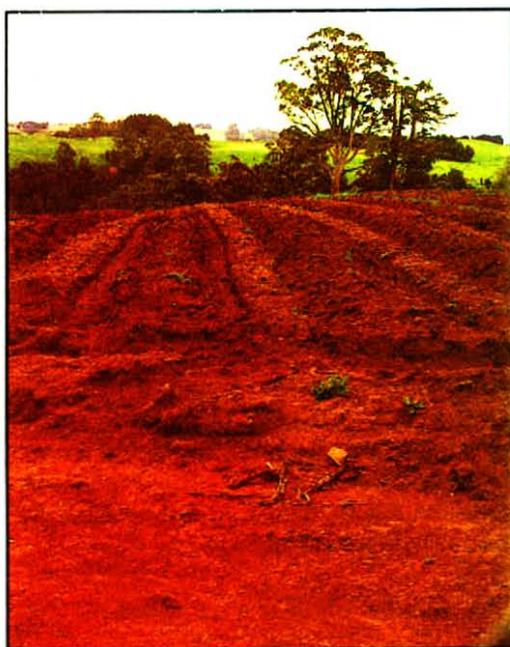


FOTO VI-6: Tratamiento intensivo de suelo. Arado y discado general y posterior preparación de camellón.

rollo radicular antes de que comience el período seco.

En zonas más lluviosas, aún cuando no es necesario desde el punto de vista fisiológico, es conveniente la plantación temprana, ya que, si es necesario, permite hacer un replante dentro de la misma temporada, lo cual conduce a obtener un rodal más homogéneo. Cuando se replanta al año siguiente, la diferencia de tamaño entre las plantas, hace que las más jóvenes crezcan, en su mayoría, suprimidas.

En algunos casos la época de plantación puede adecuarse a la ocurrencia de otros factores, por ejemplo, la ocurrencia de heladas. Si las condiciones de precipitación lo permiten, la plantación puede postergarse para evitar el o los meses con más heladas, disminuyendo así las probabilidades de daño.

Espaciamiento de plantación

La elección del espaciamiento de plantación depende de una serie de factores, entre los que se incluyen la calidad del sitio y los objetivos de la plantación, además de consideraciones netamente económicas.

El espaciamiento normalmente se expresa como la distancia entre árboles, dentro y entre líneas o a veces como un número de árboles por hectárea, subentendiéndose un determinado espaciamiento. Por ejemplo, cuando se habla de 1111 árboles/ha se supone un espaciamiento de 3x3 m.

Un menor espaciamiento implica un mayor costo de establecimiento y cosecha, pero puede generar un mayor volumen total, con una determinada rentabilidad. Un espaciamiento amplio, en cambio, implica un menor costo, un menor volumen total, pero productos de mayor valor. La alternativa correcta será aquella que entregue la mayor rentabilidad, considerando la madera en pie como producto final o como parte de un proceso productivo industrial.

La determinación del espaciamiento óptimo para una plantación dependerá del potencial productivo del sitio y el tipo de producto que se desee obtener, lo cual condiciona el tamaño medio de los árboles y por lo tanto determina el período de la rotación.

Hay también otros factores que deben considerarse al determinar el espaciamiento de plantación. Este puede depender de las técnicas de establecimiento empleadas o del método de cosecha que se planea utilizar y también del hábito de crecimiento de cada especie. En general las especies de rápido crecimiento presentan una buena dominancia apical, lo cual asegura que aún con espaciamientos amplios pueden obtenerse árboles de buena forma. Una excepción la constituye el *E. camaldulensis*, en cuyo caso, para obtener árboles de buena forma se requiere establecer plantaciones a mayor densidad.

Calidad del Sitio

La calidad del sitio tiene gran importancia en la elección del espaciamiento. Cada sitio puede soportar una determinada área basal. En sitios pobres ésta será baja y en consecuencia, el espaciamiento deberá ser mayor. Sitios buenos, en cambio, permitirán una mayor ocupación, la que se obtendrá mediante una mayor densidad o un mayor desarrollo de los árboles existentes.

Espaciamientos reducidos en sitios pobres, (especialmente donde el agua es un factor limitante) producen un gran "stress" hídrico, y una fuerte competencia por nutrientes, lo cual produce un rodal de escaso crecimiento y sumamente sensible al ataque de plagas y enfermedades. Estos rodales son los hospedantes favoritos del cerambicido *Phoracantha semipunctata*.

Objetivo de la Plantación

Los objetivos de una plantación están muy ligados a la calidad del sitio. Sin duda que no será económico producir madera para chapas en un

sitio extremadamente pobre. Un buen sitio en cambio, no presenta limitaciones de producción.

Si se pretende producir pulpa o energía, el espaciamiento deberá estar orientado hacia la producción del mayor volumen, sin importar los desarrollos diamétricos, en cuyo caso la plantación deberá ser bastante densa, 2x2 m, o incluso más en un buen sitio.

Para producir madera aserrada o chapas se requieren árboles de grandes diámetros, los que se logran con espaciamientos iniciales amplios, raleos tempranos y podas. Espaciamientos de 3x2.5 m, 3x3 m, son adecuados para estos fines. Schönau y Coetzee (1988) indican que espaciamientos más amplios no son convenientes, ya que la competencia del pasto se mantiene por más tiempo, lo cual puede reducir la tasa de crecimiento o aumentar los costos de control.

Los espaciamientos rectangulares pueden facilitar las faenas de explotación, al permitir un acceso más expedito de maquinarias y equipos. Balloni (1983) indica que, teóricamente, los espaciamientos rectangulares, para una misma densidad de plantas, proporcionan mayores rendimientos que los espaciamientos cuadrados. Wiant (1973) citado por Balloni (1983) constató que la distribución de las plantas en el área puede influenciar el crecimiento. Se menciona que los espaciamientos triangulares permiten la mejor utilización del sitio. Según el Wattle Research Institute (1972) de Sud-Africa, el espaciamiento rectangular, dentro de límites razonables (máximo 3,7 m el lado más amplio) no tiende a producir crecimientos elípticos, que serían una desventaja para la producción de madera aserrada o chapas.

Alineamiento

El alineamiento de plantación deberá hacerse antes o después de la preparación del sitio, dependiendo del método de preparación a emplear. Si se va a plantar en hoyos, obligadamente deberá hacerse antes, si se hacen surcos en un terreno homogéneo, puede hacerse

después. Si se hace un cultivo general deberá hacerse después del tratamiento.

El alineamiento, aún cuando no afecta la supervivencia y crecimiento de las plantas es importante, ya que facilita el acceso en operaciones de mantención, manejo, explotación y protección.

Tipo y tamaño de planta

Tradicionalmente la forestación con especies de *Eucalyptus* se ha realizado empleando plantas producidas en macetas. Esto no sólo sucede en Chile, si no que en la mayoría de los países en donde se plantan estas especies. Los eucaliptos, en general, son difíciles de establecer a raíz desnuda, especialmente en zonas de baja precipitación, por lo tanto esta técnica sólo se recomienda en áreas donde no existen limitaciones de humedad. Revell y van Dorsser (1980) indican que el empleo de plantas producidas a raíz desnuda es una práctica común en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus regnans* en Nueva Zelanda. El éxito de estas plantaciones depende, en gran medida, de un adecuado acondicionamiento de las plantas en el vivero.

Cuando se emplean plantas producidas a raíz desnuda, debe ponerse especial énfasis en la preparación del sitio, especialmente en el control de la competencia.

Las plantas deben ser homogéneas y de tamaño medio. Una buena planta debe tener unos 40-50 cm de altura, un diámetro de cuello de 0,6 a 1,0 cm y debe estar bien lignificada. Una manera bastante usada de medir la calidad de una planta es la razón entre la altura y el diámetro del cuello; una buena planta debe tener una razón entre 50:1 a 60:1. Lo más importante, sin embargo, es la razón entre la parte aérea y la raíz. Esto es más difícil de medir, pero se puede estimar visualmente. Si hay una gran desproporción entre la parte aérea y la raíz puede ser conveniente podar la parte aérea, para así reestablecer la proporción correcta.

Técnica de plantación

Se puede decir que la faena de plantación comienza con la selección de las plantas en el vivero y su traslado al sitio de plantación.

Como ya se mencionó, las plantas deben ser de un tamaño homogéneo, lo cual implica realizar cierta selección, desechando aquellas plantas que no cumplan con los requerimientos establecidos. No deberán llevarse a terreno plantas muy pequeñas, plantas dañadas, o visiblemente afectadas por plagas o enfermedades.

El traslado debe realizarse en vehículos cerrados, especialmente si la distancia es larga, para evitar una excesiva deshidratación.

Cuando las plantas se han producido a raíz desnuda, la extracción, selección y transporte son etapas que cobran aún mayor importancia.

Si la planta se levanta con herramientas manuales, debe hacerse una buena remoción del suelo para evitar que se corten las raíces finas, ya que esto disminuye la capacidad de adaptación a su nuevo medio.

La raíz debe quedar expuesta al aire el menor tiempo posible. Una vez extraída se hace una poda de raíces para facilitar la plantación y al mismo tiempo se realiza una selección que permite desechar las plantas inadecuadas y clasificar las otras según categorías.

El transporte de las plantas a raíz desnuda debe hacerse en cajas hechas para este fin. El empleo de paquetes, aunque práctico no es recomendable. Si los paquetes quedan apretados, la temperatura tiende a subir; al contrario, si quedan sueltos, puede producirse deshidratación. Además, durante el transporte las plantas son comprimidas, lo cual puede producir daños mecánicos. Todos estos factores afectan negativamente la supervivencia y desarrollo inicial de las plantas.

En las cajas, en cambio, se embala un número determinado de plantas, las que son transportadas sin daños hasta la faena misma de plantación.

El tiempo transcurrido entre la extracción del vivero y la plantación debe ser mínimo, sin sobrepasar, en lo posible, las 24 horas. Si por alguna razón las plantas deben permanecer sin plantarse por más tiempo, deben ser almacenadas en frío, o nuevamente enterradas. Este almacenamiento o barbecho normalmente tiene un efecto negativo sobre la calidad de las plantas, el cual variará según la época del año y el lugar en donde se barbechan. Lo ideal es que sea un lugar fresco, en donde las plantas se cubran casi completamente. Este almacenamiento debe durar sólo unos días, ya que después la vitalidad de las plantas comienza a declinar.

Si el suelo ha sido bien preparado, la plantación puede realizarse con cualquier herramienta diseñada para este fin, por ejemplo, pala de media caña, azapico, pala neozelandesa, etc.

El plantador deberá hacer un hoyo adecuado al tamaño de la maceta, o lo suficientemente amplio y profundo como para permitir que las raíces queden bien extendidas, cuando se trata de plantas a raíz desnuda. La planta deberá enterrarse derecha y por lo menos hasta el cuello, y luego apisonarse en forma suave para evitar que queden espacios con aire en la zona de las raíces. Un apisonamiento excesivo, puede producir falta de aireación y cuando se hace con el taco puede alterar la posición de la raíz, causando una mal formación que puede traducirse en un mal crecimiento, inestabilidad e incluso en el quiebre de la planta a nivel del cuello.

Cuando se emplea como maceta una bolsa plástica o de cualquier material que no se degrada rápidamente, debe ser removida, no basta con hacerle cortes u hoyos.

Días antes de extraer las plantas del vivero se recomienda regarlas. Esto facilita la extracción de la maceta, sin que se destruya el pan de tierra y asegura una provisión de agua para los primeros días después de la plantación, que son los más críticos para la planta.

Cuidados

El establecimiento de una plantación no termina con la colocación de las plantas en el terreno. Durante los años siguientes deben realizarse labores de cuidado que tendrán gran incidencia en su supervivencia y desarrollo.

Control de la competencia

Experiencias realizadas en el país y en el exterior (Prado y Rojas, 1987; Wrann e Infante, 1988; Schönau et al., 1981; Schönau et al., 1983; Keenan and Candy, 1983) han demostrado que uno de los factores fundamentales en el establecimiento de plantaciones de Eucalyptus, es el efectivo control de la vegetación competidora, especialmente del pasto.

Todas las especies de Eucalyptus recomendadas para su plantación en Chile parecen ser altamente susceptibles a la competencia que, por luz, agua y nutrientes, imponen las especies competidoras, y en particular los pastos. Cromer (1984) sostiene que la causa más importante de mortalidad en plantaciones es la presencia del pasto, ya que produce severas deficiencias de agua, capta gran parte de los nutrientes disponibles y en muchos casos reduce considerablemente la cantidad de luz que llega a las plantas.

En cuanto a la competencia por nutrientes, Ellis et al. (1985) sostienen que la competencia por Nitrógeno es la más importante, y que la deficiencia de este elemento constituiría uno de los factores que más limitan el crecimiento de las plantas sometidas a la competencia del pasto.

En zonas con heladas, la presencia de una

densa cubierta de pasto aumenta las probabilidades de daño, ya que permite una mayor disminución de la temperatura al nivel de las plantas (30 - 50cm). Keenan y Candy (1983) señalan que la diferencia de temperatura entre un lugar con pasto y uno adyacente cultivado, puede ser de hasta 9°C. Chavasse (1980) indica que la preparación intensiva, para eliminar la maleza, puede elevar hasta en 4°C la temperatura mínima del aire cerca del suelo.

En consecuencia, la eliminación de la competencia no sólo favorece los procesos fotosintéticos, si no que también tiene una influencia física, al actuar favorablemente alterando el microclima al nivel de las plantas.

Según experiencias realizadas por el Instituto Forestal (Prado y Rojas, 1987; Wrann e Infante 1988; Prado y Wrann, 1988) el control de la competencia ha demostrado ser un tratamiento realmente efectivo para asegurar un buen prendimiento y posterior crecimiento de las plantas.

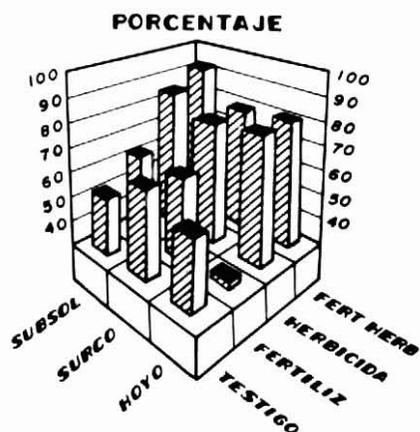
Los gráficos muestran los resultados de un ensayo realizado en Casablanca (V Región). En el Gráfico VI-1a, se observa que todos los tratamientos a los que se aplicó herbicida presentan una supervivencia superior al 82%, cualquiera haya sido la preparación del suelo. El Gráfico VI-1b, muestra el efecto de los tratamientos en el desarrollo inicial de la plantación. Los tratamientos que consideran control de la competencia (Herbicidas) presentan los mejores resultados.

El control de la vegetación competidora se logra realizando una adecuada preparación del suelo o mediante la limpieza manual, o con herbicidas.

Efecto de la Preparación del Suelo

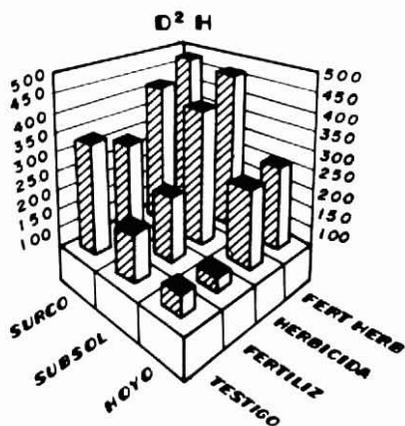
Una intensiva preparación del suelo puede constituir un buen control de la vegetación competidora. Según Schönau (1983) un cultivo intensivo, que integre los pastos y malezas al

GRAFICO VI - 1a



Técnicas de establecimiento supervivencia según tratamiento *E. globulus ssp. globulus* (4 años) Casablanca V Región.

GRAFICO VI - 1b



Técnicas de establecimiento índice de crecimiento según tratamiento *E. globulus* (4 años) Casablanca V Región.

suelo es lo más efectivo y rentable para el establecimiento de Eucalyptus en Sudáfrica.

De los tratamientos aplicados en el país, el surco hecho con arado de discos, produce un aceptable control de pastos y malezas durante el primer año; todos los demás tratamientos son insuficientes, en este sentido.

Herbicidas

Un modo efectivo de control de los pastos y malezas competidoras es el empleo de herbicidas.

En Chile no existe suficiente conocimiento en relación al empleo de herbicidas en plantaciones con especies del género *Eucalyptus*. El Instituto Forestal está desarrollando un programa de investigación sobre este tema, pero los resultados obtenidos hasta el momento no permiten hacer recomendaciones cien por ciento confiables.

El control de la maleza previo a la plantación con un herbicida sin efecto residual, por ejemplo *Glyphosate*, puede resultar efectivo, siempre y cuando hayan habido lluvias tempranas que permitan la germinación de los pastos anuales. Este tratamiento resulta efectivo en áreas cubiertas con gramíneas perennes (zona sur del país), en cambio es poco eficiente en zonas donde la aparición de los pastos se produce después de transcurrida buena parte del período lluvioso, como es en la zona semiárida.

En este último caso puede ser muy efectivo el empleo de una mezcla de herbicidas, siendo uno de ellos preemergente. Ribeiro (1988) indica que la mezcla de *Glyphosate* con *Oxyfluorfen* fue empleada con éxito en control de malezas en plantaciones de *Eucalyptus* en Brasil. La acción del preemergente se extiende aproximadamente 30 días por cada litro de producto comercial aplicado por hectárea. La



FOTO VI-7: Efecto de las técnicas intensivas de establecimiento. Casablanca, V Región. Ocho meses después de la plantación se aprecian diferencias de importancia en el prendimiento y desarrollo de las parcelas establecidas con tratamientos más intensivos.



FOTO VI-8: A los cuatro años de edad las diferencias entre tratamientos son significativas.

aplicación de herbicidas antes de la plantación parece ser la alternativa más eficaz para el control de las malezas en plantaciones de Eucalyptus. Tibbits and Reid (1987) y Ellis et al. (1985) emplearon con éxito Glyphosate, 2 y 6 semanas antes de la plantación respectivamente. Las dosis de este producto dependerán del tipo y densidad de la vegetación que se quiere eliminar. En general se aplica de 1 a 2 l de ingrediente activo (i.a.) por hectárea, para el control de pastos y malezas.

La aplicación después de la plantación también es posible, aún cuando puede producirse daño en las plantas de eucalipto debido al efecto fitotóxico del herbicida. Tibbits and Reid (1987) señalan que la aplicación de Atrazina, en una dosis de 12 l/ha (i.a.) no produjo daño visible en las plantas de *E. nitens*, en aplicaciones realizadas 4 y 16 meses después de la plantación. Cremer et al. (1978) señalan que *E. regnans* es tolerante a Simazina y Propazina, en dosis de

hasta 16 kg/ha (i.a.), pero no tolera la aplicación de Atrazina.

Ribeiro (1988) indica que el empleo de Oxyfluorfen después de la plantación es aún más efectivo que cuando se emplea antes de plantar. La fitotoxicidad de este herbicida sobre las plantas de eucalipto es variable. Algunas especies no sufren daños (*E. camaldulensis*); otras un daño moderado, que se recupera fácilmente (*E. citriodora*, *E. resinifera*) y otras en que el efecto tóxico puede ser total (*E. pilularis*). Ensayos realizados por el Instituto Forestal indican que este herbicida no es fitotóxico para *E. globulus* en dosis de 0.48 y 0.96 kg/ha (i.a.) La efectividad en el control de las malezas ha sido variable.

El efecto de los herbicidas sobre las plantas puede variar según la especie, las condiciones del sitio, la dosis empleada y la época de aplicación. Los herbicidas deben ser empleados con preci-



FOTO VI-9: Efecto de la aplicación de herbicida en fajas previo a la plantación (Glyphosate). Casablanca, V Región.

sión en relación a las dosis, el estado de crecimiento de las plantas e incluso las condiciones climáticas. Especies diferentes pueden requerir diferentes regímenes de aplicación, por lo tanto si no se dispone de información confirmada, se recomienda ser cauteloso con el uso de cualquier producto. Siempre es conveniente ensayar en una pequeña área antes de realizar la aplicación masiva.

Limpia Manual

La limpia con herramientas manuales es otra alternativa para el control de la competencia. En zonas donde la mano de obra es abundante este sistema puede ser el más conveniente ya que, a diferencia de los herbicidas, no tiene restricciones para su aplicación.

El efecto de la limpia manual es igual o superior al efecto del herbicida. Ellis et al. (1985), trabajando con *E. delegatensis*, encontraron que el tratamiento con herbicida duplicó el peso promedio de las plantas en relación al testigo, en cambio el tratamiento manual produjo un crecimiento seis veces mayor.

Investigaciones realizadas por INFOR (Informe Interno, 1988) indican que el control con herramientas manuales resultó más efectivo que el uso de herbicidas, en cinco lugares de ensayo.

Las malezas deben eliminarse antes o poco después de la plantación, antes de que comience el período seco. Lo ideal es que el control de la competencia se repita por 2 ó 3 años, hasta que la plantación ya establecida no permita la regeneración de pastos y malezas.

Fertilización

La mayoría de las especies del género *Eucalyptus* responden positivamente a la aplicación de fertilizantes, por lo que en muchos países ha llegado a ser una práctica usual en el establecimiento de plantaciones.

Los beneficios de la fertilización son muchos. Dado que estimula el desarrollo de las raíces, permite a la planta hacer una rápida ocupación del suelo, aprovechando en forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles. Con esto se logra una mejor supervivencia, un rápido crecimiento inicial y cierre de las copas, lo cual

disminuye o elimina la competencia, obteniéndose un rodal más uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha.

El máximo beneficio de la fertilización sólo se obtiene cuando las demás técnicas de establecimiento son aplicadas correctamente. Una buena preparación de suelo y un adecuado control de la competencia son absolutamente necesarios cuando se aplican fertilizantes.

En Chile, la fertilización de plantaciones de *Eucalyptus* sólo se ha hecho a nivel experimental, con resultados muy satisfactorios (Prado y Rojas, 1986; Prado y Wrann, 1988; Toro, 1988; Wrann e Infante, 1988).

Oportunidad de la Aplicación y Respuesta

Dado que el fertilizante estimula el desarrollo radicular de la planta, lo más recomendable es aplicarlo al momento de la plantación o inmediatamente después. Schönau (1984) indica que los mejores resultados se obtienen cuando el fertilizante es aplicado dentro de los 6 meses siguientes a la plantación. La aplicación un año más tarde ya no produce los mismos resultados, y en algunos casos el efecto del fertilizante es mínimo o inexistente.

La respuesta a la fertilización varía, dependiendo fundamentalmente de las condiciones del sitio. Existen evidencias (Schönau, 1984) de que la respuesta absoluta a la fertilización es superior en buenos sitios, sin embargo, el porcentaje de incremento es superior en sitios pobres. Esto es muy importante ya que puede permitir que la forestación en sitios marginales, a veces por una simple deficiencia, llegue a ser rentable.

El efecto de la fertilización se hace evidente a los pocos meses de la aplicación, produciendo una diferencia con los árboles no fertilizados, que se manifiesta durante toda la rotación.

La magnitud de la respuesta de una especie es variable, dependiendo principalmente del sitio. En Sud Africa, el efecto de la fertilización de *E. grandis* en ocho experimentos que cubren una gran diversidad de sitios produjo incrementos entre 25 y 98 m³/ha al final de la rotación, con un promedio de 57 m³/ha, demostrando ser

una actividad altamente rentable (Schönau, 1983).

Cromer et al. (1975) trabajando con *E. globulus*, indican que después de 4 años un tratamiento fertilizado con 202 kg/ha de N y 90 kg/ha de P, presentaba casi 5 veces más biomasa total que el tratamiento testigo (30.3 ton/ha vs. 6.3 ton/ha). Schönau (1984) entrega una larga lista de referencias que indican que en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en Sudáfrica, la respuesta inicial a la fertilización se mantuvo por un período largo, produciendo ganancias de hasta 10,9 m³/ha/año hasta la edad de 9 años (98,5 m³/ha en el período). En Australia, con *E. globulus ssp. globulus* se obtuvo una ganancia de 74,7 m³/ha a la edad de 9,5 años.

Los ensayos realizados por el Instituto Forestal indican una reacción favorable de *Eucalyptus globulus* a la fertilización con NPK.

El más claro ejemplo lo constituye un ensayo realizado en Botacura (Sn. Javier, VII Región) en donde todas las parcelas fertilizadas habían

acumulado de 15 a 50 veces más biomasa que las no tratadas (Gráficos VI-2 y VI-3). El efecto de la fertilización en la supervivencia es menos claro y será discutido en el punto "Interacción con otros tratamientos".

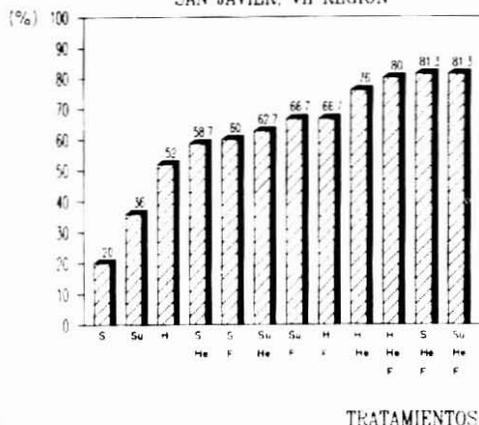
Método de Aplicación

El fertilizante debe aplicarse en pequeñas zanjas, separadas 20-25 cm de la planta, las que, después de la aplicación, se cubren para evitar volatilización y arrastre por agua o viento.

Cuando la plantación está en pendiente, la aplicación del fertilizante, según algunos autores, no debe hacerse en la parte superior de la pendiente, ya que esto aumenta el riesgo de mortalidad de las plantas. En esos casos se recomienda aplicar el fertilizante en una zanja en forma de "U", que rodea la planta por abajo (McKimm y Flinn, 1979). Wattle Research Institute (1972), en cambio, recomienda la aplicación del fertilizante en la parte alta de la pendiente, ya que de esta forma la planta utilizaría mejor los nutrientes.

GRAFICO VI - 2

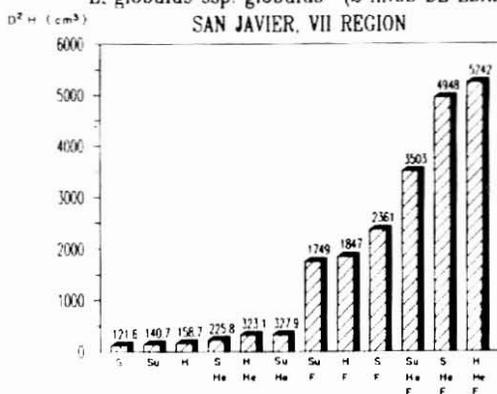
TECNICAS DE ESTABLECIMIENTO
SUPERVIVENCIA SEGUN TRATAMIENTO
E. globulus ssp. globulus (2 AÑOS DE EDAD)
SAN JAVIER, VII REGION



TRATAMIENTOS

GRAFICO VI - 3

TECNICAS DE ESTABLECIMIENTO
INDICE DE CRECIMIENTO SEGUN TRATAMIENTO
E. globulus ssp. globulus (2 AÑOS DE EDAD)
SAN JAVIER, VII REGION



TRATAMIENTOS

- H = Hoyo
- S = Surco
- Su = Subseleado
- H = Herbicida
- F = Fertilizante

En vista de que no hay evidencias que permitan decidir cuál es la mejor alternativa, en los ensayos realizados por INFOR, el fertilizante se ha aplicado en 2 zanjas paralelas en el sentido de la pendiente, lo cual ha dado buenos resultados. Cuando se aplican fertilizantes con alto contenido de N, la distancia de las zanjas a la planta debe ser un poco mayor (30-35 cm).

La aplicación del fertilizante en el fondo del hoyo de plantación no es recomendable, ya que se produce una gran concentración de sales a nivel radicular, especialmente cuando se trata de fertilizantes nitrogenados, lo cual se traduce en una mayor mortalidad. La mezcla del fertilizante con el suelo, tampoco es recomendable, especialmente en suelos que tienen tendencia a fijar algunos nutrientes.

En suelos muy deficitarios de N, no se recomienda aplicar una dosis muy alta, ya que

se produce una considerable mortalidad si la concentración de N en el suelo alcanza niveles fitotóxicos. En esos casos es preferible hacer dos aplicaciones; la mitad inmediatamente después de la plantación y el resto un año más tarde.

Tipo de Fertilizante y Dosis

Durante los últimos años se ha realizado en los países que plantan Eucalyptus una gran cantidad de investigaciones destinadas a evaluar los efectos de la fertilización y a determinar los elementos, dosis y tipos de fertilizantes a emplear.

Muchos investigadores coinciden en que el elemento que genera la mayor respuesta es el Nitrógeno, mientras que el Fósforo es el que produce el menor efecto en el crecimiento del Eucalyptus. Esto se debería a que estas especies tienen un bajo requerimiento de P, ya que han evolucionado en suelos con un bajo contenido de



FOTO VI-10: Aplicación fertilizante en zanjas a ambos lados de la planta.



FOTO VI-11: Fertilización sin aplicación de herbicida. Se aprecia claramente el mayor desarrollo de la vegetación competidora alrededor de la planta, haciendo un uso más eficiente del fertilizante, aumentando considerablemente la competencia. Casablanca, V Región.

este elemento. Cuando N y P se aplican juntos, la respuesta es superior a la de la sola aplicación de N (Cromer, 1971; McKimm y Flinn, 1979; Ellis et al., 1985). Esto, sin embargo, no es un axioma, ya que en algunos casos la respuesta al P es superior a la del N (Cromer et al., 1981), especialmente cuando este elemento se encuentra en extrema deficiencia. El P, debido a su efecto en el desarrollo radicular, siempre debe aplicarse al momento de la plantación y en forma tal que quede rápidamente disponible para las plantas.

Los elementos y dosis a aplicar en una fertilización no constituyen una información que puede ser generalizada. Cada sitio tiene sus propios requerimientos, por lo que la determinación de los elementos y sus tasas de aplicación debe hacerse para cada caso en particular. Lógicamente que es posible hacer ciertas generalizaciones, pero siempre es conveniente hacer un análisis del suelo a fertilizar, para lograr un diagnóstico más preciso.

El balance N/P debe ser considerado para obtener una respuesta apropiada a la aplicación de fertilizantes. Esta relación puede ser obtenida a través de la concentración foliar de estos elementos (Cromer et al., 1981; Schönau, 1988) y de acuerdo a diversos autores debe variar entre 12 y 15. Fuera de este rango puede que no se presente respuesta al fertilizante.

Los tipos de fertilizantes a aplicar también pueden variar, según sean las condiciones de sitio y las necesidades de las plantas. McKimm y Flinn (1979) indican que existe una gran variación en la respuesta de especies de Eucalyptus a la fertilización con N según sea su forma de aplicación. El N aplicado en forma de urea produjo un mayor crecimiento que cuando se aplicó, en la misma dosis, pero en forma de nitrato.

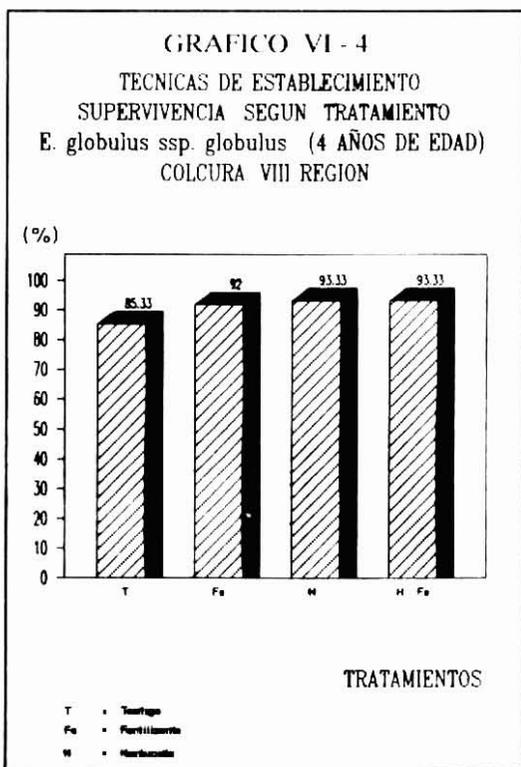
El fósforo también puede ser aplicado de diversas formas, según sean las condiciones del suelo y los requerimientos de las plantas. En suelos arenosos se recomienda la aplicación de fósforo en forma de roca fosfórica que libera el elemento en forma paulatina. Esto evita que

se produzca la pérdida del fertilizante por lixiviación. Si se requiere de una respuesta rápida, y esto es lo más frecuente, se recomienda aplicarlo como superfosfato.

Interacción con otros Tratamientos

Resultados de ensayos establecidos por INFOR (Prado y Rojas, 1987, Prado y Wrann, 1988) indican que la fertilización puede tener un efecto negativo en la supervivencia de las plantas si conjuntamente no se realiza un adecuado control de la competencia de pastos y malezas. Esto se produce principalmente en áreas donde la disponibilidad de agua es la gran limitante. Si no son removidos los pastos, éstos hacen un más rápido y efectivo uso de los fertilizantes, imponiendo una competencia mucho más severa a las plantas, afectando su supervivencia (Gráfico VI-1a).

Cuando la disponibilidad de agua es mayor (Gráfico N° VI-4) las parcelas fertilizadas presentan una mayor supervivencia que las sin



fertilización, aún cuando no se haya aplicado herbicida.

En ambos casos es evidente que la aplicación de fertilizante con control de la competencia produce los mejores resultados, por lo tanto lo ideal es que ambos tratamientos se realicen en forma conjunta.

Riego

El riego no es tratamiento común en el establecimiento de bosques de Eucalyptus, sin embargo puede ser necesario considerarlo como un tratamiento de emergencia para salvar una plantación que está muriendo a causa de una sequía muy prolongada o como un tratamiento regular en el establecimiento de plantaciones en zonas áridas.

El riego como tratamiento de emergencia sólo podrá aplicarse en contadas oportunidades, ya que puede verse dificultado por la falta de una fuente de agua cercana y por la imposibilidad de realizar una faena eficiente, por la falta de caminos, fuerte pendiente, u otro factor que impida la circulación de vehículos para el transporte del agua. Estos riegos de emergencia podrán realizarse en áreas relativamente planas, con buen acceso y no de gran extensión.

Cuando el período seco es demasiado largo, con 7 u 8 meses con déficit hídrico, puede ser necesario incorporar el riego como un tratamiento regular durante el primero o los primeros dos años, hasta que la planta esté bien establecida. Uno o dos riegos de 4-5 litros por planta pueden ser suficientes para que las plantas pasen el período seco.

Protección

Una vez establecida, la plantación debe ser protegida contra una serie de agentes físicos y bióticos que pueden dañarla o causar su destrucción total. A continuación se describen algunas medidas de protección.

Contra animales mayores

En Chile no hay animales silvestres que puedan ser considerados "mayores" y que causen daño a las plantaciones, por lo tanto el peligro lo constituyen los animales domésticos.

La plantación debe estar adecuadamente protegida según sean los potenciales causantes del daño. La presencia de cabras en el área de plantación obliga a establecer un cerco muy tupido, normalmente una alambrada de 6 o más hebras de alambre de púas o malla.

La protección contra ganado vacuno se logra con un cerco de 3-4 hebras de alambre.

Cuando la plantación tiene unos cinco metros de altura ya puede considerarse libre del daño de animales domésticos.

Contra animales menores

Las liebres y conejos pueden causar serios problemas en el establecimiento de plantaciones forestales, especialmente en zonas secas.

La protección contra estos animales resulta muy difícil o de un alto costo. En plantaciones experimentales cada planta se cubre con una rejilla metálica, subproducto de la fabricación de tapas de bebidas. Esta protección es bastante efectiva, pero no es aplicable en forestación masiva, ya que cuesta obtener este material y su instalación es lenta.

En el mercado existe una serie de productos repelentes, los cuales pueden ser aplicados en el vivero, inmediatamente antes de la plantación. Los resultados son variables y en general poco satisfactorios, especialmente en zonas lluviosas.

El único tratamiento realmente efectivo es el de cebos envenenados, pero pone en peligro la vida de otros animales e incluso de seres humanos, por lo que su empleo debe estar bien regulado. Recientemente se han realizado ensayos con productos anticoagulantes (Brodifacoum; Bromadiolone) con resultados positivos. Estos productos son efectivos y no representan tanto peligro para otros animales y especialmente para el hombre (Rodríguez, 1988).

La mejor protección contra estos animales es tratar de mantener sus poblaciones al nivel más bajo posible. En algunos países, cuando se han convertido en una plaga se ha empleado el control biológico, infectando la población con mixomatosis.

La protección de la fauna carnívora (zorros, quiques, águilas, etc.) también ayuda a controlar las poblaciones de estos animales y de otros roedores que eventualmente pueden causar daño en las plantaciones.

Contra plagas y enfermedades

El conocimiento de las plagas y enfermedades que atacan a las especies de Eucalyptus que crecen en Chile es escaso. Aparentemente estas no causan un daño económico de gran importancia.

Entre las enfermedades claramente identificadas que atacan a los eucaliptos está el dumping-off, provocado por un conjunto de hongos que atacan a las plántulas en vivero poco después que han emergido. Su importancia y control se indican en el capítulo IV y Anexo N° 2. .

Existen también varios hongos, de los géneros *Mycosphaerella*, *Cytospora* y *Phytophthora* que atacan a *E. globulus* y otras especies, especialmente cuando están creciendo en sitios marginales (G. González, com. pers.).

La presencia del insecto *Phoracantha semipunctata*, un cerambicido de 2,5 a 3 cm de largo, con grandes antenas, de color café oscuro a negro, con manchas más claras en el centro y puntas de las alas, constituye el mayor peligro para las plantaciones de Eucalyptus. Este insecto es esencialmente un taladrador de la corteza de árboles caídos, pero también ataca árboles en pie, cuando estos están creciendo en condiciones difíciles.

La hembra pone los huevos en la corteza de los árboles, y la larva taladra la zona del cam-



FOTO VI-12: Trozo afectada por *Phoracantha semipunctata* e imago.

bium, provocando la muerte del árbol. Este insecto prefiere poner sus huevos en árboles recién cortados, preferencia que se emplea para combatirlo. Cuando se detecta la presencia del insecto en el área, llegada la época de ovoposición se voltean varios árboles dentro del rodal, en donde las hembras depositarán sus huevos. Posteriormente estos "árboles cebo" se retiran para aplicarles insecticida.

Cuando existe este insecto no se debe dejar madera con corteza en el bosque. *Phoracantha* no produce daño en madera descortezada.

La mejor protección contra el ataque de este insecto y contra las plagas y enfermedades en general, es la correcta selección de las especies para cada sitio y la adecuada aplicación de prácticas silviculturales, que mantengan los árboles creciendo en forma vigorosa.

Un rodal con la especie adecuada, plantada a un espaciamiento tal que permita el desarrollo vigoroso de los árboles, será menos susceptible al ataque de plagas y enfermedades, a no ser que sobrevenga una helada, sequía u otro factor que las debilite. Las prácticas intensivas para el establecimiento de plantaciones, con buena preparación del sitio, control de competencia y fertilización, disminuyen el riesgo de ataques de insectos y otros agentes patógenos.

Contra incendios

Con el fin de prevenir los incendios y para facilitar el combate en caso que estos ocurran, la plantación debe disponer de cortafuegos y buenas vías de acceso.

Los cortafuegos deben rodear la plantación además de dividirla en bloques de modo de permitir el control del fuego, si éste ocurre.

Los cortafuegos deben ser franjas libres de cualquier tipo de vegetación y deben mantenerse en esta forma mediante el uso de herbicidas o arados.

La detección temprana del fuego es un factor de gran importancia ya que facilita el combate, reduciendo al mínimo las pérdidas. En grandes extensiones de bosques una efectiva detección se logra empleando torres de observación, las que ubicadas en puntos estratégicos dominan gran parte o la totalidad del área.

La detección temprana sólo será efectiva si existe un buen sistema de comunicaciones y patrullas de combate equipadas y organizadas.

Referencias

- Balloni, E.A. 1983. Spacing Influences over Eucalyptus Forest Productivity. In : Anais Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestales de Rapido Crescimento. Aguas de Sao Pedro, Brazil. 1980. Silvicultura. Año VIII, Julio/Agosto 1983. N° 31 : 588-593.
- Boden, D.I. 1984. Early Responses to Different Methods of Site Preparation for Three Commercial Tree Species. In : Doc. IUFRO. Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 565 - 578.
- Chavasse, C.G.R. 1980. Planting Stock Quality: A Review of Factors Affecting Performance. N.Z.J. For. 25 : 144 - 171.
- Cremer K.W.; R.N. Cromer and R.N. Florence. 1978. Stand Establishment. In: W.E. Hillis and A.G. Brown (Eds.) Eucalypts for Wood Production. CSIRO, Australia. 434 p.
- Cromer, R.N. 1971. Fertilizer Trials in Young Plantations of Eucalypts. Aust. For. Res. (5): 1-10.
- Cromer, R.N., D. Cameron, J.N. Cameron, D.W. Flinn, W.A. Nielsen, M. Raupach, P. Snowdon y H.D. Waring. 1981. Response of

- Eucalypt Species to Fertilizer Applied Soon after Planting at Several Sites. *Aust. For.* (44): 3-13.
- Cromer, R.N. 1984. Site Amelioration for Fast Growing Plantations. In: *Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations*. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 181 - 196.
- Cromer, R.N. 1984a. The Influence of Nutrition on Growth and Photosynthesis in Eucalypts. *Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations*. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 669-678.
- Cromer R.N.; M. Raupach, A. Clarke and J. Cameron. 1975. Eucalypt Plantations in Australia. The Potential for Intensive Production and Utilization. *Appita Vol. 29 N°3*: 165-173.
- Ellis, R.C., D.P. Webb, A.M. Graley, and F. Rout. 1985. The Effect of Weed Competition and Nitrogen Nutrition on the Growth of Seedlings of *Eucalyptus delegatensis* in a Highland Area of Tasmania. *Aust. For. Res.*, Vol. 15 : 395 - 408.
- Keenan, R.J. and S. Candy. 1983. Growth of Young *Eucalyptus delegatensis* in Relation to Variation in Site Factors. *Aus. For. Res. Vol. 13* : 197-205.
- McKimm, R.J. and D.W. Flinn. 1979. Eucalypt Species, Site Preparation and Fertilizer Requirements for Reforestation on the Toorongo Plateau in Central Victoria. *Aust. For.* 42 (2): 117-124.
- Prado, J.A. y P. Rojas. 1987. Preparación del Sitio y Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la Zona Semiárida de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. Vol. 1 (1): 17-27.
- Prado, J.A. y J. Wrann. 1988. La Importancia de la Preparación del Sitio y la Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus*. En *Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus*. Junio, 1988, Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal. 19 p.
- Revell, D.H., J.C. van Dorsser. 1980. Eucalypt Plantation Establishment in New Zealand using bare-rooted Seedlings. In: *Anais Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rapido Crescimento*. Aguas de Sao Pedro, Brasil. 1980. *Silvicultura*, Año VIII, Julio/Agosto 1983, N° 31: 607-608.
- Ribeiro, G.T. 1988. Uso de Herbicida Pré-Emergente em *Eucalyptus spp.* na Região do Cerrado. En *Actas Seminário Técnico sobre Plantas Daninhas e o Uso de Herbicidas em Reforestamento*. 20-23 Junho de 1988. Rio Othon Palace Hotel. Rio de Janeiro- Brasil. SBS, ABRACAVE y SIF. 12 pp.
- Rodríguez, J. 1988. Alternativas de Control de Lagomorfos en Plantaciones Forestales. *Ciencia e Investigación Forestal N° 4* : 74-85.
- Schönau, A.P.G. 1983. Fertilization in South African Forestry. *S. Afr. For. J.* (125): 1-19.
- Schönau, A.P.G. 1984. Fertilization of Fast Growing Broadleaves Species. In: *Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations*. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 153-268.
- Schönau, A.P.G. 1988. Fertilizing Eucalypts at Plantation Establishment. En: *Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus*. Junio 1988. Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal. X : 25 pp.
- Schönau, A.P.G., R. Verloren van Themaat and D.I. Boden, 1981. The Importance of Complete Site Preparation and Fertilizing in the Establishment of *Eucalyptus grandis*. *S.Afr. For. J.* (116): 1-10. Schönau A.P.G. y J. Coetzee. 1988. Initial Spacing Stand Density and Thin in Eucalypt Plantations. En: *Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus*. Junio 1988, Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal. XV : 20 pp.

The Wattle Research Institute. 1972. Handbook on Eucalypt Growing. Pietermaritzburg, Natal. 164 pp.

Tibbits, W.N. and J.B. Reid. 1987. Frost Resistance in *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden : Genetic and Seasonal Aspects of Variation. Aust. For. Res. (17):29-47.

Toro, J. 1988. Efecto de la Fertilización en el Desarrollo Inicial de Plantaciones de Eucalyptus.

En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. Junio 1988. Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal. XI. 13 p.

Wrann, J., P. Infante. 1988. Métodos para el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la Zona Árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal N°3: 13 - 26.

CAPITULO VII

MANEJO DE PLANTACIONES

José Antonio Prado D.

Introducción

Por sus características, diversas especies del género *Eucalyptus* que han sido introducidas al país, permiten la obtención de una gran variedad de productos. Los objetivos de la plantación y una condición fisiológica de las especies, que es la capacidad de retoñación, determinarán el esquema de manejo que puede aplicarse a la plantación. Como esquema de manejo se entiende al conjunto de tratamientos aplicados al rodal a lo largo de la rotación.

Estos esquemas variarán sustancialmente según sean los objetivos del forestador, la especie empleada y la calidad del sitio. Como se discutió anteriormente, el sitio impone restricciones en cuanto a las especies a emplear y en consecuencia determina las alternativas de producción.

En todo caso, las intervenciones silviculturales que pueden aplicarse como parte de un esquema de manejo, tienden a acelerar la dinámica natural del bosque. Uno de los factores principales de esta dinámica es la competencia entre individuos dentro del rodal. Cuando se establece una plantación la competencia es mínima, pero en la medida que los árboles crecen comienzan a ejercer un efecto sobre el medio y en consecuencia, sobre los otros árboles, iniciándose una competencia por los elementos que permiten el crecimiento, que son la luz, el agua y los nutrientes.

La habilidad de los individuos para competir varía; algunos continúan su crecimiento a una alta tasa, dominando sobre los demás, que quedan suprimidos e incluso pueden morir. Este proceso permite a los árboles dominantes

lograr el espacio requerido para continuar su crecimiento.

La velocidad de este proceso, que en la naturaleza es lento, puede ser acelerada por el manejo de plantaciones, a través de tratamientos tales como variaciones en el espaciamiento inicial, fertilización y especialmente raleos.

El espacio disponible para cada árbol no sólo afecta su crecimiento, sino que también produce otros cambios estructurales. La permanencia y desarrollo de las ramas bajas es talvez el más importante, ya que afecta directamente la calidad de la madera obtenida. Espaciamientos amplios permiten un mayor desarrollo y permanencia de las ramas. En consecuencia, los esquemas de manejo que consideran espaciamientos amplios deberán incluir la ejecución de podas, si se quiere obtener madera libre de nudos.

En este capítulo se analizan los efectos de los tratamientos que regulan la dinámica de los rodales de eucalipto, según sea su estructura, densidad y origen.

Manejo de Bosques de Monte Alto

El término "Monte Alto" se aplica a los bosques que se han creado o regenerado a partir de semillas. Normalmente cada árbol consta de un solo fuste, el cual puede o no bifurcarse.

El término también sería aplicable a un bosque establecido empleando plantas producidas por propagación vegetativa.

El manejo de un bosque artificial comienza con su establecimiento. Existe una estrecha

relación entre la forma en que se realiza el establecimiento y el manejo futuro del bosque. La preparación del sitio afecta la supervivencia, lo cual condiciona la densidad y homogeneidad del bosque, lo que a su vez influirá en las prácticas de manejo.

Suponiendo que se emplean técnicas adecuadas en el establecimiento, el espaciamiento de plantación será un factor de gran importancia en el futuro manejo de la plantación, ya que tiene efecto en una serie de características del rodal y de los árboles, afectando así a los otros dos elementos fundamentales del manejo, que son los raleos y las podas.

Espaciamiento, raleo y podas dependen fundamentalmente del objetivo de la plantación. Esta interdependencia sugiere que este objetivo debe definirse, en lo posible, antes de la plantación, o a más tardar dentro de los primeros años, ya que una vez iniciado un tipo de manejo

resulta difícil cambiar su orientación o este cambio puede conducir a una fuerte pérdida.

Calidad y volumen en rotaciones cortas, son en cierta medida excluyentes. Por ejemplo, la producción de madera aserrable, libre de nudos, requiere de intervenciones intensivas y tempranas, lo cual significa reducir la producción de volumen total en una cantidad considerable, lográndose las ganancias a través de un mayor precio de los productos obtenidos. En consecuencia, si se ha iniciado un manejo destinado a la producción de madera aserrable y por alguna razón se decide cambiar hacia madera pulpa, se perderá un volumen importante. En el caso opuesto, si se ha pensado originalmente en la producción de pulpa y se quiere cambiar hacia madera aserrada, se habrá gastado inútilmente en el establecimiento de un bosque más denso que el necesario y en algunos casos, si ha transcurrido mucho tiempo desde la plantación (más de la mitad de la rotación para madera aserrada) puede no ser rentable cambiar de objetivos.



FOTO VII-1 Monte Alto *E. grandis*. Sudáfrica.

Estos ejemplos pretenden reafirmar la idea de que es necesario definir el objetivo de la plantación a temprana edad, estableciéndose también el régimen de manejo a que será sometida.

El manejo de monte alto se aplica cuando se quiere producir madera de alta calidad, o para fines determinados que sólo se logran a través de un régimen de manejo bien definido. Tal es el caso de la producción de postes de transmisión.

En consecuencia, el manejo del monte alto se basa en tres elementos fundamentales: espaciamiento, raleo y poda, los cuales se discuten a continuación.

Espaciamiento

Como se discutió en el Capítulo VI "Establecimiento de Plantaciones", al decidir el espaciamiento de plantación se deben tener en cuenta tres factores fundamentales: el hábito de crecimiento de la especie, la calidad del sitio y el objetivo de la plantación.

El espaciamiento se relaciona con el manejo debido a que afecta el grado de competencia entre los árboles y de éstos con el pasto; la tasa de crecimiento; el cierre del dosel; el desarrollo y longevidad de las ramas, y el volumen total producido. También tiene incidencia en las características propias del árbol, ya que puede afectar su densidad y la proporción de madera juvenil.

El espaciamiento también afecta los costos de establecimiento y manejo; los métodos de explotación, la mecanización de las faenas y por último, afecta la proporción de los productos que pueden obtenerse del bosque.

Efectos del Espaciamiento

Mortalidad

Mortalidad y espaciamiento están altamente relacionados. Como regla general se puede decir que a menor espaciamiento mayor será la mortalidad y que esta relación se ve afectada por la edad, la especie y las condiciones de sitio (Schönau y Coetzee, 1988).

Altura

Múltiples experiencias indican que un aumento en la densidad inicial normalmente reduce la altura media, pero no necesariamente la altura de los árboles dominantes (Opie et al., 1978; Balloni, 1983). A medida que el espaciamiento aumenta, dando origen a densidades intermedias, la altura media tiende a aumentar, disminuyendo nuevamente cuando los espaciamientos son muy amplios. Balloni (1983) trabajando con *E. grandis* y *E. saligna* encontró una relación directa entre espaciamiento y altura media, cuando varió el primero desde 3.0 x 1.5 a 3.0 x 3.75 m. La altura de los árboles dominantes, en cambio, no se relaciona con el espaciamiento.

Este hecho se debe a que la disminución del espaciamiento aumenta la competencia, lo cual produce un mayor número de árboles suprimidos. Esto explica la disminución en la altura media del rodal. Esta tendencia no sólo se encuentra en los eucaliptos sino que en la mayoría de las especies forestales de rápido crecimiento.

Estas diferencias normalmente se ven acentuadas en sitios de buena calidad y pueden hacerse mínimas, o no existir, en sitios pobres (Schönau y Coetzee, 1988).

Diámetro

Existe una relación directa entre espaciamiento y desarrollo diamétrico. A menor densidad mayor es el diámetro. Esta relación está afectada por la edad, la especie y la calidad del sitio (Bredenkamp, 1984; Opie et al., 1978; Schönau y Coetzee, 1988).

Área Basal

Aún cuando el área basal es función del DAP, existe una relación inversa entre ésta y el espaciamiento. Normalmente se obtiene una mayor área basal en rodales densos, especialmente en sitios pobres (Opie et al., 1978; Schönau y Coetzee, 1988).

Volumen

El volumen total está muy relacionado a la densidad del rodal. Los mayores volúmenes totales se obtienen con una densidad alta; esto

no necesariamente se cumple para el volumen comercial (Opie et al., 1978). Schönau (1974, citado por Schönau y Coetzee, 1988) trabajando con *E. grandis* en un sitio pobre, encontró que el volumen total, hasta un índice de utilización de 5 cm, era un 30% superior en un rodal con 1.700 árb/ha, en relación a uno con 1.200 árb/ha, pero que el volumen hasta un diámetro de 12.5 cm, prácticamente era el mismo en ambos tratamientos.

Con la misma especie, Meskimen y Franklin (1978) encontraron que a los 7 años, un rodal denso (3.000 árb/ha) tenía un 68% más volumen total que un rodal de densidad media (800 árb/ha). En cambio, el volumen comercial (DAP > 10 cm) no difería significativamente entre ambas densidades.

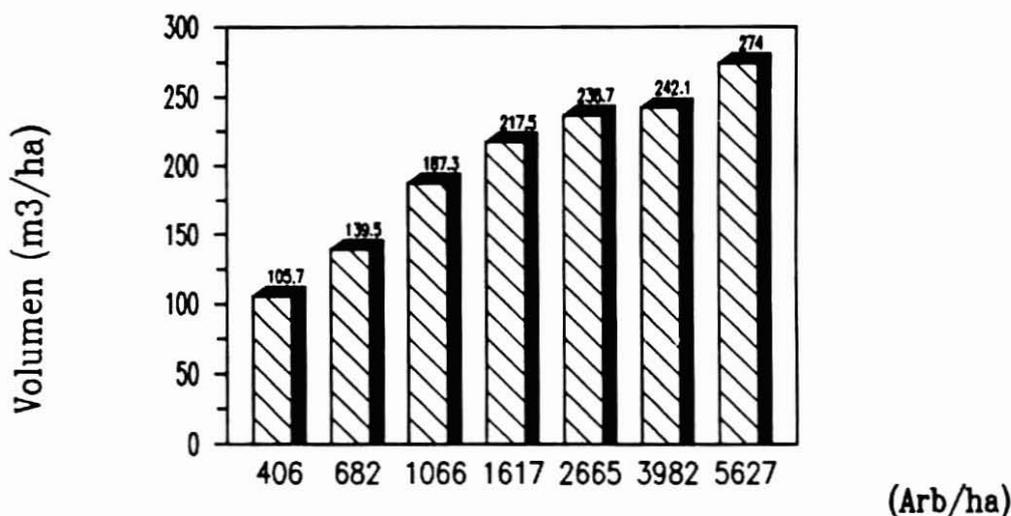
Opie et al. (1978) entregan resultados de un ensayo similar realizado con *E. regnans*, en el cual a los 11 años existe una clara relación entre densidad y volumen total (Gráfico VII-1).

Balloni (1983) indica que el volumen concentrado en los árboles dominantes aumenta al disminuir la densidad de plantación. Por lo tanto, para la obtención de ciertos productos (de grandes dimensiones), una densidad excesiva producirá muchos árboles dominados, los que influirán negativamente en el volumen utilizable.

Forma y calidad de la madera

El factor de forma (la razón entre el volumen del fuste y el volumen del cilindro que se obtiene con el área basal y la altura) aumenta con la densidad del rodal; en otras palabras, la conicidad de los árboles disminuye, especialmente en la parte baja del fuste (Hamilton y Christie, 1974; cit. por Schönau y Coetzee, 1988; Opie et al., 1978). Schönau y Coetzee (1988) indican que en un bosque demasiado denso los árboles tienen tendencia a crecer torcidos. En cuanto a la calidad de la madera, Schönau y Coetzee (1988) señalan que existen escasas evidencias que permitan rela-

GRAFICO VII - 1
RELACION ENTRE NUMERO DE ARBOLES
POR HECTAREA Y VOLUMEN TOTAL
Eucalyptus regnans VICTORIA - AUSTRALIA



cionarla con la densidad del rodal. Sin embargo, Barret et al. (1975) cit. por Schönau y Coetzee (1988) indican que existe una relación inversa entre espaciamiento y densidad de la madera. Según Schönau esto se debe al tamaño del árbol y no tiene relación con la densidad del rodal, ya que los árboles de mayores diámetros son menos densos, cualquiera sea el espaciamiento. En todo caso, si los árboles de mayores dimensiones son menos densos, se podría concluir que a mayor espaciamiento se produciría una menor densidad.

Ferrand (1982) trabajando con *E. delegatensis* y *E. nitens* encontró que los árboles plantados con espaciamientos amplios y en buenos sitios presentan una considerable reducción en sus tensiones de crecimiento, las cuales parecen estar fuertemente relacionadas con el grado de competencia entre los árboles.

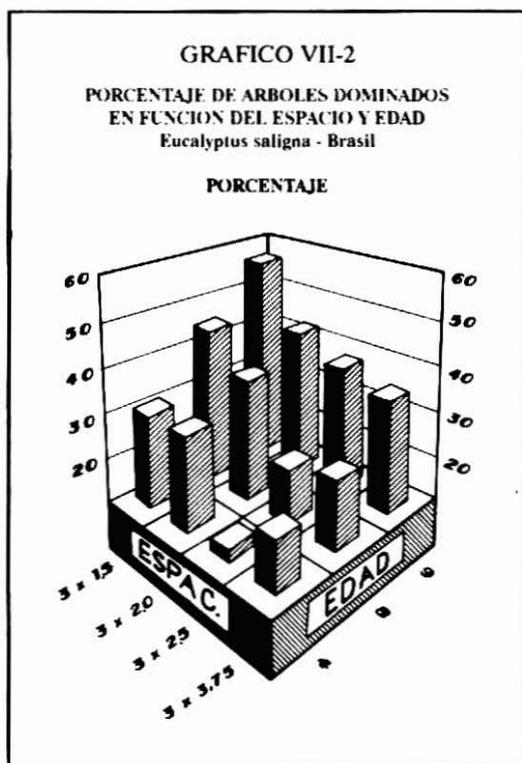
Edad de Corta

El espaciamiento y la edad de corta están altamente relacionados. Normalmente, las plantaciones con espaciamientos menores exigen intervenciones más tempranas o ciclos de corta más reducidos, ya que la competencia entre los árboles se inicia tempranamente, provocando una disminución en la tasa de crecimiento y un aumento en el número de árboles dominados y, en consecuencia, en la mortalidad.

El Gráfico VII-2 indica los porcentajes de árboles dominados a distintas edades, según los espaciamientos de plantación (Adoptado de Balloni, 1983).

Una mayor mortalidad y un mayor número de árboles dominados puede influir negativamente en el Incremento Medio Anual (IMA) del rodal, por lo tanto, las intervenciones de corta (raleo o cosecha) deben ser más tempranas.

Acortar demasiado la rotación mediante un aumento en la densidad puede ser conveniente sólo hasta ciertos límites, ya que las mayores



tasas de crecimiento no se producen sino hasta que los árboles están bien establecidos y con un sistema radicular ampliamente desarrollado. En muy buenos sitios los mayores incrementos medios anuales (IMA) se producirían entre los 6 y 8 años, por lo que una corta más temprana no permitiría obtener el máximo rendimiento de la plantación (Balloni, 1983). Esto es particularmente importante cuando la producción se evalúa en peso por unidad de superficie, ya que también existe un aumento en la densidad de la madera. Se debe tener presente que cuando se reduce el espaciamiento y se acorta la rotación se produce una gran extracción de nutrientes desde el sitio, lo cual compromete la productividad en el largo plazo. En dichos casos se deberá considerar la fertilización como una práctica corriente.

Espaciamientos Según Objetivos

La decisión del espaciamiento a emplear en una plantación de eucaliptos está normalmente basada en los objetivos del manejo, consideran-

do también otros factores tales como la especie, clima, sitio y técnicas de cosecha.

En Chile ha sido tradicional la plantación de eucaliptos a 2 x 2 m en la zona sur y a 3 x 3 m en la zona semiárida. El espaciamiento ha estado más relacionado a las condiciones del sitio que a los objetivos de la plantación. Hoy día, en cambio, existe la tendencia a considerar este último factor al momento de decidir el espaciamiento.

En Chile no existen antecedentes relacionados con rendimiento por productos y calidad de la madera según el espaciamiento.

En Sudáfrica, la práctica más usual es la plantación a 2.7 x 2.7 m (9 x 9 pies) cuando se quiere producir madera aserrada, chapas, postes de transmisión y en general, madera de grandes dimensiones. Para la producción de pulpa y madera de minas los espaciamientos más empleados son 2.4 x 2.4 m ó 2.1 x 2.1 m (Poynton, 1979).

Espaciamientos más amplios (3.0 x 3.0 m) sólo se recomiendan en sitios pobres, especialmente en sitios secos. Schönau y Coetzee (1988) recomiendan que no deberían plantarse más de 2.000 ni menos de 1.200 árboles por hectárea. Con densidades menores se retrasa el cierre del dosel, prolongando la competencia del pasto, lo cual aumenta el costo de mantención o reduce la tasa de crecimiento.

Los mismos autores indican que para la producción de pulpa y madera de minas, un espaciamiento de 3 x 2 m es recomendable en buenos sitios. Una densidad un poco menor (3 x 2,5 m) será necesaria en sitios más pobres. Para la producción de madera aserrada o postes de transmisión, el espaciamiento no debería ser menor a 3 x 2,5 m.

Kellison (1983) indica que para la producción de pulpa, en rotaciones de aproximadamente 10 años, la densidad ideal sería de 1.600

árboles/ha. Densidades mayores sólo se justificarían para la producción de biomasa en rotaciones más cortas (4 años).

Laplace y Quillet (1983) trabajando con plantaciones clonales en el Congo, proponen un espaciamiento de 5 x 5 m (400 árb/ha). Schönau y Coetzee (1988) en cambio indican que en plantaciones clonales un espaciamiento de 3 x 3 m ya no permitiría hacer un uso óptimo del potencial de crecimiento del sitio.

Raleos

Los raleos son cortas intermedias que se realizan para estimular el crecimiento de los árboles que quedarán hasta el final de la rotación, lográndose así un mayor rendimiento de él o los productos que se desea obtener. En esta intervención parte de los árboles son extraídos, con el fin de concentrar el potencial de crecimiento del sitio en los árboles seleccionados, a los cuales se les mantiene un espacio de crecimiento adecuado a lo largo de gran parte de la rotación.

Los raleos en plantaciones de eucaliptos sólo se justifican cuando se quiere producir trozas de gran tamaño en rotaciones medianas a largas, normalmente para obtener madera aserrada, chapas o postes de transmisión. En rotaciones cortas, destinadas a la producción de pulpa, leña u otro producto, los raleos no se justifican.

El raleo, al igual que las otras intervenciones silviculturales, debe ser parte de un esquema de manejo que lo relaciona con espaciamiento, técnicas de establecimiento, fertilización, poda y período de rotación.

La respuesta de los eucaliptos a la reducción de la competencia a través del raleo es la típica de la mayoría de las especies intolerantes; los árboles dominantes y codominantes responden marcada y prontamente, en cambio la respuesta de los árboles dominados es mínima o inexistente (Opie et al., 1978).

Según el WRI (1972), el primer raleo debe ser lo suficientemente intenso para eliminar árboles pequeños o de mala forma, pero debe considerar, al igual que todos los raleos, la necesidad de mantener un espaciamiento homogéneo en el rodal. No deben extraerse grupos de árboles, dejando claros, ya que se desperdicia espacio de crecimiento. Es mejor tener un árbol de mala forma que nada. Además, dejar grandes aberturas puede causar la brotación de ramas epicórmicas en los árboles que las rodean, debido a un aumento excesivo de la luz.

La marcación de un raleo debe encargarse a personal especializado, que debe estar debidamente entrenado para lograr la densidad y el espaciamiento adecuados. Los marcadores de raleo deben estar capacitados para reconocer las características deseables de los árboles que deben quedar y decidir qué árboles deben ser extraídos, ya sea por su desarrollo, forma o síntoma de enfermedad.

Para establecer la intensidad de un raleo se ha impuesto el sistema “de número de árboles por hectárea”, sobre otros tales como “porcentaje del área basal” o “área basal residual” que solían emplearse. Este sistema es de aplicación simple y según el espaciamiento deberá diseñarse una guía que permita dejar el número correcto de árboles por hectárea. Por ejemplo, en un rodal con un espaciamiento de 3 m, en el que se quieren dejar 800 árboles por hectárea, será necesario dejar 10 árboles cada 21 m de doble hilera. Si el espaciamiento es de 2,5 m, esta distancia será de 25 m. Esta es una indicación fácil de seguir, que permite al marcador dejar la densidad adecuada. Cada marcador puede determinar su propio sistema que le permita, de manera fácil, lograr la densidad residual requerida.

Efectos del Raleo

Los efectos de un raleo sobre las variables de un rodal son muy semejantes a los que produce una variación en el espaciamiento de plantación, ya que en ambos casos se está afectando

la disponibilidad de espacio de crecimiento de cada uno de los árboles.

Diámetro

El diámetro medio del rodal está relacionado con la intensidad, inicio y periodicidad de los raleos.

Un raleo más intenso produce un mayor desarrollo diamétrico; un raleo temprano produce una mejor respuesta en diámetro y una disminución en los intervalos entre raleos también tiene un efecto positivo en esta variable.

La magnitud de la respuesta dependerá de las condiciones del sitio. Schönau y Coetzee (1988) encontraron una relación directa entre la precipitación y la respuesta al raleo. Al año siguiente de una temporada lluviosa favorable, el incremento en diámetro fue superior. Esta reacción se manifestó con mayor intensidad en rodales más densos. El mismo estudio señala que las respuestas de incremento en diámetro para varios esquemas de raleo en general son bajas. Esta conclusión corresponde a un ensayo realizado con *E. grandis*.

Altura

La altura media de un rodal también se ve significativamente afectada por los tres factores: intensidad, inicio y periodicidad de los raleos.

El solo hecho de ralear, proceso en el cual normalmente se extraen los árboles de menor altura, ya produce un aumento considerable en la altura media del rodal, pero además de esto se produce una mejor respuesta cuando el raleo es temprano y más intenso. En el caso de la altura las diferencias producidas por la intensidad y oportunidad de los raleos son inferiores a las que ocurren con el diámetro (Schönau y Coetzee, 1988).

Volumen

El volumen total producido por el rodal se ve afectado por los raleos. La intensidad de las intervenciones y su periodicidad son los factores que más inciden en el volumen total. Raleos



FOTO VII-2: Efecto del raleo en el volumen total. *E. grandis*. Sudáfrica. Rodal con raleo intensivo.



FOTO VII-3: Efecto del raleo en el volumen total. Rodal sin intervención. El mayor volumen total resulta evidente.

fuertes y distanciados en el tiempo conducen a la obtención de un menor volumen total y aumentan la susceptibilidad del rodal al daño por viento u otros agentes (Schönau y Coetzee, 1988). El volumen de dimensiones mayores, dependiendo del índice de utilización, puede verse favorecido por una mayor intensidad en el o los raleos.

Podas

La poda consiste en la eliminación de las ramas en la sección baja del fuste, con el fin de aumentar la calidad y en consecuencia el valor de la cosecha final, al producir un porcentaje importante de madera libre de nudos.

En condiciones normales de plantación, con densidades medias a altas, las ramas bajas de la mayoría de las especies de *Eucalyptus* comienzan a morir al ser sombreadas por árboles vecinos y ramas superiores del mismo árbol, es decir, cuando comienza la competencia. Estas ramas secas caen algunos años más tarde, por lo que puede decirse que los eucaliptos presentan una buena poda natural.

Con el fin de apurar este proceso natural, las ramas muertas pueden ser desprendidas golpeándolas con un palo. Esta es una acción que se realiza normalmente en Sudáfrica, en rodales destinados a la producción de chapas, madera aserrada o grandes postes de transmisión, para evitar la presencia de nudos muertos (Poynton, 1979).

Al plantarse con un espaciamiento amplio (3 x 3 m ó más) o al realizarse raleos, el proceso de poda natural puede verse retardado, lo cual producirá un cilindro nudoso interior de mayores dimensiones, disminuyendo el porcentaje de madera libre de nudos y por lo tanto el valor de la cosecha final.

En estos casos será necesario recurrir a la poda de ramas vivas, la cual sólo se justifica cuando el objetivo del manejo es la producción de trozas de alto valor, para madera aserrada o chapas. Para la producción de postes de

transmisión también puede justificarse, ya que evita que queden nudos muertos u hoyos por los cuales puedan introducirse hongos o insectos hacia el centro del poste, donde normalmente no alcanza el proceso de impregnación (WRI, 1972).

Con el fin de mantener el cilindro nudoso lo más reducido posible y de permitir el máximo crecimiento de madera libre de nudos, la poda debe iniciarse temprano en la rotación y realizarse en varias intervenciones, no muy distanciadas entre sí.

Con el fin de promover el máximo crecimiento de los árboles podados, esta intervención sólo deberá aplicarse como parte de un esquema de manejo que considere raleos.

La intensidad de la poda es un factor que debe considerarse, ya que puede afectar la tasa de crecimiento del rodal. Lückhoff (1967) citado por Poynton (1979) analizando un ensayo de poda con *E. grandis* encontró que la remoción de más de un 40% de la copa viva causa una disminución temporal, pero altamente significativa, en el crecimiento diamétrico, afectando también, aunque en menor medida, el crecimiento en altura. La remoción de 1/3 de la copa viva o menos, no tuvo efecto en el crecimiento. Este mismo estudio indica que la poda de ramas vivas redujo fuertemente el rechazo de madera por presencia de nudos, especialmente de nudos sueltos, pero condujo a una mayor proporción de rechazos debido a otros defectos (torcedura, rajadura), por lo que concluye que la poda intensiva de ramas vivas no es recomendable y que solamente se debería ayudar a la poda natural, removiendo las ramas que están a punto de morir.

El efecto de la poda de ramas vivas en el crecimiento puede ser más marcado cuando la plantación se encuentra en un sitio pobre. Schönau (1974) citado por Poynton (1979), indica

que la poda de un 30 a 50% de copa viva conduce a una marcada disminución en el crecimiento de altura y diámetro. Además, en el sitio pobre la recuperación es lenta, lo cual puede afectar el rendimiento final. En consecuencia, este investigador no recomienda podar copa viva en sitios pobres y coincide en la recomendación de que sólo deben cortarse las ramas que están a punto de morir.

Esquemas de manejo

Las intervenciones silviculturales deben responder a esquemas bien definidos, que se determinan de acuerdo a los objetivos de producción, la calidad del sitio y otros factores tales como topografía, acceso, distancia a planta o puerto, precios y mercados.

La claridad en cuanto al tipo de producto que se desea obtener es fundamental, ya que en algunos casos los esquemas de manejo son excluyentes y un cambio de objetivos a mediados de la rotación no es posible o en el mejor de los casos puede implicar una gran pérdida.

Para tomar una decisión en cuanto al esquema de manejo a aplicar se debe tener presente que el máximo volumen total normalmente se obtiene con bosques de máxima densidad y por lo tanto cualquier intervención de raleo significa sacrificar cierto volumen para estimular el crecimiento de los individuos seleccionados. Un claro ejemplo del efecto del raleo en las variables de estado del rodal se entrega en el Cuadro VII-1.

El tratamiento más intensivo produce una considerable ganancia en el DAP medio del rodal, pero sacrifica más del 50% del volumen total.

Cuando el límite de utilización requerido es mayor (madera aserrada, chapas) la producción de un rodal raleado probablemente superará al de uno sin intervenciones y cuando el valor de las trozas está directamente relacionado con su tamaño, el valor de un rodal raleado puede

CUADRO VII-1

Efecto de un raleo temprano (6 años)
en el crecimiento de *E. nitens*. Edad: 12 años,
Victoria, Australia

Densidad Arb/ha	DAP Medio (cm)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen Total (m ³ /ha)
825	25,0	40,7	257
387	30,3	27,8	159
225	33,9	20,3	127

(Borough et al., 1979)

augmentar substancialmente, compensando la pérdida de volumen.

Dado que en Chile la silvicultura del eucalipto no se ha desarrollado, no se dispone de información que permita recomendar esquemas de manejo para distintos objetivos de producción, según las condiciones impuestas por el sitio y los otros factores que deben considerarse.

Para la producción de pulpa, energía o cualquier otro producto con un diámetro límite de utilización bajo (4 - 5 cm) no deben hacerse intervenciones de raleo ni podas.

Cuando se trata de producir madera aserrada o chapas, será conveniente realizar intervenciones para concentrar el crecimiento en los mejores árboles y lograr madera de mejor calidad.

Los esquemas de manejo para lograr este objetivo son numerosos y variados, dependiendo del sitio, la especie y los productos a obtener. Dado que en Chile no se dispone de esta información, se han seleccionado algunos esquemas en aplicación en otros países que pueden servir de guía, mientras se establecen esquemas propios.

Sudáfrica es tal vez el país en donde más se ha desarrollado la silvicultura y manejo de plantaciones de eucalipto. En este país se emplean diversos esquemas de manejo, algunos de los cuales se presentan a continuación.

Marshy Burges (1967) citados por Poynton (1981) proponen para la producción de madera aserrada de *E. grandis* el siguiente esquema.

Edad (años)	Densidad (Arb/ha)
0	1.310
7	1.000
10	750
13	500
16	250
19	150
30	0

Este esquema propone raleos moderados, especialmente al comienzo de la rotación, con el fin de limitar la formación de madera juvenil, que es de inferior calidad. Luego, hacia la mitad de la rotación se llega a una densidad baja, que asegura un rápido crecimiento hasta el momento de la cosecha.

Este esquema debería considerar podas hasta alturas de 2,4; 4,6 y 6,7 m cuando la altura media rodal alcance a 6; 9 y 12 m, respectivamente. Este esquema de manejo es el más conservador de los propuestos en Sud-Africa y tal vez el menos empleado, ya que la tendencia general es a realizar intervenciones más fuertes al comienzo de la rotación.

Los bosques estatales sudafricanos han sido intervenidos de acuerdo al siguiente esquema (*E. grandis*).

Edad (años)	Densidad (Arb/ha)
0	1370
3 - 5	750
7 - 9	500
11 - 13	300
25 - 30	0

Poynton (1981)

Este esquema considera una intervención bastante intensa y temprana, 3 a 5 años, dependiendo del sitio. En este caso la oportunidad e intensidad de la primera intervención son fundamentales. El primer raleo debe ser temprano e intenso para evitar daño por viento, especialmente en los mejores sitios.

Poynton (1981) entrega una serie de otros esquemas de manejo aplicados para la producción de madera aserrada y postes de transmisión, tanto en la República de Sudáfrica como en otros países del área. Todos ellos son semejantes en cuanto a la intensidad de los raleos, pero difieren en cuanto a la oportunidad, ya que se han desarrollado para aplicarlos a otras especies (*E. citriodora*, *E. resinifera*, *E. diversicolor*).

Opie et al. (1978) sugieren una serie de esquemas de manejo para la producción de madera aserrada, con y sin raleos. A modo de ejemplo se presenta uno bastante aplicado en Australia.

Para sitios de muy buena calidad y buen acceso y para especies que no retoñan bien (*E. regnans* o *E. nitens*) proponen establecer un bosque de alta densidad inicial (siembra directa) el que, al alcanzar 10 - 12 m de altura (dominantes y codominantes), debe ser intensamente raleado para dejar los mejores 120 - 250 árboles dominantes por hectárea, los que serán cosechados después de los 30 años. Como el raleo se realiza temprano en la rotación se supone que el daño por viento es mínimo.

Este régimen de manejo es adecuado para especies que no rebrotan en abundancia, ya que un rebrote muy vigoroso reduciría la respuesta de los árboles seleccionados y en consecuencia sería necesario controlar el rebrote empleando herbicidas u otros medios. Esto puede tener un alto costo y también aumentar la sensibilidad del rodal recién raleado al daño por viento.

En la práctica este sistema es adecuado a los mejores sitios, ya que en estos las especies que presentan los mejores crecimientos son justamente las que no rebrotan en forma vigorosa (*E. nitens*, *E. regnans*, *E. delegatensis*).

La alta densidad inicial tiene por objeto reducir el desarrollo de las ramas y producir una poda natural temprana, de modo que al hacer la intervención de raleo por lo menos un par de trozas ya habrán botado sus ramas, evitándose la poda.

Cuando la especie empleada retoña abundantemente (*E. globulus*) y las condiciones del mercado son favorables, puede ser conveniente manejar el bosque como un "Monte Medio", es decir manteniendo el retoño de los tocones, lo cual permite obtener 2 tipos de producto en rotaciones simultáneas.

Esto reduce el crecimiento del monte alto, pero produce una mejor utilización del sitio, que generará un volumen total superior.



FOTO VII-4: Plantación de *E. saligna* manejada como Monte Medio con el objeto de obtener dos productos. Se aprecian los ejemplares de Monte Alto dejados para la producción de madera aserrada y el rebrote de los árboles cosechados para la producción de pulpa. Brasil.

Cuando se emplea este sistema la densidad del dosel superior debe ser baja. Poynton (1981) señala que en Zimbabwe a veces se manejan bosques de *E. grandis* en esta forma, dejando unos 50 árboles/ha, los que se cortan posteriormente, cuando alcanzan el desarrollo requerido.

Manejo de Bosques de Monte Bajo

El término "Monte Bajo" se aplica a los bosques que se han regenerado a partir de los rebrotes de los tocones dejados por la explotación anterior. Este tipo de manejo se emplea con éxito en un amplio grupo de especies del género *Eucalyptus*.

Capacidad de Retoñación

De las especies introducidas con éxito al país, no todas presentan una buena capacidad de retoñación. Las especies del grupo Ash por ejemplo, retoñan pobremente, lo cual no asegura una buena regeneración del bosque. Las del grupo Blue Gum, en cambio, retoñan profusamente, asegurando el establecimiento del bosque para la siguiente rotación.

En el Cuadro VII-2 se entrega una lista con las especies más promisorias para la plantación en Chile, indicando su capacidad de retoñación.

Los brotes que dan origen al bosque de monte bajo se originan de yemas latentes, situadas en la corteza del tocón o de yemas ubicadas en los lignotubérculos que presentan algunas especies. Cuando el tronco está creciendo, estas yemas están inhibidas por la acción de auxinas que produce el árbol. En cuanto éste es cortado, el flujo de auxinas cesa, activando las yemas latentes.

Existen tres tipos de brotes: los que se forman en la parte interna de la corteza, en la parte superior del tocón, llamados brotes adventicios; los originados en el exterior, llamados proventicios y los originados en los lignotubérculos. Los brotes proventicios o epicórmicos son los que han demostrado ser los que mejor sobreviven y se desarrollan, especialmente cuando nacen en la sección del tocón que enfrenta a los vientos dominantes.



FOTO VII - 5: Monte Bajo *E. globulus ssp. globulus*. Santo Domingo, V Región.

CUADRO VII-2

Capacidad de Retoñación

ESPECIE	RETOÑACION
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Buena
<i>Eucalyptus cladocalyx</i>	Buena
<i>Eucalyptus delegatensis</i>	Pobre (*)
<i>Eucalyptus fastigata</i>	Regular
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	Buena
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i>	Buena
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	Buena
<i>Eucalyptus nitens</i>	Pobre (*)
<i>Eucalyptus regnans</i>	Pobre (*)
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	
<i>ssp. sideroxylon</i>	Buena
<i>Eucalyptus viminalis</i>	Buena

Fuente : W.R.I. 1972; De La lama 1976; FAO 1979.

(*) Según la literatura, la capacidad de retoñación de estas especies es pobre. En Chile, los pocos árboles que han sido cortados han retoñado satisfactoriamente en algunos ensayos.

La capacidad de retoñación y las veces que un tocón puede retoñar se ven afectadas por una serie de factores que se discuten a continuación.

Epoca de Corta

La época de corta puede ser un factor importante en la retoñación y supervivencia de los rebrotes de algunas especies del género *Eucalyptus*. La cantidad y calidad de los retoños pueden verse seriamente afectados por sequías o heladas. Webley et al. (1986) trabajando con *E. grandis* y *E. robusta*, encontraron que el mes de cosecha es un factor que incide considerablemente en la retoñación y su crecimiento posterior. Para ambas especies la corta durante el verano produjo una baja significativa en el porcentaje de tocones con rebrotes vivos 48 meses después de la corta. Además, la altura y DAP y en consecuencia, la productividad también fueron inferiores.

En el caso de *E. globulus*, Pereira et al. (1984) citados por Webley et al. (1986) obser-

varon una mayor mortalidad de tocones cuando la corta se realizó en invierno. La primavera resultó ser la estación más adecuada.

En zonas con fuertes heladas, la corta durante la estación fría puede producir un desprendimiento de la corteza, disminuyendo la capacidad de retoñación. La corta durante el verano puede coincidir con una falta de vigor debido a la escasez de humedad en el suelo, lo cual afecta negativamente la retoñación y puede aumentar la mortalidad de los tocones. Según FAO (1979) lo más adecuado es realizar la corta a comienzos de la estación de crecimiento, calculando que los retoños no sean afectados por las últimas heladas. En Chile, dependiendo de la zona, esto sería entre Septiembre y Octubre. En zonas en donde las heladas no constituyen un serio problema, lo más conveniente es realizar la corta durante fines de invierno o comienzos de primavera.



FOTO VII-6: *E. regnans*. Retoñación muy pobre.

Altura del Tocón

Aparentemente la altura del tocón no afecta ni el número ni el vigor de los rebrotes. Sin embargo, tiene importancia ya que afecta el rendimiento del bosque que está siendo explotado y también la resistencia al viento de los retoños.

El tocón debe dejarse lo más corto posible. El corte debe hacerse a unos 10 a 20 cm del suelo, según lo permita la herramienta empleada. Con esto se logra la óptima utilización de la primera troza del árbol y retoños más firmes y menos susceptibles al daño del viento.

En sucesivas rotaciones existe la tendencia a ir subiendo la altura de corte, procedimiento que no afecta la cantidad y calidad de los retoños, pero que tiene una serie de desventajas. La primera es que se pierde crecimiento. La altura total de un bosque está más o menos



FOTO VII-7 *E. globulus ssp. globulus*. Retoñación muy vigorosa.

fija por la calidad del sitio, en consecuencia si la altura de corta se va elevando, el largo aprovechable va disminuyendo de rotación en rotación. El otro problema que genera la elevación de la altura de los tocones, es la dificultad de movimiento para las maquinarias y equipos de explotación. En consecuencia, se debe vigilar para que el corte se realice siempre entre los 10 y 20 cm.

Un corte demasiado bajo puede disminuir la capacidad de retoñación (Turnbull y Pryor, 1978).

Método de Volteo y Tipo de Corte

El volteo de los árboles debe realizarse con motosierra o sierras manuales, ya que permiten un corte bajo y limpio, lo cual genera una brotación homogénea. El volteo con hacha o herramienta similar no es recomendable, ya que causa daño en la corteza, bajando notablemente la cantidad y a veces la calidad de los retoños. Esto también disminuye la vida útil del tocón, ya que el corte irregular favorece el ataque de hongos.

El WRI (1972) indica que el rendimiento puede verse disminuido en un 10% o más, debido al empleo de hacha, ya que no permite hacer un corte muy apegado al suelo, especialmente en los diámetros mayores.

Debe cuidarse de que el corte efectuado sea parejo y en forma de bisel, de modo de evitar que se acumule agua sobre el tocón, lo cual conduce a una rápida pudrición de la cepa. Además la formación del callo que une el retoño con el tocón es más rápida y efectiva cuando el corte es parejo. Es por esto que cuando éste no es correcto, debe rehacerse para darle la forma adecuada.

Diámetro y Edad del Tocón

La calidad y cantidad de los retoños y también la mortalidad de los tocones depende de sus diámetros. Los diámetros intermedios son los que presentan la mejor supervivencia y regeneración. En cambio, los tocones con diámetros extremos, muy pequeños, normalmente de árboles suprimidos, o muy grandes, son los que presentan la mayor mortalidad. En

consecuencia, mientras más homogéneo sea el rodal mayor será su vida útil (Pereira y Rezende, 1983).

Dado que los tocones de mayor diámetro muestran menor capacidad de retoñación, es lógico esperar que árboles viejos rebroten pobremente. Según Blake (1983), la capacidad de retoñación de *E. grandis* comenzaría a declinar después de los 10 años.

Manejo de los Retoños - Clareos

Dependiendo del diámetro del tocón, el número de retoños puede variar desde unos 5 a 10 hasta más de cien. Naturalmente sólo 5 ó 6 de estos retoños dominarán sobre el resto para producir fustes de un diámetro utilizable.

Dado que el "diámetro utilizable" es un concepto relativo, que depende del objetivo de la plantación, puede ser necesario manejar el número de retoños, mediante operaciones de



FOTO VII-8 Tocón bajo con retoños bien ubicados.



FOTO VII-9 Tocón inadecuado.

clareo. Estas intervenciones consisten en remover parte de los retoños, después de haber tomado la decisión en cuanto al número adecuado a dejar por tocón o por hectárea, de acuerdo a un objetivo de producción.

El clareo tiene como objetivo concentrar el crecimiento en unos pocos, o a veces, en uno de los retoños. Mientras menos retoños se mantengan en cada tocón, mayor será la ganancia en diámetro y en rectitud de los fustes. Cuando no se hacen clareos, siempre se produce una curvatura pronunciada en la parte baja de cada fuste, lo cual disminuye el rendimiento en algunos productos.

Cuando el objetivo no se ve afectado por el diámetro ni por la rectitud de los fustes y sólo interesa el volumen total en un corto plazo, una mayor densidad puede ser favorable.

Ensayos realizados por INFOR (Torales, 1988) con *Eucalyptus globulus* en la V Región



FOTO VII-10: Faena de clareo.

(Cuadro VII-3), indican que la reducción a tres rebrotes por tocón, hecha a los 2 años y medio, sólo disminuye el área basal en un 8,1% (12.3 m² a 11.3 m²) y el volumen en un 5.8% con respecto a las parcelas no intervenidas, al bajar de 40.2 m³/ha a 37.8 m³/ha. La reducción a 1 rebrote por tocón, en cambio, produce una reducción del 50.3 y 47.1% del área basal y volumen, respectivamente. Dejando 2 tocones se llega al 64.4 y 66.5% del área basal y volumen del tratamiento no intervenido.

Dado que se eliminan los retoños de menor desarrollo, se produce un incremento en la altura media de todas las parcelas intervenidas en relación al testigo.

Al año 5 la situación ha cambiado considerablemente. Los volúmenes totales de los tratamientos testigo, 2 y 3 casi se han igualado, y el tratamiento 1 ya alcanza al 86.2% del testigo. Los mayores incrementos en volumen y lógicamente en diámetro, se producen en los

CUADRO VII-3

Resultados parciales de ensayo de claro de *Eucalyptus globulus* - Valparaíso

Estado Inicial (2,5 años)						
Tratamiento (ret/tocón)	Densidad (ret/ha)	DAP (cm)	AB (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Altura (m)	
Testigo	4.888	5.5	12.3	40.15	9.1	
1	1.348	7.5	6.1	21.25	11.6	
2	2.266	6.7	7.9	26.68	10.7	
3	3.199	6.7	11.3	37.82	10.9	
Estado Parcial (5 años)						
Tratamiento (retoños/tocón)	DAP (cm)	AB (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Incremento AB Volumen (m ² /ha) (m ³ /ha)		Altura (m)
Testigo	7.2	21.8	87.36	9.5	47.21	12.2
1	11.8	15.4	75.33	9.3	54.08	16.8
2	9.9	17.9	83.63	10.0	56.95	15.2
3	9.2	19.9	85.03	8.6	47.21	15.1



FOTO VII-11 Parcelas de clareos. Dos retoños por tocón. Valparaíso, V Región.

clareos más intensos. Como es de esperar el número de retoños por tocón no tiene un efecto significativo en la altura de los árboles dominantes, pero sí afecta la altura media y el incremento en altura, siendo éste muy superior en los rodales intervenidos.

Los resultados parciales de este ensayo confirman lo expuesto anteriormente, en el sentido que si sólo se requiere el máximo volumen total en una rotación corta, sin importar forma y dimensiones, las intervenciones de claro no se justifican.

Poynton (1981) indica que en sitios pobres, particularmente en áreas con baja precipitación y suelos delgados, se debería hacer un claro intenso, dejando 1 ó 2 retoños por tocón. En la producción de madera para minas y también para pulpa, se deberían dejar hasta 3 retoños por tocón hasta el final de la rotación.

En cuanto al número de retoños a dejar, debe existir cierta flexibilidad, dependiendo del diámetro del tocón. Un tocón pequeño puede soportar 1 ó 2 retoños, en cambio otros podrán soportar 3; 4 o más. Por lo tanto proponer un claro para dejar un número fijo de retoños por tocón no es lo más recomendable.

Oportunidad de los Clareos

Como se mencionó anteriormente, el número de brotes por tocón puede ser muy abundante, pero al poco tiempo se inicia el dominio de algunos y un raleo natural.

Los brotes dominantes en un principio, no serán necesariamente los que lleguen al final. A veces desarrollan mucha biomasa, pero no están lo suficientemente adheridos al tocón, produciéndose su caída natural.

El viento es también una importante causa de mortalidad en los retoños, ya que algunos, especialmente aquellos que están en el lado opuesto a la fuerza del viento, suelen desprenderse con facilidad. Los que están del lado de donde viene el viento son los más resistentes.

Es por esto que el claro debe hacerse una vez que naturalmente se haya producido una selección, para que los brotes a dejar sean real-

mente los más vigorosos y firmemente adheridos al tocón, asegurándose la estabilidad del rodal. Esto toma mayor importancia cuando se ha decidido dejar 1 ó 2 retoños por tocón, en cuyos casos aumenta la susceptibilidad al volteo por viento. Además una intervención muy temprana puede estimular una nueva brotación, requiriéndose de otra intervención para eliminar estos brotes (Perciray Rezende, 1983). La dominancia definitiva de los brotes se manifiesta entre los 18 y 24 meses después de la corta (*E. globulus* en Chile).

La labor de claro debe hacerse preferentemente en una época del año en que no haya el peligro de fuertes vientos y heladas, ya que pueden producir daños al bosque recién intervenido.

Dependiendo de los productos que se desee obtener, se puede hacer más de un claro durante la rotación. Esto es algo que puede estar predeterminado o realizarse aprovechando las condiciones del mercado para cierto producto.

Barret et al., (1975) citados por Poynton (1981) sugieren realizar 2 intervenciones de claro, reduciendo a 2 ó 3 retoños por tocón cuando éstos tienen unos 4 m de altura, para luego, al año siguiente, intervenir nuevamente para dejar 1 ó 2, favoreciendo los que han logrado el mejor desarrollo y forma, obteniéndose así productos de mejor calidad (por ejemplo postes de transmisión). Esto también lo sugieren Stubbings y Schönau (1979) según lo menciona Poynton (1981).

Método de Ejecución de Clareos

Los métodos de corta de los retoños se deben asemejar a los métodos de cosecha. El trabajo debe hacerse preferentemente con sierra y el corte debe ser bajo y limpio. Se debe tener particular cuidado en cuanto a la ubicación de los retoños a dejar, especialmente cuando se dejan 1 ó 2. Estos deben quedar del mismo lado en que sopla el viento que los puede voltear (normalmente el viento norte). Cuando se dejan varios retoños (2 ó más), se debe considerar que sean homogéneos en cuanto a su desarrollo, para que éste continúe en forma pareja. Además se debe cuidar la distribución de los retoños en el tocón, procurando que todos ten-

gan suficiente espacio para desarrollarse.

El número total de fustes por hectárea debe ser por lo menos igual a la densidad de plantación inicial, la que se supone se hizo considerando la capacidad del sitio. Si no es posible obtener esta densidad mínima, será necesario renovar el rodal.

Esquemas de manejo

La especie, el sitio y los objetivos de producción imponen determinados esquemas de manejo, los cuales deben especificar todos los tratamientos que deban aplicarse al rodal a lo largo de la rotación, e incluso de varias rotaciones.

Dado que pueden haber diferentes tipos de tratamientos, partiendo de densidades iniciales distintas; incluyendo fertilización, control de malezas, distintas longitudes de rotación, distintos objetivos de producción y otros factores, los esquemas de manejo pueden ser muy variados, y en definitiva casi dependen de cada situación en particular. Sin embargo, cuando se trata de monte bajo, las densidades por lo general son altas y las rotaciones cortas. El sistema de regeneración por monte bajo se emplea principalmente para la producción de pulpa, postes, leña y en general productos de poca dimensión, aún cuando a veces, después de 2 o más claros, se puede dejar un bosque de baja densidad para la producción de madera aserrada o chapas.

Dentro de este gran número de alternativas, se pueden mencionar algunas líneas de manejo de monte bajo, basadas en los escasos antecedentes disponibles en el país y algunos antecedentes extranjeros. Como se mencionó anteriormente, existen importantes variaciones entre sitios y los datos entregados corresponden a estimaciones, que en algunos casos no tienen un respaldo científico. El extremo lo constituye el manejo para la producción de aceites esenciales, en donde se establece una plantación a gran densidad (de 3.000 a 10.000 plantas/ha), que será cosechada en rotaciones muy cortas, a veces de 1 año. Este sistema exige un cultivo intensivo, con buena preparación del sitio, control de malezas y fertilización año a año.

Para la producción de pulpa, los esquemas de manejo consideran el establecimiento de una plantación de unos 1.600 a 2.500 árboles por hectárea. En Chile no existen bosques de eucalipto manejados para la producción de pulpa, pero se estima que con 2.500 árboles por hectárea, en buenos sitios, se podrían establecer rotaciones de monte bajo de 6 a 7 años, sin intervenciones de claro, ya que hasta esa edad, el volumen total prácticamente no variará entre un bosque clareado, dejando 3 ó 4 retoños por tocón, y un bosque sin intervenciones. Dado que el efecto de la densidad en el rendimiento de plantaciones jóvenes es preponderante, en sitios de muy buena calidad podría ser conveniente establecer plantaciones a mayor densidad, por ejemplo 2.5 x 1 m, es decir con 4.000 árb/ha. El espaciamiento rectangular tiene por objeto facilitar el desplazamiento dentro del bosque.

Opie et al. (1978) proponen un régimen de producción de pulpa con *Eucalyptus globulus* en que se plantan 13.888 árboles por hectárea, con un espaciamiento de 2.4 x 0.3 m. El esquema supone un sitio de muy buen acceso y calidad, además de altas tasas de fertilización. El objetivo de este sistema es la producción de gran cantidad de biomasa en muy corto plazo, como para suplir un déficit en una planta de pulpa, cuando no hay alternativas de abastecimiento disponibles. Estas plantaciones de alta densidad son también las más adecuadas para la producción de biomasa que será empleada como combustible.

Para la producción de postes de cerco o parronales el método de monte bajo es el ideal. En sitios de calidad media a alta se pueden establecer 2.500 árboles por hectárea, que luego de la primera rotación (8- 12 años dependiendo del sitio) se comienzan a manejar como monte bajo. Los datos obtenidos en Valparaíso (Toral, 1988) indican que sería conveniente un claro a los 2 años, dejando de 2 a 3 retoños por tocón, para cosechar a los 7 u 8 años postes de un diámetro medio cercano a los 15 cm. En este caso el claro es fundamental, ya que evitará que se doblen los fustes y permitirá seleccionar aquéllos con la mejor forma. En mejores sitios (VII, VIII Región) la rotación puede ser menor.

La producción de leña para comercializarla en la forma tradicional, es decir, como astillas, puede hacerse con igual densidad (2.500 árb/ha) en sitios favorables o con 1.100 árboles por hectárea en sitios pobres. Después de la rotación de monte alto (10 - 14 años en buenos sitios; 16-20 años en sitios pobres), se deberán manejar los retoños para obtener diámetros de 20 - 25 cm, en el menor tiempo posible. Para esto se debe hacer un clareo temprano dejando de 2 a 3 retoños por tocón. Las rotaciones serán de 8 - 10 años en buenos sitios y de 14 - 15 años en sitios de calidad media.

Mortalidad de los Tocones y Número de Rotaciones

Después de cada corta existe cierta mortalidad de tocones, debido a causas naturales tales como pudrición de las raíces, sequías prolongadas, inundaciones, pérdida de la fertilidad del suelo, etc., o como se explicó anteriormente,

debido al empleo de técnicas de explotación inadecuadas. Esta paulatina reducción en el número de tocones es lo que va produciendo una disminución en los rendimientos, normalmente después de la tercera rotación. Según Blake (1983) el porcentaje de mortalidad aumenta en cada rotación y el número de rotaciones disminuye al aumentar la densidad, particularmente cuando las rotaciones son muy cortas. La vitalidad de los tocones que sobreviven, si no están en proceso de descomposición, no disminuye con el tiempo.

Cuando la mortalidad sobrepasa cierto nivel (25 a 30%) los rendimientos pueden caer a niveles antieconómicos. Cuando se alcanza este estado, será necesario renovar el total de la plantación o hacer un replante, que permita volver a una densidad adecuada.

El número de rotaciones hasta que esto



FOTO VII-12: Eliminación mecánica de tocones. Sudáfrica.

sucedan es variable. FAO (1979), señala que en la India, en plantaciones de *E. globulus* se han obtenido hasta 10 rotaciones de 10 años, con buenos rendimientos. También indica que en Israel, con *E. camaldulensis* se han logrado 5 rotaciones en un período de 50 años. Lo más general es que en un sitio adecuado se puedan obtener 2 a 3 rotaciones después de la de monte alto, siendo luego necesario replantar o renovar totalmente el rodal (FAO, 1979; WRI, 1972).

Renovación Total

La renovación total de la plantación puede ser bastante costosa, ya que será necesario eliminar la totalidad de los tocones. Para esto se puede proceder al destronque total, solución extremadamente cara; al entierro de las cepas, las que se cortan a ras de suelo y luego con la ayuda de un arado se cubren con una capa de 25-30 cm de tierra; al descortezado de los tocones, que es un método eficiente y barato, hecho con herramientas manuales o al uso de productos químicos. La literatura indica que el arseniato de sodio, en una solución al 5%, es efectivo cuando se aplica en cortes realizados con hachas alrededor de todo el tocón, para poner el veneno en contacto con el cambium (WRI, 1972). Este producto es altamente tóxico y puede ser peligroso para la vida animal.

Ensayos recientes (Alvarez, 1988) han demostrado que el uso del herbicida Hexazinona en concentraciones de 5 a 10% aplicado al suelo y el compuesto Triclopyr, aplicado al follaje en concentraciones del 3,3 al 10%, logran controlar eficazmente el rebrote de las cepas de *Eucalyptus*.

En Sud Africa se ha desarrollado una máquina que permite reducir el tocón a astillas. Esto favorece la descomposición del tocón y deja la superficie libre de obstáculos que dificultan el movimiento de vehículos y maquinarias para el establecimiento de la nueva plantación.

Replante Parcial

La alternativa para recuperar la densidad necesaria en la plantación es el replante en los espacios dejados por los tocones muertos.

Esto debe hacerse inmediatamente después de una corta, empleando las mejores técnicas de establecimiento, para permitir a la nueva planta crecer a la máxima tasa posible, para no ser suprimida por el vigoroso retoño del tocón.

Para establecer estas plantas debe hacerse un eficiente control de la competencia, un buen tratamiento en el suelo y aplicar fertilizantes, para producir un rápido crecimiento inicial.

El replante puede hacerse cuando la mortalidad sobrepase al 25% de los tocones, o en cada ciclo de corta.

Referencias

- Alvarez, V. 1988. Control Químico en Rebrotos de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* en Plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, en Constitución, VII Región. Tesis Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. U. de Chile. 142 p.
- Balloni, E.A. 1983. Influência do Espacamento de Plantio na Produtividade Florestal. In : Anais Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rapido Crescimento. Aguas do Sao Pedro, Brasil, 1980. Silvicultura, Año VIII, Julio/Agosto 1983. Nº 31 : 588 - 593.
- Blake, T.J. 1983. Coppice Systems for Short rotation Intensive Forestry: The Influence of Cultural, Seasonal and Plant Factors. Aust. For. Res., Vol. 13: 279-91.
- Borough, C.J., W.D. Incoll, J.R. May and T. Bird. 1978. Yield Statistics. In : W.E. Hillis

- and A.G. Brown (Eds) *Eucalypts for Wood Production*. CSIRO, Australia. 434 p.
- Bredenkamp, B.V. 1984. The CCT Concept in Spacing Research. A Review. In: Proc. IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. p. 313 - 332.
- De la Lama, G. 1976. Atlas del Eucalipto. INIA - ICONA, Ministerio de Agricultura. Sevilla, España. 4 tomos.
- FAO, 1979. *Eucalypts for Planting*. FAO Forestry Series, N° 11. Roma, 677 p.
- Ferrand, J. Ch. 1982. Growth Stresses and Silviculture of Eucalypts. *Aust. For. Res.* 13: 75 - 81.
- Kellison, R.C. 1983. Cultural Practices for Optimizing Productivity of Eucalypts for Fiber and Energy. In: Anais Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rapido Crescimento. Aguas do Sao Pedro, Brasil, 1980. *Silvicultura, Año VIII, Julio/Agosto 1983*. N° 31 : 595-597.
- Meskimen, G. and E.C. Franklin. 1978. Spacing *Eucalyptus grandis* in Southern Florida. A Question of Merchantable versus Total Volume. *S.J. Applied For. (2)* : 3-5.
- Opie, J.E., R.A. Curtin and W.D. Incoll. 1978. Stand Management. In: W.E. Hillis and A.G. Brown (Eds) *Eucalypts for Wood Production*. CSIRO, Australia. 434 p.
- Pereira, A.R., A.J. Regazzi, J.C. Ribeiro y L.R. Ramalho. 1983. Efeito do Diametro das Cepas no Desenvolvimento de Brotacoes de *Eucalyptus spp.* In: Anais Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rapido Crescimento. Aguas do Sao Pedro, Brasil, 1980. *Silvicultura, Año VIII, Julio/Agosto 1983*. N° 31 : 599 - 602.
- Pereira, A.R., G.C. Rezende. 1983. Influência da Limpeza das Cepas no Vigor das Brotacoes de *Eucalyptus spp.* In: Anais Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rapido Crescimento. Aguas do Sao Pedro, Brasil, 1980. *Silvicultura, Año VIII, Julio/Agosto 1983*. N° 31: 597-599.
- Poynton, R.J. 1979. *Tree Planting in Southern Africa*. Vol. 2. The Eucalypts - South Africa Forest Research Institute. Department of Forestry. Republic of South Africa. 882 p.
- Poynton, R.J. 1981. The Silvicultural Treatment of Eucalypt Plantations in Southern Africa. *South African For. J.* N° 116 : 11-16.
- Schönau, A.P.G. y J. Coetzee. 1988. Initial Spacing, Stand Density and Thin in Eucalypt Plantations. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. Junio, 1988. Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal - XV. 20 p.
- Toral, M. 1988. El Efecto de Diversas Intensidades de Clareo en el Crecimiento de Monte Bajo de *Eucalyptus globulus*. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. Junio, 1988. Viña del Mar, Chile. Corporación de Fomento de la Producción - Instituto Forestal - XIV. 24 p.
- Turnbull, J.W. and L.D. Pryor. 1978. Choice of Species and Seed Sources. In: W.E. Hillis and A.G. Brown (Eds). *Eucalypts for Wood Production*. CSIRO, Australia. 434 p.
- Webley, O.J.; T.F. Geary; D.L. Rockwood; C.W. Comer and G.F. Meskimen. 1986. Seasonal Coppicing Variation in Three Eucalypts in Southern Florida. *Aust. For. Res.* Vol. 16: 281 - 290.
- WRI (Wattle Research Institute). 1972. *Handbook on Eucalypt Growing*. Pietermaritzburg, Natal R.S.A. 164 p.

CAPITULO VIII

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

Santiago Barros A.
Patricio Rojas V.

Introducción

La información sobre el crecimiento y rendimiento de las especies en diferentes sitios es fundamental para el manejo de plantaciones.

Esta información debe ser obtenida en el país, evaluando el crecimiento de las diferentes especies bajo las diferentes condiciones de sitio presentes. Los antecedentes reunidos al respecto en otros países en que se las cultiva o en sus países de origen, tienen un valor sólo referencial, ya que las especies se encuentran creciendo en sitios diferentes o pertenecen a poblaciones que genéticamente pueden ser muy distintas.

Los antecedentes dasométricos existentes en el país para especies del género *Eucalyptus* corresponden fundamentalmente a *Eucalyptus globulus* y en su mayoría se han obtenido en las Regiones V y VIII, ya que, como se ha indicado en los capítulos anteriores, esta es la única especie que por ahora tiene una importancia comercial en el país. Existen unas 60 mil hectáreas de plantaciones y más del 60% de éstas se concentran en las dos regiones mencionadas.

Si se tienen presentes aspectos como la diversidad de sitios que se encuentra en el país, la variedad de usos que se puede dar a la madera de eucalipto, las diferentes técnicas de manejo silvícola que se pueden aplicar a estas plantaciones y las distintas especies del género potencialmente utilizables, se concluye que la información disponible sobre el crecimiento y rendimiento del eucalipto en Chile es muy escasa.

Considerando la importancia que está adqui-

riendo este género forestal en el país, será necesario intensificar los esfuerzos de investigación sobre este tema en los próximos años.

En este capítulo se entrega la información disponible sobre crecimiento, rendimiento y otros aspectos dasométricos, para *Eucalyptus globulus* y otras especies del género en Chile.

En primer lugar se presenta una síntesis de los principales resultados obtenidos del programa de Introducción de Especies del Instituto Forestal, los cuales entregan básicamente altura y diámetro medios y estimaciones de rendimiento volumétrico, para diferentes especies en distintos lugares de ensayo distribuidos entre las Regiones IV y X.

En segundo lugar se incluye una recopilación de tablas de rendimiento para *Eucalyptus globulus*, según diferentes productos.

Finalmente, se entregan diversos antecedentes dasométricos para otras especies del género, obtenidos también de las parcelas experimentales del Instituto Forestal.

Crecimiento y Rendimiento en Parcelas Experimentales, de las Principales Especies de *Eucalyptus* Introducidas al País

El Instituto Forestal está desarrollando desde el año 1962 un programa de introducción de especies forestales al país. Desde entonces se han sometido a ensayo numerosas especies, tanto coníferas como latifoliadas, provenientes de diversas regiones del mundo (INFORCORFO, 1986).

Entre las especies latifoliadas probadas hasta ahora, las de mayor importancia son aquellas del género *Eucalyptus*. Como se indicó en el Capítulo II, se han probado unas 80 especies del género y si se consideran las subespecies, variedades y procedencias de semillas, este número se duplica o más.

Diversas especies de este género y en diferentes sitios del país, han mostrado una buena adaptación y altos niveles de crecimiento. Las más destacadas corresponden en general a aquellas que son comercialmente importantes en Australia, su lugar de origen, y en otros países en que han sido introducidas. Un buen ejemplo de esto son las subespecies de *E. globulus*, utilizadas en diversos países en la producción de madera aserrada, chapas y tableros, pulpa y energía; *E. camaldulensis*, especie ampliamente difundida en el mundo y utilizada para pulpa y papel, energía y otros usos; *E. regnans*, *E. delegatensis*, *E. fastigata* y *E. obliqua*, que son las especies de mayor importancia comercial en Australia (Hillis y Brown, 1978); y otras especies de interés por diferentes razones, como *E. sideroxyton*, para la producción de madera, energía y curtientes vegetales en zonas semiáridas; *E. citriodora*, para madera aserrada y aceites esenciales; *E. nitens*, *E. viminalis* y *E. gunnii*, por su resistencia al frío; y otras.

En los cuadros y mapas siguientes se presentan los resultados obtenidos de las últimas evaluaciones de las parcelas experimentales del Instituto Forestal y la representatividad geográfica de los ensayos, respectivamente.

La información se ha ordenado de norte a sur según las Regiones Climáticas de Di Castri (1975) y las Unidades Edafoclimáticas Homogéneas de INFOR y Universidad de Chile (1979), obtenidas por sobreposición cartográfica de las Regiones Climáticas y la Clasificación de Grandes Grupos de Suelos de Roberts y Díaz (1959-1960). En los cuadros se indica

ensayo, edad y unidad edafoclimática homogénea y se agregan los resultados obtenidos con las principales especies, en términos de altura, diámetro y área basal, incluyéndose además, una estimación de rendimiento e incremento volumétrico en las Regiones Mediterránea Central y Oceánica de Los Lagos (INFORCORFO, 1986).

Las parcelas experimentales de las que se ha obtenido esta información fueron instaladas con técnicas corrientes de establecimiento y no recibieron intervenciones silvícolas posteriores. Las correspondientes a la Región Mediterránea Semiárida están compuestas por 49 plantas a 3 x 3 m y las de las dos regiones restantes por 100 plantas a 2 x 2 m, aunque en ambos casos la unidad de control es una subparcela interior de 25 plantas. La superficie de las parcelas es de 225 y 100 m², respectivamente, y por tener tres repeticiones, la información de cada especie en cada ensayo proviene de 675 y 300 m², respectivamente.

Considerando el tamaño de las parcelas, la estimación del área basal y volumen por hectárea que registran las especies en los diferentes lugares, está sujeta a errores difíciles de cuantificar. Por esta razón, las cifras que indican los cuadros deben ser consideradas, más que como rendimiento de las especies en cada lugar, como una estimación del potencial de crecimiento relativo de cada una de ellas.

También se debe tomar con cierta precaución la representatividad geográfica de los resultados de cada ensayo. La zonificación en unidades edafoclimáticas homogéneas está basada en clasificaciones generales de suelo y clima, por lo que existen múltiples factores como topografía, exposición, fertilidad y profundidad del suelo, erosión y otros, que provocan fuertes variaciones en la calidad de sitio forestal, dentro de cada unidad.

Crecimiento de Especies del Género *Eucalyptus* en la Región Mediterránea Semiárida

La Región Mediterránea Semiárida es una extensa superficie de la zona central del país, ubicada entre las Regiones IV y VII. Está representada principalmente por los sectores de secano costero y secano interior de las Regiones IV y V y los sectores de secano interior de las Regiones Metropolitana, VI y VII. Están cubiertas 6 unidades por información de 8 lugares de ensayo.

En el Mapa VIII-1 y Cuadro VIII-1 siguientes se entrega la información para esta región.

La principal característica de esta región está dada por sus reducidas precipitaciones y la ocurrencia de un prolongado período seco. Las precipitaciones anuales varían desde menos de 200 mm en la parte norte hasta unos 700 a 800 mm en la parte sur, concentradas en los meses de invierno. El período seco se extiende por unos 6 a 8 meses, en la parte sur y norte, respectivamente.

Hacia el extremo norte de la región, donde las precipitaciones son cercanas a los 200 mm, las condiciones son seriamente limitantes para las especies forestales, debido a la escasa disponibilidad de agua. Esta limitación se acentúa por la degradación y falta de fertilidad de los suelos. Sin embargo, especies como *E. camaldulensis* y *E. cladocalyx* muestran una adaptación interesante, aunque con crecimientos muy bajos como para hacer de la forestación una actividad rentable. Actualmente se está trabajando en la selección de procedencias (Barros, 1988) y la aplicación de técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones (Prado y Rojas, 1987), para mejorar estos rendimientos.

Algo más al sur, aunque todavía con precipitaciones anuales bajo los 350 mm, estas especies muestran resultados de mayor interés, a los cuales se agregan aquellos de *E. sideroxylon*,

especie de menor desarrollo, pero que podría permitir una utilización más integral del árbol produciendo madera, taninos de la corteza y aceites esenciales de las hojas.

En la parte central y sur de la región, con precipitaciones de 400 a 700 mm anuales, *E. globulus ssp globulus*, *E. globulus ssp bicostata* y *E. globulus ssp maidenii*, constituyen una buena alternativa. En áreas en que el período seco es más acentuado o las condiciones de suelo no son las más favorables, *E. camaldulensis* es más indicado.

En zonas costeras con 700 o más milímetros anuales y con mayor humedad atmosférica, adquieren interés también especies como *E. nitens*, *E. regnans* y *E. fastigata*.

Conviene recalcar que en toda esta región, y muy particularmente en las zonas norte y central, el uso de adecuadas procedencias de semillas (Barros, 1988) y la aplicación de técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones (Prado y Rojas, 1987), son factores decisivos en el éxito de la forestación.

Crecimiento de Especies del Género *Eucalyptus* en la Región Mediterránea Central

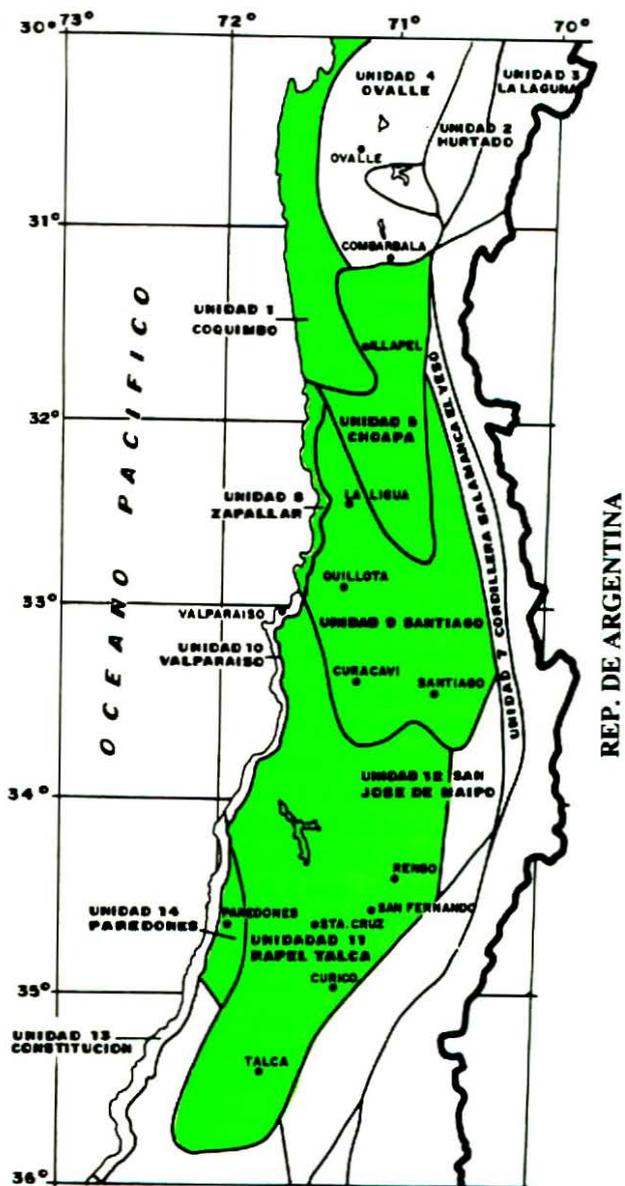
La Región Mediterránea Central, con la excepción de los suelos de arenas y algunos sectores excesivamente erosionados de la Provincia de Malleco, presenta condiciones muy favorables para el desarrollo de especies forestales, especialmente en zonas costeras y precordilleranas.

En la región existen 7 lugares de ensayos, que cubren 5 unidades edafoclimáticamente homogéneas y cuya información se entrega en el Mapa VIII-2 y Cuadro VIII-2.

En la zona costera, unidades Arauco y Concepción, varias especies del género presentan los mayores crecimientos registrados en el país. *Eucalyptus nitens*, *E. regnans* y *E. delegatensis* presentan incrementos medios anuales en volu-

MAPA VIII - 1

REGION MEDITERRANEA SEMIARIDA



 Unidades Edafoclimaticas Cubiertas por Ensayos

ESCALA APROX. 1:4.000.000

Fuente: INFOR-CORFO 1986



CUADRO VIII - 1

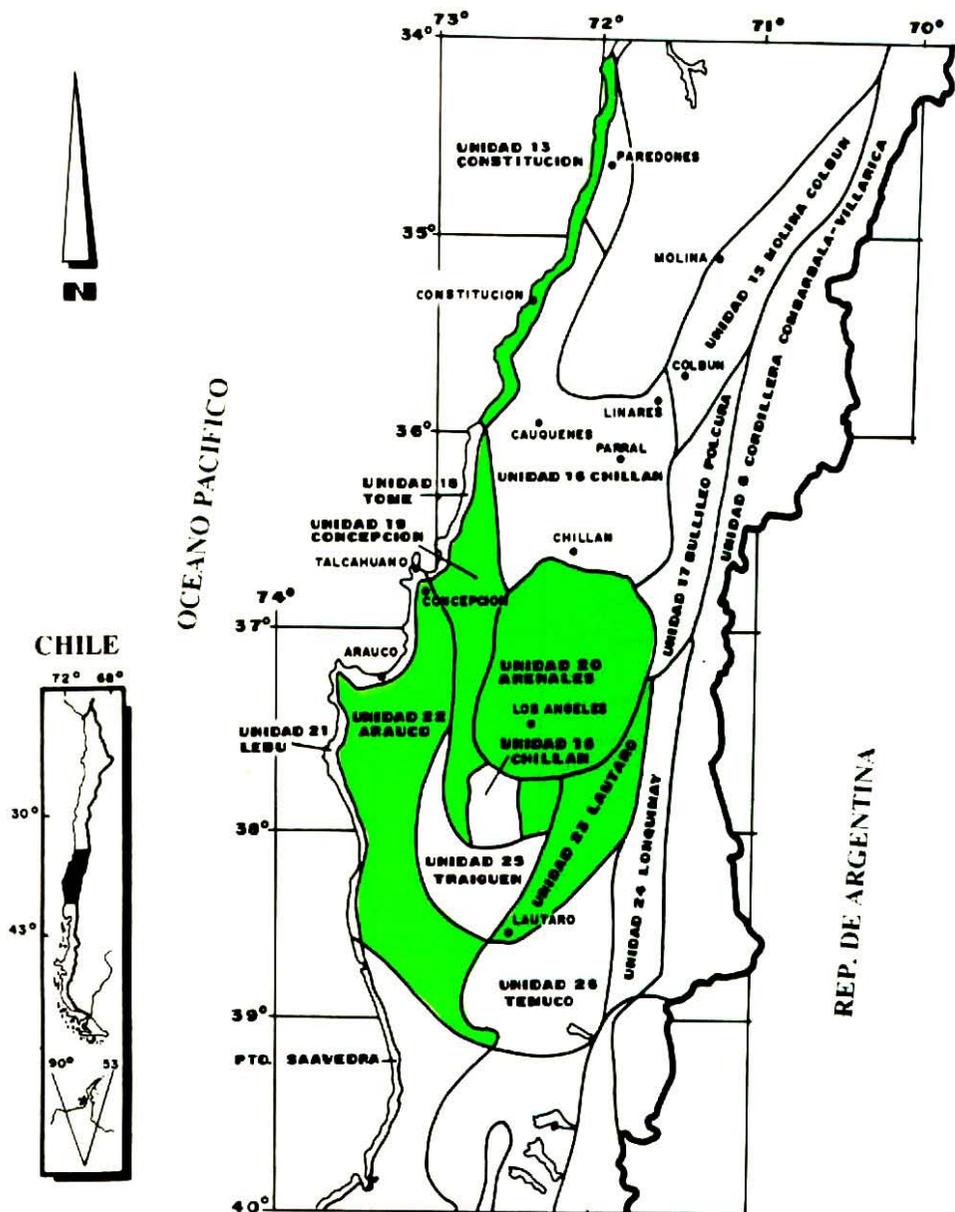
REGION MEDITERRANEA SEMIARIDA

ANTECEDENTES DE CRECIMIENTO DE ESPECIES DE EUCALYPTUS SEGUN ENSAYO Y UNIDAD EDAFOCLIMATICA

Unidad Edafoclimatica	Ensayo	Especie	Edad (años)	Dap (cm)	Altura (m)	Densidad (arb/ha)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Ima (m ³ /ha/año)
Coquimbo	Fray Jorge	<i>E. cladocalyx</i>	15	8.9	4.9	370	2.4	-	-
		<i>E. camaldulensis</i>	15	9.5	5.6	296	2.0	-	-
		<i>E. gomphocephala</i>	15	8.8	5.4	237	1.7	-	-
		<i>E. brockwayi</i>	15	7.6	4.5	281	1.4	-	-
		<i>E. resinifera</i>	15	7.1	4.3	237	1.1	-	-
		<i>E. astringens</i>	15	8.3	5.4	148	0.8	-	-
Choapa	Peralillo	<i>E. camaldulensis</i>	15	15.3	11.2	266	5.3	-	-
		<i>E. globulus ssp bicostata</i>	15	16.1	9.1	118	2.5	-	-
		<i>E. cladocalyx</i>	15	10.5	8.0	281	2.2	-	-
		<i>E. resinifera</i>	10	7.0	4.3	385	2.7	-	-
		<i>E. citriodora</i>	11	8.1	5.0	266	1.4	-	-
		<i>F. astringens</i>	15	7.3	6.3	252	1.1	-	-
		<i>E. gomphocephala</i>	10	5.7	2.4	222	0.6	-	-
Zapallar	Longotoma	<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	21.0	13.6	577	20.5	-	-
		<i>E. camaldulensis</i>	15	15.2	9.7	962	18.7	-	-
		<i>E. cladocalyx</i>	15	20.6	14.1	607	17.9	-	-
		<i>E. diversicolor</i>	15	15.7	11.8	967	14.3	-	-
		<i>E. astringens</i>	15	13.1	10.6	725	10.9	-	-
		<i>E. sideroxylon</i>	15	13.8	6.4	370	6.3	-	-
Santiago	Floresta	<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	15.1	9.9	356	-	-	-
		<i>E. diversicolor</i>	15	12.9	9.6	385	5.3	-	-
		<i>E. resinifera</i>	10	9.9	6.8	429	3.3	-	-
		<i>E. astringens</i>	16	9.1	6.7	281	1.9	-	-
	Peñuelas	<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	24.6	15.1	503	26.0	-	-
		<i>E. camaldulensis</i>	10	20.6	12.1	696	24.9	-	-
		<i>E. globulus ssp bicostata</i>	15	19.4	12.2	636	20.8	-	-
		<i>E. resinifera</i>	15	15.7	9.7	710	15.7	-	-
Rapel - Talca	Colenguado	<i>E. diversicolor</i>	15	12.7	10.1	548	7.5	-	-
		<i>E. cladocalyx</i>	15	15.8	14.8	311	4.7	-	-
		<i>F. astringens</i>	10	8.3	6.9	577	3.6	-	-
		<i>F. polybractea</i>	15	7.7	5.5	533	2.6	-	-
	Santa Marta	<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	16.1	16.4	821	17.6	-	-
		<i>E. resinifera</i>	16	11.6	8.2	755	15.9	-	-
		<i>E. camaldulensis</i>	15	15.9	11.5	710	15.5	-	-
		<i>E. gomphocephala</i>	16	14.7	10.1	666	12.0	-	-
		<i>E. globulus ssp bicostata</i>	10	12.2	11.2	755	9.4	-	-
Paredones	San Antonio de Petrel	<i>E. nitens</i>	16	19.3	18.4	2200	-	659	41.2
		<i>E. regnans</i>	16	19.3	20.0	1533	-	464	29.0
		<i>E. fastigata</i>	16	17.6	20.0	1700	-	422	26.4
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	16	14.3	17.2	1933	-	208	13.0

Fuente: INFOR-CORFO (1986)

MAPA VIII - 2 REGION MEDITERRANEA CENTRAL



 Unidades Edafoclimaticas
Cubiertas por Ensayos

ESCALA APROX. 1:4.000.000

Fuente: INFOR - CORFO 1986

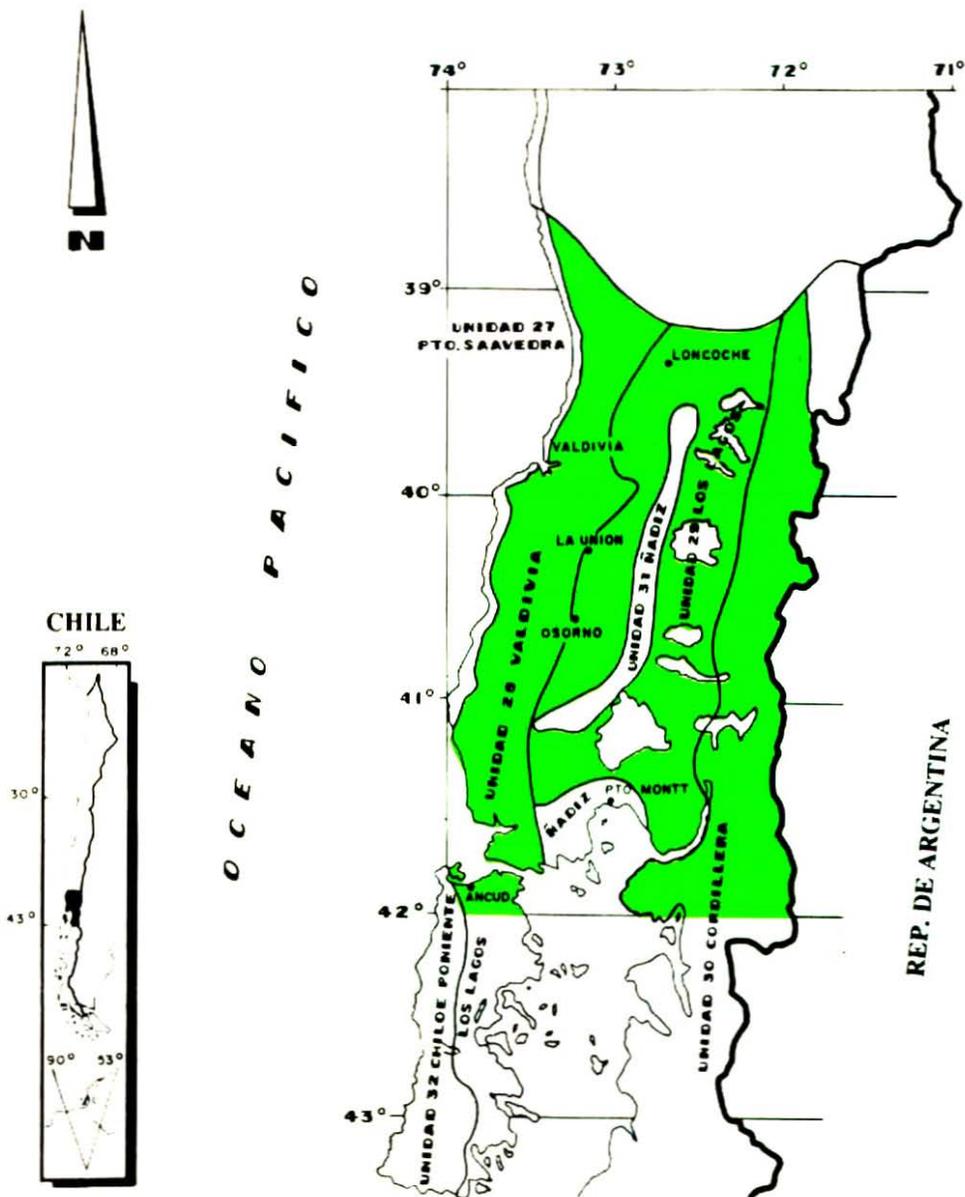
REGION MEDITERRANEA CENTRAL

ANTECEDENTES DE CRECIMIENTO DE ESPECIES DE EUCALYPTUS SEGUN ENSAYO Y UNIDAD EDAFOCLIMATICA

Unidad Edafoclimática	Ensayo	Especie	Edad (años)	Dap (cm)	Altura (m)	Densidad (arb/ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)	
Constitución	Las Cañas	<i>E. regnans</i>	16	19.3	25.2	1467	460	29	
		<i>E. fastigata</i>	16	15.7	19.9	1667	358	22	
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	16	17.5	23.1	1533	310	19	
Concepción	Leonera	<i>E. nitens</i>	15	25.0	23.5	1400	872	58	
		<i>E. regnans</i>	15	23.4	32.9	1333	775	52	
		<i>E. delegatensis</i>	15	22.0	30.0	1467	729	49	
		<i>E. fastigata</i>	15	25.1	23.8	1200	669	45	
		<i>E. obliqua</i>	15	17.6	20.7	2050	475	32	
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	15.7	21.6	1900	414	28	
	Santa Ana	<i>E. nitens</i>	15	20.9	18.1	2133	767	51	
		<i>E. delegatensis</i>	15	18.6	17.5	1700	445	30	
		<i>E. regnans</i>	15	19.0	21.3	1533	392	26	
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	17.3	15.3	1533	301	20	
Arauco	Antiquina	<i>E. nitens</i>	15	23.7	22.9	2166	1152	77	
		<i>E. regnans</i>	15	22.3	23.3	2200	940	63	
		<i>E. delegatensis</i>	15	20.6	21.0	1950	749	50	
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	20.5	21.3	2000	664	44	
		<i>E. fastigata</i>	15	19.3	21.7	2067	664	44	
	Amuley Cullinco	<i>E. regnans</i>	15	21.8	27.6	1700	738	49	
		<i>E. delegatensis</i>	15	26.7	21.7	1067	546	36	
		<i>E. fastigata</i>	15	22.2	24.1	1400	499	33	
	Lautaro	Jauja	<i>E. delegatensis</i>	15	25.8	25.7	1080	678	45
		Reserva Malleco	<i>E. nitens</i>	10	15.3	18.0	1600	261	26

Fuente: INFOR-CORFO (1986)

MAPA VIII - 3 REGION OCEANICA DE LOS LAGOS



 Unidades Edafoclimaticas
Cubiertas por Ensayos

ESCALA APROX. 1:4.000.000

Fuente: INFOR-CORFO 1986

REGION OCEANICA DE LOS LAGOS

ANTECEDENTES DE CRECIMIENTO DE ESPECIES DE EUCALYPTUS SEGUN ENSAYO Y UNIDAD EDAFOCLIMATICA

Unidad Edafoclimática	Ensayo	Especie	Edad (años)	Dap (cm)	Altura (m)	Densidad (arb/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Ima (m ³ /ha/año)
Los Lagos	Sn. Antonio de Loncoche	<i>E. delegatensis</i>	15	22	24.1	1700	760	51
		<i>E. gunnii</i>	16	27	23.8	800	453	28
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	15	21	20.6	967	341	23
		<i>E. regnans</i>	15	23	15.5	800	237	16
	Copihuelpe	<i>E. delegatensis</i>	15	24	22.7	1700	758	50
	Los Riscos	<i>E. delegatensis</i>	15	20	16.3	2000	563	38
<i>E. globulus ssp globulus</i>		15	18	18.3	1733	430	29	
<i>E. gunnii</i>		15	16	13.2	1867	289	19	
Valdivia	Llancacura	<i>E. delegatensis</i>	15	30	16.8	766	564	38
		<i>E. regnans</i>	16	18	19.9	1900	524	33
		<i>E. globulus ssp globulus</i>	16	18	22.3	1267	363	28
		<i>E. gunnii</i>	15	19	14.8	1300	256	17
		<i>E. viminalis</i>	16	15	15.7	1367	207	13
		<i>E. obliqua</i>	11	16	13.0	1000	115	11
	Crucero Nuevo	<i>E. delegatensis</i>	16	22	22.6	1433	600	38
		<i>E. regnans</i>	11	14	16.8	1067	129	12
		<i>E. globulus spp globulus</i>	11	11	12.0	1200	112	10
	Nueva Etruria	<i>E. regnans</i>	10	18	19.1	1667	383	38
		<i>E. obliqua</i>	11	17	13.0	1300	226	21
		<i>E. dalympleana</i>	10	14	12.4	1600	175	18
Cordillera Sur	Trafín	<i>E. delegatensis</i>	20	35	24.4	933	857	43
		<i>E. regnans</i>	15	18	15.4	1233	277	18

men de más de 50 m³/ha y para la primera de éstas se estimó un incremento de 77 m³/ha en la Estación Experimental Antiquina, zona costera sur de Arauco.

El crecimiento de estas especies supera claramente al de *E. globulus ssp globulus*, que es la especie del género tradicionalmente plantada en la región.

Actualmente se están intensificando los ensayos de selección de procedencias de semillas de estas especies y se ha iniciado un programa de mejoramiento genético, herramientas técnicas con las cuales los rendimientos deben ser incrementados aún más en el futuro.

De especial interés son los resultados obtenidos con *E. nitens*, especie que en todos los ensayos en que se la incluyó registró los mayores crecimientos. Particularmente importante puede ser esta especie por su resistencia al frío, característica que permitiría repoblar sectores altos de la cordillera de la costa y la precordillera andina, en los cuales las bajas temperaturas limitan o impiden el desarrollo de *E. globulus ssp globulus* y de *Pinus radiata*.

Crecimiento de Especies del Género *Eucalyptus* en la Región Oceánica de los Lagos

Aún cuando en esta región se encuentran los principales recursos de bosques naturales del país y extensos sectores del valle central dedicados a la agricultura y ganadería, existen importantes superficies de plantaciones y de suelos que requieren de la repoblación forestal.

Además, durante los últimos años adquirió una importancia adicional la diversificación de especies en las plantaciones, debido a la aparición en la región de la "Polilla del Brote" (*Rhyacionia buoliana*), lepidóptero que ataca a las especies del género *Pinus* y hace por ahora poco aconsejable extender las plantaciones de *Pinus radiata*.

Tres unidades edafoclimáticamente homogéneas de la región se encuentran cubiertas por 7 lugares de ensayo, cuya información se presenta en el Mapa VIII-3 y Cuadro VIII-3.

Destaca el crecimiento alcanzado por *E. delegatensis*, que es el más alto en todos los lugares de ensayo, con incrementos anuales de 38 a 51 m³/ha. Un buen desarrollo registra también *E. regnans* con incrementos de más de 30 m³/ha, aunque con resultados algo dispares en los diferentes ensayos.

La selección de procedencias de semilla y el mejoramiento genético permitirán con seguridad elevar estos rendimientos.

Crecimiento y Rendimiento de *Eucalyptus Globulus* en Chile

Como se indicó en el Capítulo III, existen en el país unos 64 mil hectáreas de plantaciones de eucalipto de diferentes edades, compuestas básicamente por *Eucalyptus globulus ssp globulus* y para las cuales se han desarrollado diversas funciones de crecimiento y rendimiento.

La mayor parte de estas funciones se ha generado en las Regiones V y VIII donde se concentra alrededor del 65% de las plantaciones y existe una activa comercialización de diferentes productos provenientes de éstas, tales como madera aserrada, chapas, madera para pulpa y papel, estacas, leña y otros.

Funciones de Sitio

El sitio forestal es un concepto que se refiere al crecimiento de una especie determinada bajo las condiciones de suelo y clima de un lugar definido.

Para expresar en forma cuantitativa la potencialidad de un determinado sitio se emplea el Índice de Sitio, que corresponde a la altura

media de los árboles dominantes y codominantes a una edad determinada.

Hoy día existe la tendencia a emplear un menor número de árboles en la determinación del Índice de Sitio, tomándose la altura de los 250 e incluso de los 100 árboles de mayor desarrollo en cada hectárea (Spurr y Barnes, 1980).

El Índice de Sitio se expresa mediante una función altura - edad, que permite determinar la altura a una edad determinada.

En el pasado, la mayoría de estas funciones de sitio consistían en una familia de curvas que se trazaban y armonizaban en base a una "curva guía", por lo tanto todas tenían la misma forma y tendencia (curvas anamórficas).

Este sistema presenta deficiencias, ya que

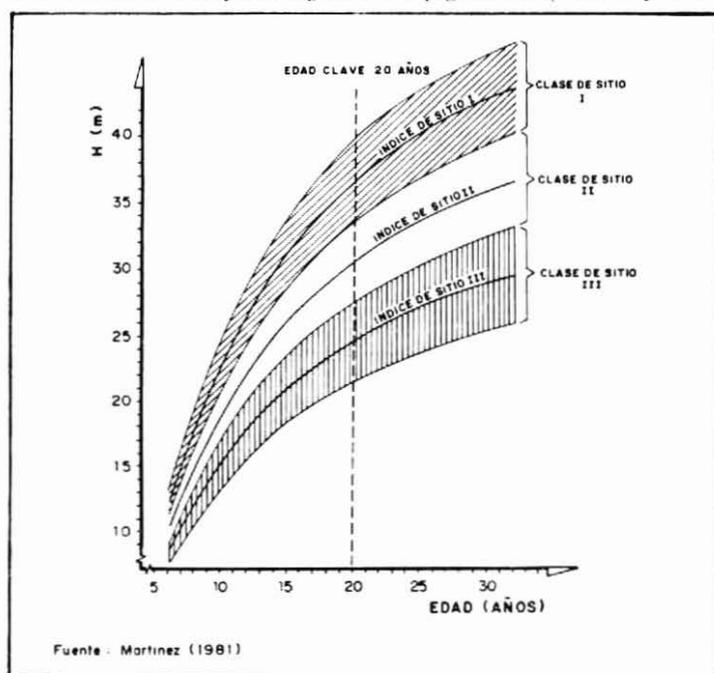
se ha demostrado que la calidad del sitio puede variar con la edad.

También es un hecho que la forma de la curva de crecimiento en altura no es la misma para diferentes sitios. Por estas razones la tendencia actual es a desarrollar curvas de índice de sitio polimórficas, que toman distintas formas según la calidad del sitio.

Martínez (1981) estableció Índices de Sitios analizando la totalidad de las plantaciones de *E. globulus* de las empresas Forestal Arauco Ltda. y Sociedad Agrícola y Forestal Colcura Ltda., que alcanzaban a un total de 10 mil hectáreas en las zonas de Concepción y Arauco.

Estos Índices de Sitio relacionan la altura media (m) de los árboles dominantes y codominantes en bosques de monte alto con la edad

FIGURA VIII-1
Curvas de Índice de Sitio para *E. globulus ssp globulus* (Arauco y Concepción)



(años) y responden a la siguiente curva guía :

$$\ln H = 1,889261912 - 9,462757 / E$$

en que : H = Altura (m)

E = Edad (años)

Para trazar la familia de curvas se definió una edad clave de 20 años y una diferencia de 6 m de altura a esta edad para diferenciar sitios distintos.

Sitio I : $\ln H = 4,06911735 - 9,462757 / E$

Sitio II : $\ln H = 3,88926191 - 9,462757 / E$

Sitio III : $\ln H = 3,66980615 - 9,462757 / E$

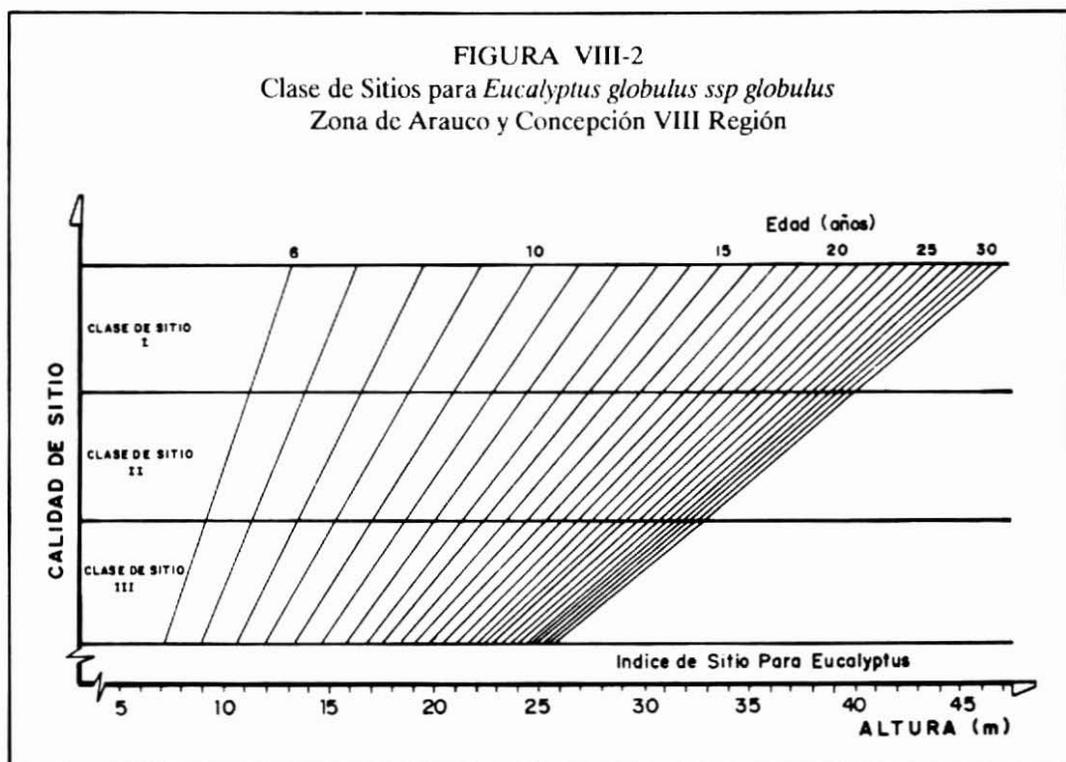
Estas curvas de Índice de Sitio son equidistantes y se sitúan al medio de la clase de sitio, siendo sus alturas a la edad clave (20 años) de 36, 30 y 24 m para Sitios I, II y III, respectivamente.

Una forma más explicativa de representar las clases de sitios, es la construcción de rectas que representan la variación en altura producida a cada edad. Estas rectas difieren en su pendiente debido a que la variación en altura de los sitios (ancho de la banda en la figura anterior) aumenta con la edad.

En el trabajo de Martínez (1981) se indica que los factores altitud, exposición y suelo inciden notoriamente en la calidad del sitio.

Los sitios de mejor calidad se encuentran en exposiciones sur y en quebradas y sectores bajos, presentando mayor densidad y altura de árboles. Aquellos de menor calidad se ubican en exposiciones norte y este, en sectores altos y muestran menor densidad y altura de los rodales.

FIGURA VIII-2
Clase de Sitios para *Eucalyptus globulus ssp globulus*
Zona de Arauco y Concepción VIII Región



La profundidad de los suelos y la humedad favorecen la presencia de sitios de mayor calidad.

En exposiciones sur y oeste la altitud no incide mayormente en la calidad de sitio, en tanto en exposiciones norte y este la altitud disminuye la calidad de sitio. Bajo los 150 m s.n.m. la exposición no altera la calidad de sitio.

La calidad media del sitio también depende de la serie de suelo en que se encuentre. Por ejemplo, la Serie de Suelo Colico (con media 32,84 m) presenta mayores calidades del sitio que la Serie Nahuelbuta (con media 30,37 m), siendo éstas las dos series más representativas del área de Concepción y Arauco.

Ribalta (1983) para la zona de San Antonio y Santo Domingo, V Región, determinó que las variables de sitio más significativas en la productividad son la disponibilidad de nutrientes, representada por la cantidad de nitrógeno disponible en los horizontes A y B y la interacción N/P del horizonte B, y en segundo término, la pendiente del terreno.

En este trabajo se desarrollaron funciones que relacionan altura y volumen de las plantaciones con factores del suelo. Las relaciones obtenidas son significativas al 95 y 99% de confianza, para la altura y el volumen, respectivamente. Las siguientes son las funciones desarrolladas.

$$H = -7,352968 + 7,961872 E + 0,647999 \ln (\text{Su } 25) \\ r = 0,9774; \text{Syx} = 1,5848; F = 117,55$$

$$H = -6,843235 + 7,641509 E + 5,643220 (1/\text{Fi } 03) \\ r = 0,9797; \text{Syx} = 1,5013; F = 131,62$$

$$V = 5,880834 + 0,201140 E + 0,532787 (\text{Su } 18) \\ r = 0,6981; \text{Syx} = 2,4668; F = 5,227$$

$$V = 5,136021 + 0,312320 E + 1,450006 \ln (\text{Su } 25) \\ r = 0,7317; \text{Syx} = 2,3483; F = 6,337$$

donde:

H = Altura de los árboles o retoños dominantes (m)

- V = Incremento Medio Anual del Volumen ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
 E = Edad de los árboles o retoños (años)
 Su 18 = Nitrógeno disponible en el Horizonte A (1 a 12ppm)
 Su 25 = Producto (N x P) disponible del Horizonte B (1 a 216 ppm)
 Fi 03 = Pendiente del terreno (2 a 43%)
 ln = Logaritmo natural

Funciones de Volumen

La estimación del volumen total, o del volumen aprovechable según diferentes productos, en plantaciones en pie es una permanente necesidad en el manejo de éstas.

Para la estimación de las existencias volumétricas normalmente se desarrollan funciones matemáticas que relacionan variables de fácil medición, como diámetro y altura de los árboles, con el rendimiento en volumen.

En el país se han desarrollado diversas funciones para *E. globulus*, en diferentes zonas y para distintos productos. Lehmann (1967), Ribalta (1933) y Peñaloza (1985; 1986) han preparado funciones para la zona costera de la V Región y para la Región Metropolitana, en tanto que Lisboa (1960), Díaz (1984) y Hernández y Morales (1985), han desarrollado funciones para la zona costera de la VIII Región.

Todas las funciones determinadas estiman el volumen en función del diámetro a la altura del pecho (DAP), o del diámetro a la altura del tocón, y la altura total. Aquéllas desarrolladas para la zona central del país corresponden principalmente a monte bajo y estiman el volumen total con o sin corteza, o volúmenes para leña. Las correspondientes a la VIII Región se han determinado para monte alto y estiman volúmenes totales, volúmenes aserrables o volúmenes de madera para minas.

La mayoría de los autores mencionados probó diferentes modelos para cada zona y producto. Entre éstos se seleccionaron aquellos que proporcionan las mejores estimaciones y la mayor utilidad práctica y se generaron las tablas que se incluyen a continuación.

Tabla VIII-1 : Eucalyptus globulus

Tipo: Volumen Cúbico Total (m³ ssc)

Diámetro Límite de Utilización: 10 cm (sc)

Localidad: Sector costero de Valparaíso a Santo Domingo, V Región

Tipo de Monte: Bajo y Alto

Autor: Lehmann (1967)

DAP	ALTURA TOTAL EN METROS																			
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
cm																				
12	.127	.135	.142	.150	.158															
14	.149	.160	.170	.181	.191	.202														
16	.175	.189	.203	.216	.230	.244	.258													
18	.204	.222	.239	.257	.274	.292	.309	.327												
20	.237	.259	.280	.302	.323	.345	.367	.388	.410											
22	.273	.299	.326	.352	.378	.404	.430	.456	.482	.508										
24		.344	.375	.406	.437	.468	.499	.530	.561	.592	.624									
26		.393	.429	.465	.502	.538	.575	.611	.648	.684	.721	.757								
28		.445	.487	.530	.572	.614	.656	.699	.741	.783	.825	.868	.910							
30			.550	.598	.647	.695	.744	.792	.841	.889	.938	.986	1.035	1.083						
32			.617	.672	.727	.782	.837	.893	.948	1.003	1.058	1.113	1.169	1.224	1.279					
34			.688	.750	.812	.875	.937	.999	1.062	1.124	1.186	1.249	1.311	1.373	1.436	1.498				
36				.833	.903	.973	1.043	1.113	1.182	1.252	1.322	1.392	1.462	1.532	1.602	1.671	1.741			
38				.921	.999	1.077	1.154	1.232	1.310	1.388	1.466	1.544	1.621	1.669	1.777	1.855	1.933	2.011		
40					1.100	1.186	1.272	1.358	1.445	1.531	1.617	1.703	1.790	1.876	1.962	2.048	2.135	2.221	2.307	
42					1.206	1.301	1.396	1.491	1.586	1.681	1.776	1.871	1.966	2.062	2.157	2.252	2.347	2.442	2.537	2.632
44					1.317	1.421	1.526	1.630	1.734	1.839	1.943	2.048	2.152	2.256	2.361	2.465	2.569	2.674	2.778	2.882
46						1.547	1.662	1.776	1.890	2.004	2.118	2.232	2.346	2.460	2.574	2.688	2.802	2.916	3.030	3.144
48							1.803	1.928	2.052	2.176	2.300	2.424	2.549	2.673	2.797	2.921	3.045	3.170	3.294	3.418
50								2.086	2.221	2.356	2.490	2.625	2.760	2.895	3.029	3.164	3.299	3.434	3.569	3.703
52									2.397	2.543	2.688	2.834	2.980	3.126	3.271	3.417	3.563	3.709	3.854	4.000
54										2.737	2.894	3.051	3.208	3.366	3.523	3.680	3.837	3.994	4.152	4.309
56											3.108	3.277	3.446	3.615	3.784	3.953	4.122	4.291	4.460	4.629
58												3.510	3.691	3.873	4.054	4.235	4.417	4.598	4.779	4.961
60													3.946	4.140	4.334	4.528	4.722	4.916	5.110	5.304

$$V = 0.064652 + 0.000026953 \text{ DAP}^2 H$$

$$r = 0.98566$$

$$ES = 0.15611$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

n = 364

Tabla VIII-2: Eucalyptus globulus

Tipo : Volumen Cúbico Total en el Fuste (m³ scc)

Localidad: San Antonio y Santo Domingo, V Región

Tipo de Monte: Bajo

Autor: Ribalta (1983)

DAT	ALTURA TOTAL EN METROS																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
cm																		
6	.010	.012	.014	.016	.018													
8	.014	.018	.022	.026	.029	.033	.037	.040										
10	.021	.027	.032	.038	.044	.050	.056	.061										
12	.028	.037	.045	.053	.062	.070	.078	.087	.095	.104								
14			.060	.072	.083	.094	.106	.117	.128	.140								
16			.078	.092	.107	.122	.137	.152	.167	.182	.196	.211	.226					
18			.097	.116	.135	.154	.172	.191	.210	.229	.248	.266	.285					
20						.189	.212	.235	.259	.282	.305	.328	.351					
22						.228	.256	.284	.312	.340	.368	.396	.424	.453	.481			
24						.271	.304	.337	.371	.404	.438	.471	.504	.538	.571			
26								.395	.435	.474	.513	.552	.591	.631	.670			
28								.458	.504	.549	.595	.640	.685	.731	.776	.822	.867	.913
30								.525	.578	.630	.682	.734	.786	.839	.891	.943	.995	1.047
32								.597	.657	.716	.775	.835	.894	.954	1.013	1.072	1.132	1.191
34										.808	.875	.942	1.009	1.076	1.143	1.210	1.277	1.344
36										.905	.981	1.056	1.131	1.206	1.281	1.356	1.432	1.507
38										1.008	1.092	1.176	1.260	1.343	1.427	1.511	1.595	1.679
40										1.117	1.210	1.303	1.395	1.488	1.581	1.674	1.767	1.860
42										1.231	1.334	1.436	1.538	1.640	1.743	1.845	1.947	2.050

$$V = 0.003320118 + 0.00002900294 \text{ DAT}^2 \text{ H}$$

$$r = 0.98098$$

$$s_{yx} = 0.10326$$

$$n = 262$$

DAT = Diámetro a la altura del tocón (cm)

H = Altura total (m)

Tabla VIII-3: Eucalyptus globulusTipo: Volumen Cúbico Total en el Fuste (m³ ssc)

Localidad: San Antonio y Santo Domingo, V Región

Tipo de Monte: Bajo

Autor: Ribalta (1983)

DAT	ALTURA TOTAL EN METROS																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
cm																		
6	.005	.006	.007	.007	.007													
8	.010	.012	.014	.015	.017	.017	.018	.017										
10	.015	.020	.023	.026	.029	.031	.033	.034										
12	.023	.029	.035	.040	.045	.049	.052	.055	.057	.058								
14			.049	.057	.064	.070	.075	.080	.084	.088								
16			.065	.076	.086	.095	.103	.111	.117	.123	.128	.132	.135					
18			.084	.098	.112	.124	.135	.146	.155	.164	.171	.178	.184					
20					.140	.156	.171	.185	.198	.210	.221	.231	.240					
22					.173	.193	.212	.230	.247	.262	.277	.291	.303	.314	.324			
24					.208	.233	.257	.279	.300	.320	.339	.357	.373	.388	.402			
26								.333	.359	.384	.407	.429	.450	.470	.488			
28								.392	.423	.453	.482	.509	.534	.559	.581	.603	.623	.641
30								.455	.492	.528	.562	.595	.626	.655	.683	.710	.734	.758
32								.523	.567	.608	.649	.687	.724	.759	.793	.825	.855	.884
34										.695	.741	.786	.829	.871	.911	.949	.985	1.020
36										.787	.840	.892	.942	.990	1.037	1.081	1.124	1.165
38										.884	.945	1.004	1.062	1.117	1.170	1.222	1.271	1.319
40										.987	1.056	1.123	1.188	1.251	1.312	1.371	1.428	1.483
42										1.096	1.174	1.249	1.322	1.393	1.462	1.529	1.594	1.656

$$V = 0.001260524 + 0.00002952508 \text{ DAT}^2 \text{ H} - 0.000006354539 \text{ DAT H}^2$$

$$r = 0.98044$$

$$\text{syx} = 0.08663$$

$$n = 262$$

DAT = Diámetro a la altura del tocon (cm)

H = Altura total (m)

Tabla VIII-4: Eucalyptus globulus

Tipo: Volumen Cúbico Total en el Fuste (m³ ssc)

Diámetro Límite de Utilización: 4 cm

Localidad: San Antonio y Santo Domingo, V Región

Tipo de Monte: Bajo

Autor: Ribalta (1983)

117

DAT	CLASE DE ALTURA EN METROS																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
cm																		
6	.007	.008	.009	.009	.010	.009												
8	.011	.014	.016	.017	.019	.019	.020	.020	.020									
10	.017	.021	.025	.028	.031	.033	.035	.036	.037	.038	.038							
12	.024	.031	.037	.042	.047	.051	.054	.057	.060	.062	.063	.064	.064					
14		.051	.058	.065	.072	.078	.083	.087	.091	.094	.097	.099	.100	.100	.100			
16			.067	.078	.088	.097	.105	.113	.120	.126	.132	.136	.140	.143	.146	.148	.149	.149
18			.085	.100	.113	.125	.137	.148	.158	.167	.175	.182	.189	.195	.200	.204	.207	.209
20				.142	.158	.173	.187	.201	.213	.225	.235	.245	.253	.261	.268	.274	.279	.279
22				.173	.194	.213	.231	.249	.265	.280	.294	.307	.319	.330	.340	.349	.349	.357
24					.209	.234	.257	.280	.302	.322	.342	.360	.377	.393	.408	.421	.434	.446
26							.334	.360	.385	.409	.432	.454	.474	.493	.511	.528	.543	.543
28							.392	.423	.454	.483	.511	.537	.562	.586	.609	.630	.650	.650
30							.454	.492	.528	.563	.596	.628	.658	.687	.715	.741	.766	.766
32							.522	.566	.608	.648	.688	.725	.761	.796	.829	.861	.891	.891
34									.693	.740	.786	.830	.872	.913	.952	.990	1.026	1.026
36									.784	.838	.891	.941	.990	1.038	1.083	1.127	1.170	1.170
38									.880	.942	1.002	1.060	1.116	1.170	1.223	1.274	1.323	1.323
40									.982	1.052	1.120	1.185	1.249	1.311	1.371	1.429	1.486	1.486
42									1.090	1.168	1.244	1.318	1.390	1.460	1.527	1.593	1.657	1.657

$$V = 0.001780138 + 0.00002907112 \text{ DAT}^2 H - 0.000005886888 \text{ DAT} H^2$$

$$r = 0.97956$$

$$s_{yx} = 0.08845$$

$$n = 262$$

DAT = Diámetro a la altura del tocón (cm)

H = Altura total (m)



Tabla VIII-5 : Eucalyptus globulus

Tipo: Volúmen Cúbico Total en el Fuste (m³ ssc)

Localidad: San Antonio y Santo Domingo, V Región

Tipo de Monte: Bajo

Autor: Ribalta (1983)

DAP cm	ALTURA TOTAL EN METROS																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
4	.003	.004																
6	.007	.009	.011	.014	.016													
8	.012	.016	.020	.024	.028													
10	.019	.025	.031	.037	.043	.049	.055	.061										
12			.044	.052	.061	.070	.078	.087										
14			.059	.071	.083	.095	.107	.118	.130	.142								
16			.077	.093	.108	.124	.139	.154	.170	.185	.200	.216	.231					
18					.137	.156	.176	.195	.215	.234	.254	.273	.293	.312	.331			
20					.169	.193	.217	.241	.265	.289	.313	.337	.361	.385	.409			
22								.291	.320	.349	.379	.408	.437	.466	.495			
24								.347	.381	.416	.450	.485	.520	.554	.589			
26										.488	.528	.569	.610	.650	.691	.731	.772	.813
28										.566	.613	.660	.707	.754	.801	.848	.895	.942
30										.649	.703	.757	.812	.866	.920	.974	1.028	1.082
32										.739	.800	.862	.923	.985	1.046	1.108	1.169	1.231
34										.834	.903	.973	1.042	1.112	1.181	1.250	1.320	1.389
36													1.168	1.246	1.324	1.402	1.480	1.558
38													1.302	1.388	1.475	1.562	1.649	1.735

$$V = 5.900771 + 0.00003003391 \text{ DAP}^2 H$$

$$r = 0.98837$$

$$s_{yx} = 0.06925$$

$$n = 285$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

Tabla VIII-6 : Eucalyptus globulus
 Tipo: Volumen Cúbico (m³ scc)
 Diámetro Límite de Utilización: 5 cm
 Localidad: Melipilla, Región Metropolitana
 Tipo de Monte: Bajo
 Autor: Peñaloza (1985)

ALT m	DIAMETRO A LA ALTURA DEL TOCON (DAT) (cm)																				
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
8	.014	.020	.028	.037																	
9	.016	.023	.033	.043																	
10	.018	.027	.037	.048																	
11	.020	.030	.041	.054	.069	.085															
12	.022	.033	.045	.060	.076	.094	.113	.134	.156												
13	.024	.036	.050	.066	.083	.103	.124	.147	.172												
14	.026	.039	.054	.071	.091	.112	.135	.160	.187												
15	.042	.059	.077	.098	.121	.146	.174	.203	.234	.267											
16	.046	.063	.083	.106	.131	.158	.187	.218	.252	.288	.325										
17	.049	.068	.090	.114	.140	.169	.201	.234	.270	.309	.349										
18	.052	.073	.096	.121	.150	.181	.214	.250	.289	.330	.373										
19	.077	.102	.129	.160	.193	.228	.267	.308	.351	.397	.446										
20	.082	.108	.137	.169	.204	.242	.283	.326	.373	.422	.473	.527	.584								
21	.087	.114	.145	.179	.216	.256	.299	.345	.394	.446	.501	.558	.618								
22	.092	.121	.153	.189	.228	.271	.316	.365	.416	.471	.528	.589	.652								
23	.161	.199	.240	.285	.333	.384	.438	.496	.556	.620	.686	.756									
24	.170	.209	.252	.299	.350	.403	.460	.521	.584	.651	.721	.794	.870	.950							
25	.219	.265	.314	.367	.423	.483	.546	.613	.683	.756	.832	.913	.996								
26	.230	.277	.328	.384	.443	.505	.571	.641	.715	.791	.872	.955	1.042								
27	.240	.289	.343	.401	.462	.528	.597	.670	.747	.827	.911	.998	1.089								
28	.302	.358	.418	.482	.551	.623	.699	.779	.862	.950	1.041	1.136	1.234	1.336	1.442						
29	.314	.373	.436	.502	.573	.649	.728	.811	.898	.989	1.084	1.183	1.285	1.392	1.501						
30	.327	.388	.453	.523	.596	.675	.757	.844	.934	1.029	1.128	1.230	1.337	1.447	1.562						
31	.471	.543	.620	.701	.786	.876	.971	1.069	1.171	1.278	1.389	1.503	1.622								
32	.816	.909	1.007	1.109	1.215	1.326	1.441	1.560	1.683												
33	.846	.942	1.044	1.149	1.260	1.374	1.493	1.617	1.744												
34	.976	1.080	1.190	1.304	1.423	1.546	1.674	1.806													
35	1.009	1.117	1.231	1.349	1.471	1.599	1.731	1.867													
36	1.042	1.154	1.271	1.393	1.520	1.652	1.788	1.930													
37	1.076	1.192	1.312	1.438	1.569	1.705	1.846	1.992													
38	1.229	1.354	1.484	1.619	1.759	1.904	2.054														

$$V = -10.412848 + 1.785575 \ln(\text{DAT}) + 1.160259 \ln(\text{H})$$

$$r = 0.9789$$

$$\text{SE} = 0.030634$$

$$\text{CV} = 12.0781$$

$$n = 48$$

DAT = Diámetro a la altura del Tocón (cm) H = Altura total (m)

Tabla VIII-7: *Eucalyptus globulus*

Tipo: Número de Astillas totales para ser destinadas a

Leña con Índice de Utilización de 5 cm cc.

Localidad: Región Metropolitana.

Tipo de Monte: Bajo

Autor: Peñaloza (1986)

ALT	DIAMETRO A LA ALTURA DEL TOCON (DAT) (cm)																												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48								
m																													
8	2.8	3.5	4.3	5.2	6.0																								
9	3.1	4.0	4.9	5.9	6.8																								
10	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.8																							
11	3.9	5.0	6.2	7.3	8.5	9.7	10.9	12.2	13.4	14.7																			
12	4.3	5.5	6.8	8.1	9.4	10.7	12.0	13.4	14.8	16.2																			
13	4.7	6.0	7.4	8.8	10.2	11.7	13.2	14.6	16.1	17.7																			
14		6.5	8.0	9.6	11.1	12.7	14.3	15.9	17.5	19.2																			
15		7.1	8.7	10.3	12.0	13.7	15.4	17.1	18.9	20.7	22.5	24.3																	
16		7.6	9.3	11.1	12.9	14.7	16.5	18.4	20.3	22.2	24.1	26.1																	
17		8.1	10.0	11.8	13.7	15.7	17.7	19.7	21.7	23.7	25.8	27.9																	
18		8.6	10.6	12.6	14.6	16.7	18.8	20.9	23.1	25.3	27.5	29.7	31.9																
19			11.2	13.4	15.5	17.7	20.0	22.2	24.5	26.8	29.2	31.5	33.9																
20			11.9	14.2	16.4	18.8	21.1	23.5	25.9	28.4	30.8	33.3	35.8	38.4	40.9														
21				14.9	17.3	19.8	22.3	24.8	27.4	29.9	32.5	35.2	37.8	40.5	43.2	45.9													
22				15.7	18.3	20.8	23.5	26.1	28.8	31.5	34.3	37.0	39.8	42.6	45.4	48.3													
23					19.2	21.9	24.6	27.4	30.2	33.1	36.0	38.9	41.8	44.7	47.7	50.7													
24					20.1	22.9	25.8	28.7	31.7	34.7	37.7	40.7	43.8	46.9	50.0	53.1	56.3	59.5											
25						24.0	27.0	30.1	33.2	36.3	39.4	42.6	45.8	49.0	52.3	55.6	58.9	62.2											
26							25.1	28.2	31.4	34.6	37.9	41.2	44.5	47.8	51.2	54.6	58.0	61.5	64.9										
27								29.4	32.7	36.1	39.5	42.9	46.4	49.9	53.4	56.9	60.5	64.1	67.7	71.3									
28									34.1	37.6	41.1	44.7	48.3	51.9	55.6	59.2	63.0	66.7	70.5	74.2	78.0	81.9							
29										35.4	39.0	42.7	46.4	50.2	53.9	57.7	61.6	65.4	69.3	73.2	77.2	81.1	85.1						
30												48.2	52.1	56.0	59.9	63.9	67.9	72.0	76.0	80.1	84.2	88.3							
31													50.0	54.0	58.0	62.1	66.3	70.4	74.6	78.8	83.0	87.3	91.6						
32														55.9	60.1	64.4	68.6	72.9	77.3	81.6	86.0	90.4	94.8						
33															57.8	62.2	66.6	71.0	75.4	79.9	84.4	88.9	93.5	98.1					
34																59.8	64.3	68.8	73.4	78.0	82.6	87.2	91.9	96.6	101.4				
35																	61.7	66.3	71.0	75.7	80.5	85.3	90.1	94.9	99.8	104.7			
36																		63.6	68.4	73.3	78.1	83.0	87.9	92.9	97.9	102.9	107.9		
37																			65.6	70.5	75.5	80.5	85.6	90.6	95.7	100.9	106.1	111.2	
38																				67.5	72.6	77.7	82.9	88.1	93.3	98.6	103.9	109.2	114.6

Ln T = - 3.613203 + 1.124202 Ln DAT + 1.100263 Ln H

r = 0.9732

ES = 3.03337

CV = 11.869

n = 298

T = Total de Astillas H = Altura total (m)

Ln = Logaritmo natural

DAT = Diámetro a la altura del tocón (cm)

NOTA: La leña se comercializa normalmente como cargas de leña. Una carga de leña está compuesta por 64 astillas (rollizos con corteza rajados longitudinalmente) de 1.1 m de largo y diámetro o sección desde menos de 2" hasta 8".

Tabla VIII-8 : *Eucalyptus globulus*
 Tipo : Número de Astillas de carga de Leña de Primera
 : Con Índice de Utilización fijo de 10 cm cc.
 Localidad : Región Metropolitana
 Tipo de Monte: Bajo
 Autor : Peñaloza (1986)

ALT	DIAMETRO A LA ALTURA DEL TOCON (DAT) (cm)																									
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48					
m																										
8	.6	.9	1.3	1.7																						
9	.8	1.1	1.5	2.0																						
10	.9	1.3	1.7	2.3	2.8																					
11	1.0	1.4	2.0	2.6	3.2	3.9																				
12	1.1	1.6	2.2	2.9	3.6	4.4	5.3	6.2	7.2																	
13	1.2	1.8	2.5	3.2	4.0	4.9	5.9	6.9	8.0	9.2																
14	1.4	2.0	2.7	3.5	4.4	5.4	6.5	7.6	8.8	10.1																
15		2.2	3.0	3.9	4.9	5.9	7.1	8.4	9.7	11.1	12.6	14.2														
16		2.4	3.3	4.2	5.3	6.5	7.7	9.1	10.6	12.1	13.7	15.4	17.2													
17		2.6	3.5	4.6	5.7	7.0	8.4	9.9	11.5	13.1	14.9	16.7	18.7													
18		2.8	3.8	4.9	6.2	7.6	9.1	10.7	12.4	14.2	16.1	18.1	20.2													
19			4.1	5.3	6.7	8.1	9.7	11.5	13.3	15.2	17.3	19.4	21.7													
20				4.4	5.7	7.1	8.7	10.4	12.3	14.2	16.3	18.5	20.8	23.2	25.7	28.4										
21					6.1	7.6	9.3	11.1	13.1	15.2	17.4	19.7	22.2	24.8	27.5	30.3	33.2									
22					6.5	8.1	9.9	11.9	13.9	16.2	18.5	21.0	23.6	26.4	29.2	32.2	35.3									
23						8.6	10.5	12.6	14.8	17.2	19.7	22.3	25.1	28.0	31.0	34.2	37.5									
24							11.1	13.3	15.7	18.2	20.8	23.6	26.5	29.6	32.8	36.2	39.7	43.3								
25								11.8	14.1	16.5	19.2	22.0	24.9	28.0	31.3	34.7	38.2	41.9	45.7	49.6	53.7					
26									14.8	17.4	20.2	23.1	26.3	29.5	32.9	36.5	40.3	44.1	48.2	52.3	56.6					
27										15.6	18.3	21.2	24.3	27.6	31.1	34.7	38.4	42.3	46.4	50.6	55.0	59.5				
28											19.2	22.3	25.6	29.0	32.6	36.4	40.3	44.4	48.7	53.2	57.8	62.5	67.4	72.5		
29											20.2	23.4	26.8	30.4	34.2	38.1	42.3	46.6	51.1	55.7	60.5	65.5	70.7	76.0		
30													20.2	23.4	26.8	30.4	34.2	38.1	42.3	46.6	51.1	55.7	60.5	65.5	70.7	76.0
31														35.7	39.9	44.2	48.7	53.4	58.3	63.3	68.5	73.9	79.5			
32															41.7	46.2	50.9	55.8	60.9	66.2	71.6	77.2	83.0			
33																43.5	48.2	53.1	58.2	63.5	69.0	74.7	80.6	86.6		
34																	50.2	55.3	60.7	66.2	71.9	77.8	84.0	90.3		
35																	52.3	57.6	63.1	68.9	74.8	81.0	87.4	93.9		
36																	54.3	59.9	65.6	71.6	77.8	84.2	90.8	97.6		
37																	56.4	62.2	68.1	74.4	80.8	87.4	94.3	101.4		
38																	58.5	64.5	70.7	77.1	83.8	90.7	97.8	105.2		
																		66.8	73.2	79.9	86.8	94.0	101.4	109.0		

Ln Ala = - 6.747524 + 1.70022 Ln DAT + 1.335130 Ln H
 r = 0.9774
 SE = 1.988395
 CV = 8.68447
 n = 298

Ala = Astillas de Primera
 Ln = Logaritmo natural
 DAT = Diámetro a la altura del tocón (cm)
 H = Altura total (m)

NOTA = Una carga de primera está compuesta por 64 astillas de primera, cuyo diámetro o sección es de 4 a 8". Tiene un volumen sólido medio de 1,24 m³ seco y su peso es de 700 kg a 30% de contenido de humedad y de 500 kg en estado seco.

Tabla VIII-9 : Eucalyptus globulus
 Tipo: Numero de Astillas de carga de Leña de Segunda
 :Con un Índice de Utilización de 5 cm cc.
 No incluye ramas
 Localidad: Región Metropolitana
 Tipo de Monte - Bajo
 Autor: Peñaloza (1986)

ALT	DIAMETRO A LA ALTURA DEL TOCON (DAT)																									
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48					
m																										
8	2.1	2.6	3.1	3.5	3.9																					
9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4																					
10	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8																					
11	2.9	3.6	4.2	4.8	5.3	5.8																				
12	3.2	3.9	4.6	5.2	5.8	6.3	6.8	7.2	7.6	7.9																
13	3.5	4.2	4.9	5.6	6.2	6.8	7.3	7.7	8.1	8.5																
14	3.7	4.6	5.3	6.0	6.7	7.3	7.8	8.3	8.7	9.0																
15		4.9	5.7	6.4	7.1	7.7	8.3	8.8	9.2	9.6	9.9	10.1														
16		5.2	6.1	6.8	7.6	8.2	8.8	9.3	9.7	10.1	10.4	10.6	10.8													
17		5.5	6.4	7.3	8.0	8.7	9.3	9.8	10.2	10.6	10.9	11.1	11.3													
18			6.8	7.7	8.4	9.1	9.7	10.3	10.7	11.1	11.4	11.6	11.8													
19			7.2	8.1	8.9	9.6	10.2	10.8	11.2	11.6	11.9	12.1	12.2													
20			7.5	8.5	9.3	10.0	10.7	11.2	11.7	12.1	12.3	12.5	12.6	12.6	12.6	12.4										
21			7.9	8.9	9.7	10.5	11.2	11.7	12.2	12.5	12.8	13.0	13.0	13.0	12.9	12.7										
22				9.2	10.1	10.9	11.6	12.2	12.6	13.0	13.2	13.4	13.4	13.4	13.2	13.0										
23					10.6	11.4	12.1	12.6	13.1	13.4	13.7	13.8	13.8	13.7	13.5	13.2										
24						11.8	12.5	13.1	13.5	13.9	14.1	14.2	14.2	14.1	13.8	13.5	13.0									
25						12.2	12.9	13.5	14.0	14.3	14.5	14.6	14.5	14.4	14.1	13.7	13.2	12.5								
26							13.4	14.0	14.4	14.7	14.9	15.0	14.9	14.7	14.4	13.9	13.3	12.6	11.8							
27							13.8	14.4	14.8	15.1	15.3	15.3	15.2	15.0	14.6	14.1	13.4	12.7	11.8							
28								14.8	15.3	15.5	15.7	15.7	15.5	15.2	14.8	14.2	13.5	12.7	11.7	10.6	9.4					
29								15.2	15.7	15.9	16.0	16.0	15.8	15.5	15.0	14.4	13.6	12.7	11.7	10.5	9.1					
30												16.3	16.1	15.7	15.2	14.5	13.7	12.7	11.6	10.3	8.9					
31													16.4	15.9	15.4	14.6	13.7	12.6	11.4	10.1	8.5					
32														16.6	16.2	15.5	14.7	13.6	12.3	10.8	8.2					
33															16.4	15.6	14.8	13.7	12.5	11.1	9.6	7.8				
34																16.5	15.8	14.8	13.7	12.4	10.9	9.3	7.4			
35																	15.9	14.8	13.6	12.3	10.7	8.9	7.0			
36																		16.0	14.9	13.6	12.1	10.5	8.6	6.6		
37																			16.0	14.9	13.5	11.9	10.2	8.2	6.1	
38																				16.1	14.9	13.4	11.8	9.9	7.9	5.6

A2a = Ln T - Ln Ala
 A2a = -3.613203 + 1.124202 Ln DAT + 1.100263 Ln H - -6.747524 + 1.70022 Ln DAT + 1.335130 Ln H
 A2a = Astillas de Segunda
 T = Astillas totales
 Ala = Astillas de Primera
 Ln = Logaritmo natural
 DAT = Diámetro a altura del tocón (cm)
 H = Altura total (m)

NOTA: Una carga de segunda está compuesta por 64 astillas cuyo diámetro o sección es de 2 a 4", su volumen sólido medio es de 0,5 m³ sec y pesa 400 kg al 30% de contenido de humedad y de 250 a 350 kg al estado seco, según el diámetro de las astillas.

Tabla VIII - 10: Eucalyptus globulus

: Válido para plantaciones de 9 a 22 años.

Tipo: Volumen Cúbico Total (m³ ssc)

Localidad: Lota, Colcura, VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Lisboa (1960)

DAP cm	ALTURA TOTAL EN METROS													
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
12				.062	.070	.078								
14	.061	.072	.082	.093	.103	.114								
16		.101	.114	.128	.142	.155	.169							
18		.133	.151	.168	.185	.203	.220	.237						
20		.170	.191	.213	.234	.256	.277	.298	.320					
22		.210	.236	.262	.288	.314	.340	.366	.391	.417				
24		.255	.285	.316	.347	.378	.409	.439	.470	.501				
26			.339	.375	.411	.447	.483	.519	.556	.592				
28				.438	.480	.522	.564	.606	.648	.690	.732			
30				.507	.555	.603	.651	.699	.747	.795	.843	.891		
32						.689	.744	.798	.853	.908	.963	1.017	1.072	
34							.842	.904	.966	1.028	1.090	1.151	1.213	
36								1.016	1.086	1.155	1.224	1.293	1.363	

$$V = -0.0223617 + 0.0000267187 \text{ DAP}^2 \text{ H}$$

$$r = 0.986$$

$$ES = 0.0484$$

$$n = 142$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA : La función estima el volumen cúbico sin corteza, en piezas de 3,3 m de largo, según la fórmula de Smalian y hasta un diámetro límite de utilización de 10 cm sin corteza.

Tabla VIII-11 : Eucalyptus globulusTipo: Volumen Cúbico Total (m³ ssc)

: Válido para plantaciones de 22 a 53 años.

Localidad: Lota, Colcura, VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Lisboa (1960)

DAP cm	CLASES DE ALTURA EN METROS															
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
32	.966	1.009	1.052	1.095	1.138	1.181										
34	1.049	1.097	1.146	1.194	1.243	1.291										
36	1.137	1.191	1.246	1.300	1.354	1.409										
38	1.230	1.291	1.351	1.412	1.473	1.533										
40	1.328	1.395	1.463	1.530	1.597	1.664	1.731	1.798	1.866	1.933	2.000					
42	1.432	1.506	1.580	1.654	1.728	1.802	1.876	1.950	2.024	2.098	2.172					
44	1.540	1.621	1.702	1.784	1.865	1.946	2.028	2.109	2.190	2.271	2.353					
46	1.653	1.742	1.831	1.920	2.009	2.097	2.186	2.275	2.364	2.453	2.542					
48	1.772	1.868	1.965	2.062	2.158	2.255	2.352	2.449	2.545	2.642	2.739					
50	1.895	2.000	2.105	2.210	2.315	2.420	2.525	2.630	2.735	2.840	2.945	3.049	3.154	3.259	3.364	3.469
52	2.023	2.137	2.251	2.364	2.478	2.591	2.705	2.818	2.932	3.045	3.159	3.272	3.386	3.499	3.613	3.726
54	2.157	2.279	2.402	2.524	2.647	2.769	2.891	3.014	3.136	3.259	3.381	3.504	3.626	3.748	3.871	3.993
56	2.296	2.427	2.559	2.690	2.822	2.954	3.085	3.217	3.349	3.480	3.612	3.744	3.875	4.007	4.139	4.270
58	2.439	2.580	2.722	2.863	3.004	3.145	3.286	3.428	3.569	3.710	3.851	3.993	4.134	4.275	4.416	4.557
60	2.588	2.739	2.890	3.041	3.192	3.343	3.494	3.646	3.797	3.948	4.099	4.250	4.401	4.552	4.703	4.855
62	2.741	2.903	3.064	3.225	3.387	3.548	3.710	3.871	4.032	4.194	4.355	4.516	4.678	4.839	5.001	5.162
64	2.900	3.072	3.244	3.416	3.588	3.760	3.932	4.104	4.276	4.448	4.620	4.791	4.963	5.135	5.307	5.479
66	3.064	3.247	3.429	3.612	3.795	3.978	4.161	4.344	4.527	4.710	4.892	5.075	5.258	5.441	5.624	5.807
68	3.233	3.427	3.621	3.815	4.009	4.203	4.397	4.591	4.785	4.980	5.174	5.368	5.562	5.756	5.950	6.144
70	3.406	3.612	3.818	4.023	4.229	4.435	4.641	4.846	5.052	5.258	5.463	5.669	5.875			
72	3.585	3.803	4.020	4.238	4.456	4.673	4.891	5.109	5.326	5.544	5.761	5.979	6.197			
74	3.769	3.999	4.229	4.459	4.689	4.918	5.148	5.378								
76	3.958	4.200	4.443	4.685	4.928	5.170	5.413	5.655								

$$V = 0.32078 + 0.00002099 \text{ DAP}^2\text{H}$$

$$r = 0.956$$

$$ES = 0.391$$

$$n = 158$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA: La función estima el volumen cúbico sin corteza, en piezas de 3,8 m de largo hasta un diámetro límite de 30 cm y en piezas de 3,3 m de largo, según la fórmula de Smalian.

Tabla VIII-12 : Eucalyptus globulusTipo: Volumen de Madera de Minas (m³ ssc)

: Válido para plantaciones de 9 a 22 años.

Localidad: Lota, Colcura, VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Lisboa (1960)

DAP cm	ALTURA TOTAL EN METROS													
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
	VOLUMEN DE MADERA DE MINAS EN m ³													
12	.023	.029	.036	.042	.049	.056								
14	.042	.051	.060	.069	.078	.087								
16		.076	.087	.099	.111	.123	.135							
18		.104	.119	.134	.149	.164	.178	.193						
20		.135	.154	.172	.191	.209	.227	.246	.264					
22		.170	.192	.215	.237	.259	.282	.304	.326	.349				
24		.208	.235	.261	.288	.314	.341	.368	.394	.421				
26			.281	.312	.343	.374	.405	.437	.468	.499				
28				.367	.403	.439	.475	.511	.547	.583	.620			
30				.426	.467	.508	.550	.591	.633	.674	.716	.757		
32						.583	.630	.677	.724	.771	.819	.866	.913	
34							.715	.768	.822	.875	.928	.981	1.035	
36								.865	.925	.984	1.044	1.104	1.164	

$$V = -0.0305 + 0.0000230339 \text{ DAP}^2 \text{ H}$$

$$r = 0.984$$

$$ES = 0.0461$$

$$n = 142$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA: La función estima el volumen de madera para minas en piezas de 3,3 m de largo, cubicadas como el cilindro de diámetro igual al diámetro menor sin corteza.

Tabla VIII-13: Eucalyptus globulus
Tipo: Volumen de Madera de Minas (m³ ssc)
Valida para plantaciones de 22 a 53 años.
Localidad: Lota, Colcura, VIII Región
Tipo de Monte: Alto
Autor: Lisboa (1960)

DAP	CLASES DE ALTURA EN METROS															
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
34	.8043	.7967	.7890	.7814	.7737	.7661										
36	.7904	.7818	.7733	.7647	.7561	.7476										
38	.7757	.7662	.7566	.7471	.7376	.7280										
40	.7603	.7497	.7391	.7285	.7180	.7074	.6968	.6862	.6757	.6651	.6545					
42	.7440	.7323	.7207	.7090	.6974	.6857	.6740	.6624	.6507	.6391	.6274					
44	.7270	.7142	.7014	.6886	.6758	.6630	.6502	.6374	.6246	.6118	.5990					
46	.7091	.6951	.6811	.6671	.6532	.6392	.6252	.6112	.5972	.5832	.5692					
48	.6905	.6752	.6600	.6448	.6296	.6143	.5991	.5839	.5686	.5534	.5382					
50	.6710	.6545	.6380	.6215	.6049	.5884	.5719	.5554	.5388	.5223	.5058	.4893	.4727	.4562	.4397	.4232
52	.6508	.6329	.6151	.5972	.5793	.5614	.5436	.5257	.5078	.4899	.4721	.4542	.4363	.4185	.4006	.3827
54	.6298	.6105	.5912	.5720	.5527	.5334	.5141	.4949	.4756	.4563	.4370	.4178	.3985	.3792	.3599	.3407
56	.6080	.5872	.5665	.5458	.5251	.5043	.4836	.4629	.4421	.4214	.4007	.3800	.3592	.3385	.3178	.2970
58	.5854	.5631	.5409	.5187	.4964	.4742	.4520	.4297	.4075	.3852	.3630	.3408	.3185	.2963	.2741	.2518
60	.5620	.5382	.5144	.4906	.4668	.4430	.4192	.3954	.3716	.3478	.3240	.3002	.2764	.2526	.2288	.2050
62	.5378	.5124	.4870	.4616	.4361	.4107	.3853	.3599	.3345	.3091	.2837	.2583	.2329	.2075	.1821	.1566
64	.5128	.4857	.4586	.4316	.4045	.3774	.3503	.3233	.2962	.2691	.2420	.2150	.1879	.1608	.1337	.1067
66	.4870	.4582	.4294	.4006	.3718	.3430	.3143	.2855	.2567	.2279	.1991	.1703	.1415	.1127	.0839	.0551
68	.4604	.4299	.3993	.3687	.3382	.3076	.2771	.2465	.2159	.1854	.1548	.1242	.0937	.0631	.0325	.0020
70	.4331	.4007	.3683	.3359	.3035	.2711	.2387	.2064	.1740	.1416	.1092	.0768	.0444			
72	.4049	.3707	.3364	.3021	.2679	.2336	.1993	.1651	.1308	.0965	.0623	.0280				
74	.3760	.3398	.3036	.2674	.2312	.1950	.1588	.1226	.0864	.0502	.0140					
76	.3462	.3080	.2699	.2317	.1935	.1553	.1171	.0790								

$$V_1 = 0.32078 + 0.00002099 \text{ DAP}^2 H$$

$$V_2 = -0.59813 - 0.000024295 \text{ DAP}^2 H$$

$$r_1 = 0.956 \quad r_2 = 0.995$$

$$ES_1 = 0.391 \quad ES_2 = 0.153$$

$$n_1 = 158 \quad n_2 = 158$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA: Los valores que indican la tabla corresponden a V1 - V2. V1 estima el volumen sin corteza en piezas de 3,8 m de largo hasta 30 cm de diámetro límite y en piezas de 3,3 m de largo.

V2 estima el volumen cúbico de la porción aserrable hasta 30 cm.

En consecuencia los valores de la tabla corresponden a piezas para minas de 3,3 m de largo, comprendidas entre el diámetro mínimo aserrable y el diámetro límite para las piezas de mina, dado por el diámetro o la presencia de ramas.

Tabla VIII - 14: Eucalyptus globulus
 Tipo: Volumen Aserrable (pies madereros)
 :Válida para plantación de 22 a 53 años.
 Localidad: Lota, Colcura, VIII Región
 Tipo de Monte: Alto
 Autor: Lisboa (1960)

DAP	CLASES DE ALTURA EN METROS															
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
cm	VOLUMEN (PIES MADEREROS)															
32	18.4	30.0	41.7	53.3	64.9	76.6										
34	40.9	54.0	67.2	80.3	93.4	106.5										
36	64.7	79.5	94.2	108.9	123.6	138.3										
38	90.0	106.4	122.8	139.2	155.6	172.0										
40	116.5	134.7	152.9	171.1	189.2	207.4	225.6	243.8	261.9	280.1	298.3					
42	144.5	164.5	184.6	204.6	224.6	244.7	264.7	284.7	304.8	324.8	344.8					
44	173.8	195.8	217.8	239.8	261.7	283.7	305.7	327.7	349.7	371.7	393.7					
46	204.5	228.5	252.5	276.6	300.6	324.6	348.7	372.7	396.7	420.8	444.8					
48	236.5	262.7	288.8	315.0	341.2	367.3	393.5	419.7	445.8	472.0	498.2					
50	269.9	298.3	326.7	355.1	383.5	411.8	440.2	468.6	497.0	525.4	553.8	582.2	610.6	639.0	667.4	695.8
52	304.6	335.3	366.1	396.8	427.5	458.2	488.9	519.6	550.3	581.0	611.8	642.5	673.2	703.9	734.6	765.3
54	340.7	373.9	407.0	440.1	473.2	506.3	539.5	572.6	605.7	638.8	671.9	705.1	738.2	771.3	804.4	837.5
56	378.2	413.8	449.5	485.1	520.7	556.3	591.9	627.6	663.2	698.8	734.4	770.0	805.7	841.3	876.9	912.5
58	417.1	455.3	493.5	531.7	569.9	608.1	646.3	684.5	722.7	760.9	799.2	837.4	875.6	913.8	952.0	990.2
60	457.3	498.2	539.1	579.9	620.8	661.7	702.6	743.5	784.4	825.3	866.2	907.1	947.9	988.8	1029.7	1070.6
62	498.9	542.5	586.2	629.8	673.5	717.2	760.8	804.5	848.1	891.8	935.5	979.1	1022.8	1066.4	1110.1	1153.8
64	541.8	588.3	634.8	681.4	727.9	774.4	820.9	867.4	914.0	960.5	1007.0	1053.5	1100.1	1146.6	1193.1	1239.6
66	586.1	635.6	685.0	734.5	784.0	833.5	882.9	932.4	981.9	1031.4	1080.8	1130.3	1179.8	1229.3	1278.7	1328.2
68	631.7	684.3	736.8	789.3	841.8	894.3	946.9	999.4	1051.9	1104.4	1156.9	1209.5	1262.0	1314.5	1367.0	1419.5
70	678.8	734.4	790.1	845.7	901.4	957.0	1012.7	1068.3	1124.0	1179.7	1235.3	1291.0	1346.6	1402.3	1457.9	1513.6
72	727.1	786.0	844.9	903.8	962.7	1021.5	1080.4	1139.3	1198.2	1257.1	1315.9	1374.8	1433.7	1492.6	1551.5	1610.3
74	776.9	839.1	901.3	963.5	1025.7	1087.9	1150.1	1212.3	1274.5	1336.7	1398.9	1461.1	1523.3	1585.4	1647.6	1709.8
76	828.0	893.6	959.2	1024.8	1090.4	1156.0	1221.6	1287.2	1352.8	1418.4	1484.0	1549.6	1615.3	1680.9	1746.5	1812.1

$$V = -156.05 + 0.005679 \text{ DAP}^2 \text{ H}$$

$$r = 0.961$$

$$ES = 32.7$$

$$n = 158$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA: La función estima el volumen en trozas de 3,8 m de largo según Regla Internacional 1/4" de ancho de corte, para diámetro límite de utilización de 30 cm sin corteza.

Tabla VIII-15 : Eucalyptus globulus
 Tipo: Volumen Cúbico Total (m³ scc.)
 Localidad: Lota, Colcura, VIII Región
 Tipo de Monte: Alto
 Autor: Diaz (1984)

DAP cm	CLASE DE ALTURA EN METROS																						
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50		
10	.039	.045	.050	.055	.061	.066																	
12	.051	.059	.066	.074	.082	.090																	
14	.065	.075	.086	.096	.107	.117	.128	.138															
16	.081	.095	.108	.122	.136	.149	.163	.177															
18	.099	.116	.134	.151	.168	.186	.203	.220															
20						.226	.247	.269	.290	.312	.333												
22							.297	.323	.348	.374	.400												
24								.382	.412	.443	.474	.504	.535										
26									.482	.518	.554	.590	.626										
28										.598	.640	.682	.724										
30											.733	.781	.829	.877	.925	.973							
32												.887	.942	.996	1.051	1.106							
34													1.061	1.123	1.185	1.246	1.308	1.370					
36														1.188	1.257	1.327	1.396	1.465	1.534				
38															1.323	1.400	1.477	1.554	1.631	1.708			
40																	1.635	1.720	1.806	1.891			
42																		1.801	1.895	1.989	2.083		
44																			2.182	2.285	2.389	2.492	2.595
46																				2.497	2.610	2.723	2.835
48																				2.717	2.840	2.963	3.086
50																				2.948	3.081	3.214	3.348
52																				3.187	3.331	3.476	3.620
54																				3.436	3.591	3.747	3.903
56																				3.694	3.861	4.029	4.196
58																				3.962	4.141	4.321	4.500
60																				4.239	4.431	4.623	4.815
62																				4.525	4.730	4.935	5.141
64																				4.821	5.040	5.258	5.477
66																				5.126	5.359	5.591	5.824
68																				5.441	5.688	5.934	6.181
70																				5.765	6.026	6.288	6.549

$V = 0.0127 + 0.00002668 \text{ DAP}^2 \text{ H}$
 $r = 0.9946$
 $SE = 0.2065$

$n = 52$
 DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
 H = Altura total (m)

Tabla VIII-16 : Eucalyptus globulus

Tipo: Volumen Cúbico (m³ s/c)

Localidad: Lota, Colcura, VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Diaz (1984)

DAP	CLASES DE ALTURA EN METROS									
	40	42	44	46	48	50	52	54	56	
cm										
40	.1630	.2499	.3368							
42	.3411	.4369	.5327							
44	.5279	.6330	.7381	.8433	.9484	1.0535				
46	.7234	.8383	.9532	1.0681	1.1830	1.2979				
48	.9275	1.0527	1.1778	1.3029	1.4280	1.5531				
50			1.4119	1.5477	1.6834	1.8192				
52			1.6556	1.8024	1.9493	2.0961				
54						2.3839	2.5422	2.7005	2.8589	
56						2.6825	2.8528	3.0231	3.1934	
58						2.9920	3.1747	3.3574	3.5400	
60						3.3124	3.5079	3.7034	3.8988	
62						3.6436	3.8524	4.0611	4.2698	
64						3.9857	4.2081	4.4305	4.6530	
66						4.3387	4.5752	4.8117	5.0483	
68						4.7025	4.9536	5.2046	5.4557	
70						5.0772	5.3432	5.6093	5.8754	
72						5.4627	5.7442	6.0257	6.3072	
74						5.8591	6.1564	6.4538	6.7511	

$$V = - 1.5746 + 0.00002715 \text{ DAP}^2 \text{ H}$$

$$r = 0.9566$$

$$SE = 0.4955$$

$$n = 45$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA: La función estima el volumen cúbico de la porción aserrable del fuste, hasta un diámetro límite de 35 cm sin corteza.

Tabla VIII-17 : Eucalyptus globulusTipo: Volumen de madera de Chapas Foliadas (m³ ssc)

Localidad: Lota, Colcura, VIII Región

Tipo de Monte: Alto

Autor: Diaz (1984)

DAP	CLASES DE ALTURA EN METROS			
	50	52	54	56
cm				
50	.3060	.4271	.5482	.6693
52	.5530	.6840	.8150	.9460
54	.8098	.9510	1.0923	1.2335
56	1.0762	1.2281	1.3800	1.5319
58	1.3523	1.5153	1.6782	1.8412
60	1.6381	1.8125	1.9869	2.1613
62	1.9336	2.1198	2.3060	2.4922
64	2.2388	2.4372	2.6356	2.8340
66	2.5536	2.7646	2.9756	3.1866
68	2.8782	3.1022	3.3261	3.5501
70	3.2124	3.4498	3.6871	3.9245

$$V = - 2.7215 + 0.00002422 \text{ DAP}^2 \text{ H}$$

$$r = 0.9151$$

$$ES = 0.4790$$

$$n = 29$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

NOTA: La función estima el volumen cúbico hasta un diámetro de utilización de 45 cm sin corteza, lo que representa la porción del fuste disponible para chapas foliadas.