

INFOR-FONDEF

253F
INFOR



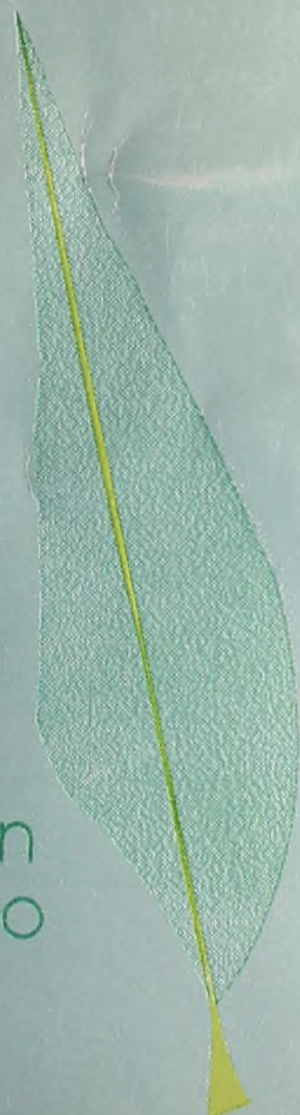
0000165

Metodología para la determinación de funciones de volumen y ahusamiento para eucalipto.

Juan Carlos Pinilla Suárez
Claudio Zunino Avilés

Proyecto CONICYT-FONDEF
Antecedentes biométricos y
modelos de apoyo a la gestión
y manejo racional del Eucalipto

Enero 1997



INFOR-FONDEF

Metodología para la determinación
de funciones de volumen
y ahusamiento para eucalipto.

Juan Carlos Pinilla Suárez
Claudio Zunino Avilés

Proyecto CONICYT-FONDEF
Antecedentes biométricos y
modelos de apoyo a la gestión
y manejo racional del Eucalipto

Enero 1997

Metodología para la determinación de funciones de volumen y ahusamiento para eucalipto

Juan Carlos Pinilla Suárez, Claudio Zunino
Instituto Forestal - Proyecto FONDEF 2/33

Resumen

Se describe la metodología utilizada en la selección de los rodales, su localización en terreno y el algoritmo para la determinación de los árboles a voltear para obtener la información utilizada en el desarrollo de modelos de volumen y ahusamiento para eucalipto. Los datos provinieron de rodales de eucalipto ubicados entre la VIII y X Región, obteniéndose la información a través del volteo y medición de los árboles. De igual forma, se presenta una descripción de la base de datos reunida, principalmente, en relación a especies, distribución diamétrica, altura y edades. Esta base de datos se utilizó en el ajuste de los modelos de volumen y ahusamiento para todas las especies de eucalipto de interés para el proyecto (***Eucalyptus globulus***, ***E. nitens*** y ***E. delegatensis***). El desarrollar modelos más eficientes dependerá de aumentar la base de datos requerida en su construcción, tanto en edades como en el número de especies, utilizando la metodología propuesta.

1 Introducción

La adecuada definición de las relaciones funcionales estáticas para las especies de ***Eucalyptus*** que se cultivan en Chile, permite una evaluación más precisa de este recurso forestal, contribuyendo con ello a su conocimiento y adecuado aprovechamiento integral.

Estas relaciones deben ser desarrolladas a partir de situaciones de crecimiento particulares desde los distintos sitios donde están estas especies en Chile, para luego intentar obtener modelos que puedan explicar las posibles variaciones existentes. Dadas las especiales características de crecimiento que presentan estas especies en Chile, no es aconsejable el uso de modelos extrapolados desde otros países, los que han sido desarrollados a partir de rodales en sitios y con crecimientos distintos.

La información sobre el desarrollo de este tipo de funciones aplicadas en nuestro país no existe, es limitada o es sólo aplicable a condiciones de tipo local en la V y VIII Región, principalmente. Si se considera el potencial que presentan las especies del género ***Eucalyptus***, sus diferentes adaptaciones a condiciones climáticas, los posibles productos a obtener, la silvicultura intensiva con que se cultiva y los programas de mejoramiento genético que se están desarrollando, se hace evidente que la información actual sobre el crecimiento y rendimiento del eucalipto en Chile es escasa.

A nivel nacional, el Instituto Forestal ha recopilado información existente, poniendo a disposición de la comunidad forestal los datos sobre crecimiento, rendimiento y otros aspectos dasométricos, para **Eucalyptus globulus** y otras especies del género en Chile (INFOR, 1991).

Es esta falta de antecedentes confiables y aplicables a toda la zona de crecimiento del **Eucalyptus** en el país, y la importancia de estas especies en el sector forestal chileno, lo que motivó que durante el desarrollo del proyecto **FONDEF 2/33, Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión y Manejo Racional del Eucalipto** se reuniera una base de datos que permitiera determinar funciones de volumen, de razón de volumen y modelos de ahusamiento para las especies de eucalipto de interés en este estudio, utilizando la información disponible, y métodos y técnicas estadísticas.

Los modelos resultantes fueron presentados en documentos anteriores del proyecto (Bahamóndez, C., 1995; Pinilla, J.C., 1996), por lo que el presente trabajo tiene por objeto describir la metodología utilizada en estos estudios para la obtención de la información básica utilizada en la construcción de los diferentes modelos y presentar un análisis descriptivo de la base de datos reunida que definen el rango de aplicación de los modelos desarrollados

2 Metodología para la obtención de la información

La información se ha generado desde rodales de eucalipto ubicados entre la VIII y X Región, de propiedad de las empresas participantes del proyecto. La metodología para obtener la información experimental fue descrita brevemente en los documentos sobre determinación de funciones de volumen para eucalipto (Bahamóndez, 1995), y determinación de funciones de ahusamiento preliminares para eucalipto (Pinilla, 1996).

2.1 Rodales candidatos

Los rodales candidatos para el muestreo volumétrico e información para ahusamiento, correspondieron a los mismos que habían sido seleccionados por el proyecto para la instalación de parcelas permanentes, de entre aquellos que habían sido puestos a disposición por las empresas. La distribución de estos rodales según empresa, entre la V y X Región, se presenta en el Cuadro N° 1.

Cabe consignar que las empresas ofrecieron, para los requerimientos del proyecto, un número cercano a los 240 rodales, de los cuales fueron seleccionados 188 para la instalación de las parcelas permanentes. De entre éstos, se seleccionó un número menor de rodales para la realización del muestreo volumétrico.

Cuadro N° 1
Distribución de rodales candidatos según empresa y región

Empresa	Región			Total de Rodales
	VIII	IX	X	
Bosques Arauco	16	0	0	16
Cia. Chilena de Astillas	2	10	0	12
Gafonac	0	0	0	37(*)
Dos Álamos	0	0	2	2
Forestal ACE	0	0	0	1(*)
Forestal Anchile	0	0	22	22
Forestal Angol	5	7	0	12
Forestal Bio Bio	14	0	0	14
Forestal Cholguán	12	0	0	12
Forestal Millalemu	13	15	0	28
Forestal Mininco	15	2	0	17
Forestal Tierra Chulena	4	1	0	5
Forestal Tornagaleones	0	0	10	10
Total	81	35	34	188

Nota : (*) : Los rodales se ubican en la VI y VII Región.

(**) : El rodal se ubica en la V Región.

2.2 Criterios de selección de los rodales para el muestreo volumétrico e información de ahusamiento

La selección de los rodales se orientó a cubrir el máximo rango posible de edades y especies de eucalipto, como así también, hacia una adecuada distribución geográfica de los puntos de muestreo. Se tuvo especial cuidado, además, de no sobremuestrear las zonas geográficas con alta concentración de plantaciones.

Los criterios para seleccionar un rodal para la muestra volumétrica y ahusamiento correspondieron a:

a) *Edad del rodal*

Esta debía ser mayor o igual a 4 años (Plantación 1991 o anterior).

b) *Especie*

La especie debía corresponder a **Eucalyptus globulus**, **E. delegatensis**, **E. nitens**, **E. regnans** o **E. camaldulensis**.

c) *Origen del rodal*

El rodal debía tener su origen en plantas provenientes de semillas (monte alto)

d) *Ubicación geográfica*

La distribución geográfica de los puntos de muestreo pretendió obtener una adecuada representatividad de los rodales de eucalipto según región y especie.

e) *Plantaciones con fines productivos*

Los rodales a muestrear debían haber sido establecidos con fines productivos, y no ser parte de ningún tipo de ensayo.

f) *Tratamientos silviculturales*

Los rodales debían tener los tratamientos silviculturales comúnmente utilizados por la empresa.

2.3 Rodales seleccionados para el muestreo

Las distintas combinaciones de los criterios de selección anteriores, y su comparación con el universo de rodales candidatos para el muestreo volumétrico, definió en 53 los puntos a utilizar, distribuidos entre las VI y X Regiones. La distribución de los puntos según empresa y especie se presenta en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2
Rodales seleccionados para el muestreo según empresa y especie

Empresa	Especie <i>Eucalyptus</i>				Total de Rodales
	globulus	nitens	delegatensis	Otras	
Bosques Arauco	1	2	0	1(*)	4
Cia. Chilena de Astillas	0	1	2	0	3
Gafonac	7	0	0	2(**)	9
Dos Alamos	2	0	0	0	2
Forestal Anchile	4	1	0	0	5
Forestal Angol	2	2	0	0	4
Forestal Bio Bio	5	0	0	0	5
Forestal Cholguán	2	0	0	0	2
Forestal Millalemu	9	0	0	0	9
Forestal Mininco	0	4	0	0	4
Forestal Tierra Chilena	1	0	0	0	1
Forestal Tornagaleones	2	2	1	0	5
Total	35	12	3	3	53

Nota : (*) : Corresponde a un rodal de *E. regnans*.

(**) : Corresponden a 2 rodales de *E. camaldulensis*

2.4 Localización en terreno de los rodales seleccionados

El rodal seleccionado para la instalación de la parcela de muestreo, puede ser localizado en terreno por medio de dos procedimientos de aproximación final.

- a) Mediante el uso de cartografía a escala predial, complementado con el uso de fotografías aéreas.
- b) Mediante el uso de instrumentos **GPS** (Global Positioning with Satellite).

En este proyecto se decidió localizar el rodal con apoyo de **GPS**. Esto se debió a la imposibilidad de contar oportunamente con la cartografía predial y fotos aéreas asociadas a todos los rodales seleccionados. Además, se estimó que este muestreo sería una buena oportunidad para apreciar las capacidades de los equipos **GPS** en terreno, su uso, funcionamiento, limitantes y, también, para entrenamiento del personal del proyecto.

2.4.1 Posicionamiento global con satélite (GPS)

El uso de instrumentos **GPS** posibilita un acceso rápido y eficiente mediante navegación hasta el punto final de llegada.

El **GPS** utilizado en el proyecto correspondió al modelo **Magellan GPS Field Nav**, desarrollado por Magellan System Corporation (EE.UU.).

Este modelo es un **GPS** manual, de fácil uso. Todas sus unidades de función son accesibles a través de un número reducido de teclas. La información es desplegada en una pantalla líquida, la que se puede iluminar en condiciones ambientales adversas. Usa abreviaciones estándares, indicándose a través de varias pantallas secuenciales los diferentes tipos de información que es capaz de entregar. Las unidades de operación son fácilmente reinicializables para poder mostrar la información deseada, moviéndose a través de teclas desplazadoras por cada una de las opciones disponibles.

El **Field Nav** usa cinco canales que trabajan simultáneamente para localizar y recolectar datos desde los satélites **GPS** que orbitan la Tierra, cada uno con una distinta trayectoria. Por medio de componentes electrónicos se reciben las señales desde los satélites, las que son procesadas para, en menos de un minuto, calcular la posición en terreno (ya sea en coordenadas geodésicas, coordenadas **UTM**, o coordenadas locales (British grid, Irish grid, Universal Transverse Stereographic (**UPS**))), la altitud, velocidad y datos de navegación, entregándose luego, nuevos datos de localización cada segundo. Cada posición se define por una latitud, una longitud y, opcionalmente, una altitud.

Al utilizar el **GPS** en terreno, de entre los cerca de 21 satélites que están disponibles en órbita, éste localiza y combina 5 de ellos para obtener una buena señal, si no lo consigue con los 5 primeros satélites, empieza a realizar otras combinaciones de 5 satélites, hasta obtener una señal adecuada para realizar los cálculos de posicionamiento. La recepción de ello se ve

afectada por la hora del día en que se realiza el ejercicio (disponibilidad de satélites en el zenit), y por la cobertura vegetal que pudiera existir sobre el punto en el cual se realiza el posicionamiento.

El GPS almacena una posición inicial, 100 posiciones fijas y hasta 100 puntos de trabajo pueden ser creados o archivados por el usuario. Los puntos de trabajo almacenados pueden ser usados para realizar las diferenciales en terreno (cálculo para remover desde el GPS errores o desviaciones desde una posición promedio) y para estimar las coordenadas y rumbos a un punto de trabajo.

Cuando este instrumento es usado con posiciones promedio y diferenciales, es una excelente herramienta para almacenar datos para un Sistema de Información Geográfico (SIG)

Así, este instrumento puede ser usado en tres modos para calcular posiciones: dos dimensiones (2D), tres dimensiones (3D) y el modo automático (AUTO). En el modo 2D la unidad usa tres de los cinco satélites para calcular una posición fija y el usuario ingresa la altitud. En el modo 3D, la unidad usa un cuarto satélite para calcular la altitud. En el modo AUTO, la unidad usa 3D cuando 4 satélites están disponibles, y 2D cuando sólo 3 satélites son localizables.

El GPS es generalmente capaz de entregar una precisión horizontal de 12 metros en una operación corriente. Esta puede ser mejorada hasta los 5 metros de precisión horizontal, realizando correcciones por diferenciales en terreno. Sin embargo, restricciones impuestas por la administración del sistema (U.S.A.), impiden alcanzar esta precisión, por lo que generalmente los errores de posición pueden alcanzar hasta los 50 a 100 metros.

Para que el uso del GPS sea eficiente, se requiere contar, previamente, con información y material de apoyo, referido principalmente a:

a) *Cartografía digitalizada de cada región y de los caminos*

En la base de datos que contenía toda la información relevante de cada rodal de eucalipto seleccionado para el muestreo e instalación de la parcela temporal, existe un campo donde se ingresó las coordenadas UTM de cada rodal. Se contaba, además, con una cartografía georeferenciada y digitalizada en un Sistema de Información Geográfica (**Pamap-GIS[®]**) de las regiones V a X, la cual, para el trabajo en terreno, se traspasó a un formato de **Auto Cad[®]**, versión 10. Esta cartografía incluía, entre otros, los límites comunales y provinciales, ciudades, ríos, lagos y las distintas clases de caminos. Así, conocidas las coordenadas del rodal a muestrear, era posible localizarlo en la cartografía digital y determinar cuales eran las mejores opciones de acceso a él. Una vez en los caminos, ante cualquier duda o imprevisto, bastaba geoposicionarse con el GPS para obtener las coordenadas del lugar donde se encontraba el equipo de terreno, ingresarla a la cartografía digital e inmediatamente conocer el lugar exacto donde se encontraban. De esta forma se decidía por donde continuar o corregir la ruta hacia el punto de muestreo.

Un apoyo importante en terreno fue, además, la cartografía regular IGM del sector donde se ubicaba el rodal a muestrear. Tales mapas contienen la información relevante y las coordenadas UTM de puntos de apoyo para el trabajo en terreno (por ejemplo, cruce de caminos, puentes, etc.).

b) *Computador personal portátil*

El equipo de terreno requirió para el uso del GPS y de la cartografía digital, de un equipo computacional portátil tipo Notebook.

El uso de este elemento fue importante para el eficiente acceso a cada rodal, siendo la única limitante, la capacidad de su batería.

c) *Soporte lógico*

Este elemento se refiere a la capacidad de desplegar en terreno la cartografía de manera eficiente. En el proyecto se utilizó el software **Auto Cad**[®] versión 10.

2.5 Definición de la unidad muestral

En el proyecto se definió como unidad muestral una parcela de 500 m², siendo dos los pasos para su instalación en terreno:

2.5.1 Selección del área para la instalación de la parcela dentro del rodal

Una vez localizado el rodal en terreno, se selecciona una dirección al azar y luego se ingresa al interior de él una distancia mínima de 20 metros, asumiendo el punto de llegada como el punto centro de la parcela. Este punto no debía estar cerca de caminos o en una superficie sin árboles.

2.5.2 Definición de la forma de la unidad muestral

Una vez reconocido el punto centro de la parcela, se procede a la medición de la pendiente para definir cual deberá ser la forma de la parcela de muestreo.

Si la pendiente observada era igual o inferior al 15%, la parcela debía ser circular (radio = 12,62 m), de lo contrario, la parcela debía ser cuadrada (lado = 22,36 m).

Las parcelas circulares presentan ventajas por su rapidez de instalación y medición, aunque en cualquier caso, hay que tomar precauciones para evitar sesgos en la ubicación del

centro de la parcela (se tiende a evitar ubicarlo cerca de o sobre árboles, lo que subestima la densidad) ¹

2.6 Mediciones en la parcela y método de selección de los individuos a voltear

Una vez instalada la parcela en terreno, se procedía a numerar y medir el DAP con corteza, en centímetros, a todos los árboles de ella, y la altura total, en metros, de los 8 individuos más cercanos al punto central. Posteriormente se seleccionaban 3 árboles de la parcela para su volteo y medición detallada. Estos árboles eran escogidos mediante el siguiente procedimiento²:

- a) Ingreso a una lista de todos los árboles con su respectivo número y DAP
- b) Ordenar esta lista de mayor a menor DAP.
- c) Numeración de 1 a N de la nueva lista ordenada de DAP.
- d) Cálculo de la siguiente expresión.

$$Na = P*N + 0,5$$

donde:

Na = Número de orden del individuo a seleccionar, redondeando al entero más cercano. En el caso que este valor contenga el decimal 0,5, se redondea al par más cercano.

P = Porcentaje (20, 50 y 80%) de la distribución diamétrica existente en la muestra

N = Número total de individuos de la parcela.

Una vez obtenido el número de orden (Na) para cada porcentaje de la distribución diamétrica (20, 50 y 80%), este se individualizaba en la nueva lista ordenada de los DAP y se leía el número original del árbol al cual correspondía, el cual era ubicado en la parcela y finalmente volteado.

2.7 Mediciones en los árboles volteados

Una vez seleccionados los árboles de la parcela, éstos fueron volteados y medidos en secciones.

En cada árbol volteado se registró y midió una serie de variables, las que se detallan a continuación y en la Figura 1:

¹ Oscar García, comunicación personal.

² Oscar García, comunicación personal.

- a) Número de la parcela.
- b) Nombre del predio.
- c) Especie.
- d) Año de plantación.
- e) Región.
- f) Empresa.
- g) Número del árbol.
- h) Diámetros en cm cada 1 m, desde 50 cm bajo el DAP, hasta los 5 cm de diámetro límite.
- i) Largos, en metros, de las secciones medidas (generalmente 1 metro).
- j) Altura total en metros.
- k) Altura de copa en metros.
- l) Altura de tocón en metros.
- m) Diámetro comienzo de copa en centímetros.
- n) Diámetro de tocón en centímetros.
- ñ) Doble espesor de corteza en milímetros.
- o) Diámetros, en centímetros, de ramas cada 0,5 m, cuando el diámetro de la rama era mayor o igual a 50 cm
- p) Doble espesor de corteza, en milímetros, de la rama correspondiente.

Posteriormente, toda la información fue traspasada a una base de datos para su utilización y manejo en los diversos estudios del proyecto. La información recolectada fue sometida a un proceso de depuración, gráfica y analítica, eliminándose los datos ilógicos o con errores

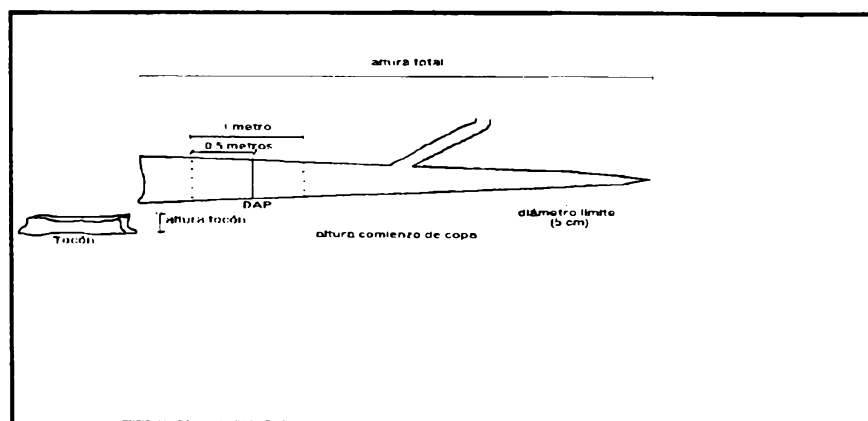


Figura 1
Variables medidas en los árboles volteados

2.8 Información recolectada

Los datos reunidos por el proyecto corresponden a 708 mediciones relativas, provenientes de 77 árboles en 28 rodales muestreados.

Esta información corresponde a 49 árboles de **Eucalyptus globulus**, 25 de **E. nitens** y 3 de **E. delegatensis**. La distribución de estos puntos de muestreo se presenta en el Cuadro N°3, mientras que se descripción y ubicación a nivel regional se presentan en el Anexo N°1 y N°2, respectivamente.

Cuadro N° 3
Distribución de puntos muestreados según región y especie

Región	Especies			Total
	E. globulus	E. nitens	E. delegatensis	
VIII	7	5	0	12
IX	4	3	1	8
X	6	2	0	8
Total	17	10	1	28

3 Antecedentes y descripción de la base de datos reunida

Con la información depurada se procedió a realizar una serie de análisis para la estimación de los modelos de volumen y ahusamiento. En una primera etapa se ajustaron modelos generales a los datos obtenidos, repitiéndose el proceso separando la información según especie. Los ajustes se realizaron utilizando el método de los mínimos cuadrados y por la combinación de variables empleadas en los modelos considerados, mediante la técnica de regresión paso a paso.

Las mediciones realizadas cada 1 metro en cada árbol volteado, desde la altura del tocón (0,3 m) y hasta la altura del diámetro límite de utilización (5 cm), junto con la información referente a los DAP, originaron una matriz constituida de 708 observaciones con 12 mediciones por cada observación. Esta matriz fue utilizada en el análisis preliminar para la determinación de las funciones de volumen y ahusamiento en eucalipto.

A continuación se expone un resumen de la información obtenida, referida, principalmente, a la distribución diamétrica y rango de alturas comprendida en la muestra.

3.1 Distribución diamétrica y rango de alturas

La distribución de frecuencias y los rangos de altura por clase diamétrica para los árboles de la muestra, se presentan en el Cuadro N°4. Al observar este cuadro se aprecia que el mayor DAP registrado corresponde a los 20 cm, aproximadamente. De igual forma, la mayor concentración de DAP se presenta entre los 5 y 15 cm. Esta información nos permite establecer los rangos de DAP en el que se puede aplicar los modelos desarrollados, el cual se definiría entre los 5 y 20 cm. Para DAP superiores los modelos podrían presentar algún grado de subestimación.

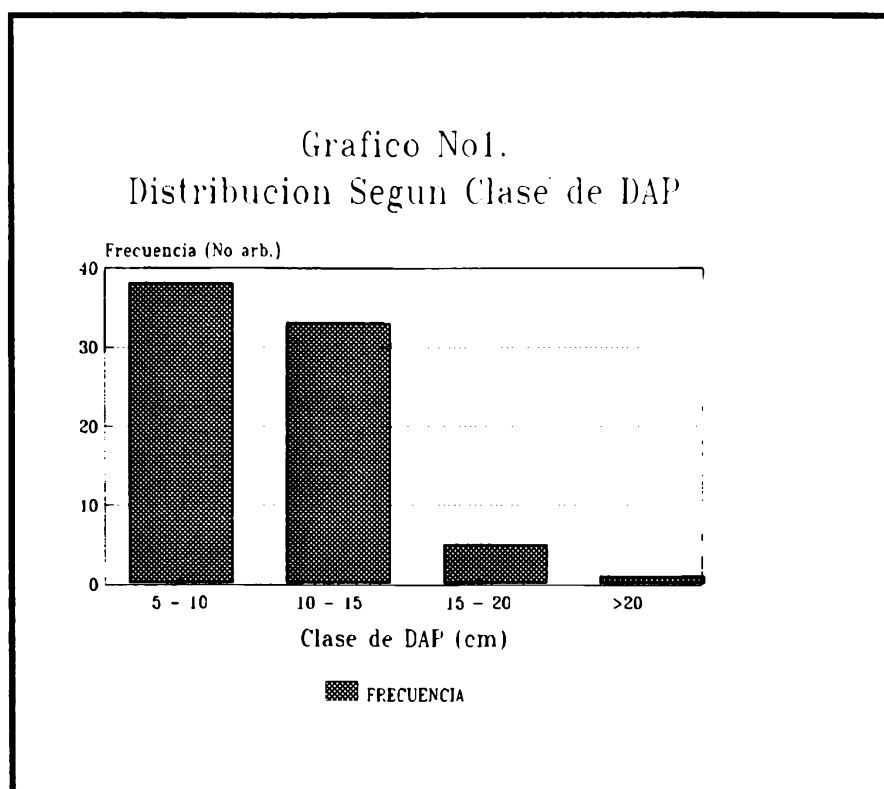
En el Gráfico N° 1 es posible apreciar más claramente la concentración de DAP en las clases inferiores, lo cual es lógico considerando las edades de los rodales muestreados. No se midió edades superiores a 10 años.

Cuadro N° 4
Distribución por clase diamétrica y rango de altura

Clase de DAP (cm)	Número de árboles por clase de DAP	Número de observaciones (*)	DAP mínimo medido (cm)	DAP máximo medido (cm)	Altura mínima medida (m)	Altura máxima medida (m)
5 - 10	38	259	5,4	9,8	4,74	13,40
10 - 15	33	371	10,1	15,0	9,59	17,81
15 - 20	5	66	15,4	19,4	11,74	15,40
> 20	1	12	20,2	20,2	12,47	12,47
Total	77	708				

(*) : Indica el número total de mediciones realizadas a lo largo del fuste para cada clase diamétrica

La relación encontrada entre los DAP de cada árbol y sus respectivas alturas, se presenta en el Gráfico N° 2. En él, es posible apreciar una tendencia lineal asociada a una pendiente positiva, lo que es característico de procesos de crecimiento en altura en las etapas iniciales del establecimiento de los rodales. Es posible apreciar también, una variabilidad en diámetros y alturas, lo que puede ser debido a diferencias entre sitios, tratamientos silviculturales aplicados o densidades iniciales al establecimiento del rodal, ya que a mayores espaciamientos es posible obtener mayores DAP.



3.2 Distribución porcentual

La distribución de la frecuencia en términos porcentuales del número de árboles y número de observaciones obtenidas en la muestra, según cada clase de DAP, se presenta en el Cuadro N°5.

Cuadro N° 5
Distribución porcentual por clase diamétrica

Clase de Dap (cm)	Número de observaciones	Porcentaje del total de mediciones (%)	Número de árboles	Porcentaje del total de número de árboles (%)
5 - 10	259	36,58	38	49,35
10 - 15	371	52,40	33	42,86
15 - 20	66	9,32	5	6,49
> 20	12	1,70	1	1,30
Total	708	100,00	77	100,00

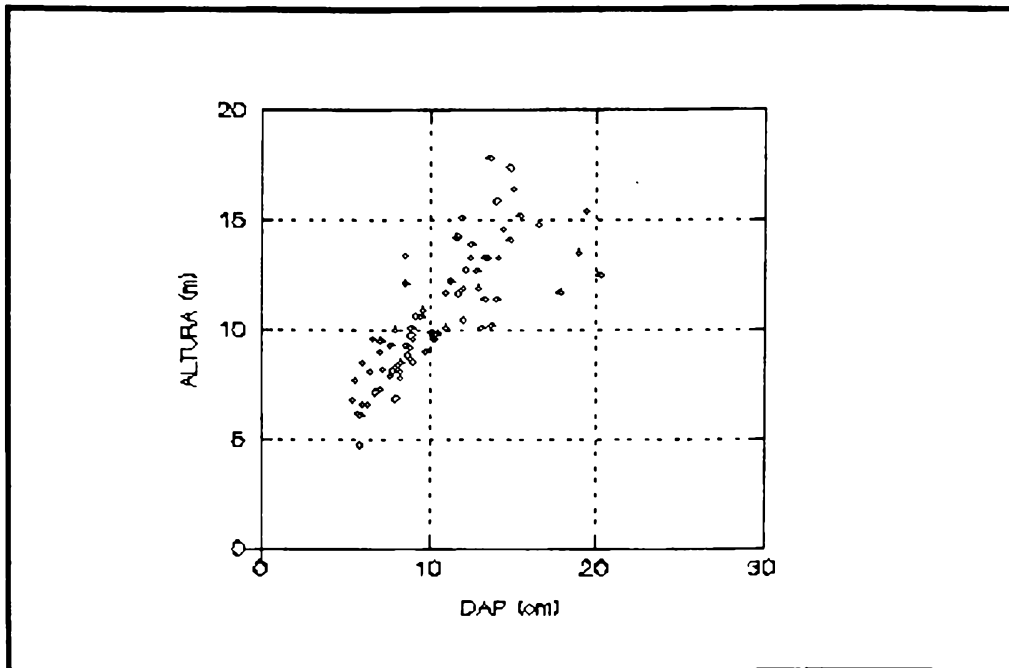


Gráfico N° 2
Relación DAP/Altura árboles muestra volumétrica y ahusamiento

Como se observa en el cuadro anterior, el 52% de las mediciones correspondieron a árboles con DAP entre 10 y 15 cm, reafirmando la fuerte componente juvenil de la muestra.

Si bien el número de árboles fue superior en la clase de DAP de 5 a 10 cm, el número de mediciones realizadas en ellos fue inferior producto del menor tamaño de los árboles. Al considerar las dos primeras clases de DAP (5 - 10, y 10 - 15 cm), se obtiene que en ellas se concentró el 89% de las mediciones realizadas.

3.3 Frecuencia según especie

En el Cuadro N° 6 se presenta la distribución de frecuencias de cada clase diamétrica, agrupadas según la especie de **Eucalyptus** que conformó la muestra.

Cuadro N° 6
Distribución de frecuencias de diámetros según especie

Especie	Clase de DAP (cm)				Total
	5 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20	
E. globulus	20	23	5	1	49
E. nitens	15	10	0	0	25
E. delegatensis	3	0	0	0	3
Total	38	33	5	1	77

Tal como se observa en el cuadro anterior, la mayor frecuencia de diámetros se concentra entre los 5 y 15 cm, siendo **E. globulus** y **E. nitens** las especies con una mayor participación. En ambas especies la distribución de la muestra obtenida es relativamente homogénea entre las dos primeras clases de DAP. La baja contribución de **E. delegatensis** se debió, fundamentalmente, a la escasez de rodales de esta especie que cumplieran con los atributos deseadas para ser considerados en este estudio.

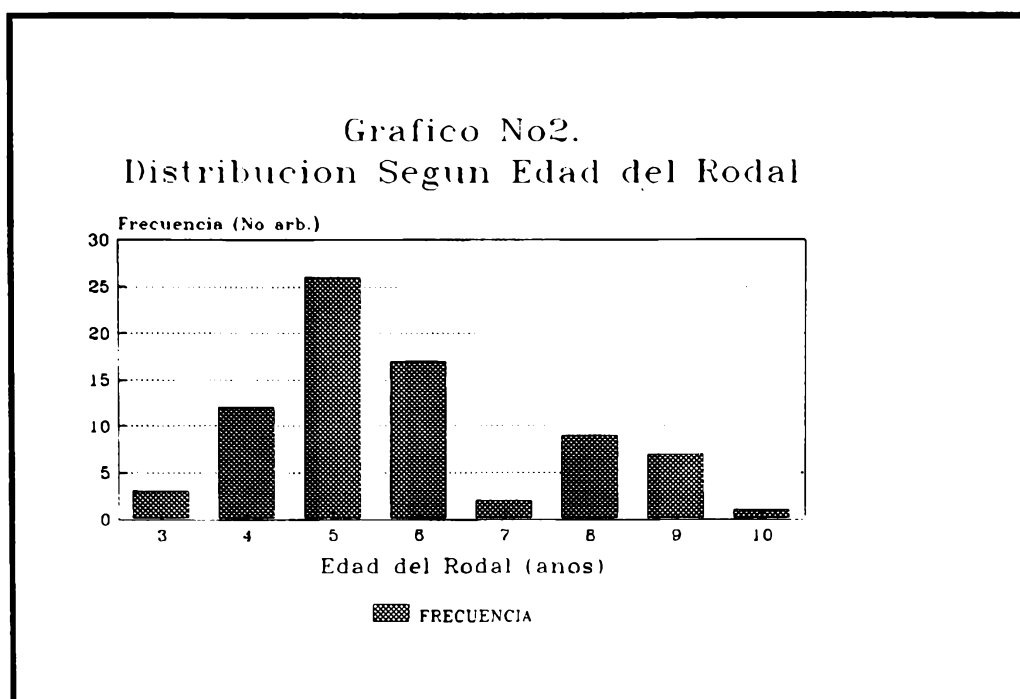
3.4 Frecuencia según edad del rodal

En el Cuadro N° 7 se presenta la frecuencia de cada clase diamétrica, según la edad del rodal al año de obtención de la muestra (1995). En el Gráfico N° 3 es posible observar la distribución de estas frecuencias según año.

Cuadro N° 7
Frecuencia de cada clase diamétrica según año de plantación del rodal

Año Rodal	Edad	Clase de DAP (cm)				Total
		5 -10	10 - 15	15 - 20	> 20	
1985	10	0	1	0	0	1
1986	9	2	5	0	0	7
1987	8	3	3	2	1	9
1988	7	0	2	0	0	2
1989	6	9	8	0	0	17
1990	5	17	6	3	0	26
1991	4	6	6	0	0	12
1992	3	1	2	0	0	3
Total		38	33	5	1	77

En relación con este punto, aproximadamente el 75,3% de los rodales muestreados tenían una edad menor o igual a los seis años. Este resultado, al igual que lo acontecido con los diámetros encontrados, ratifican la validez de los modelos desarrollados al ser aplicados a rodales jóvenes o al determinar la cantidad de producto pulpable a obtener desde ellos

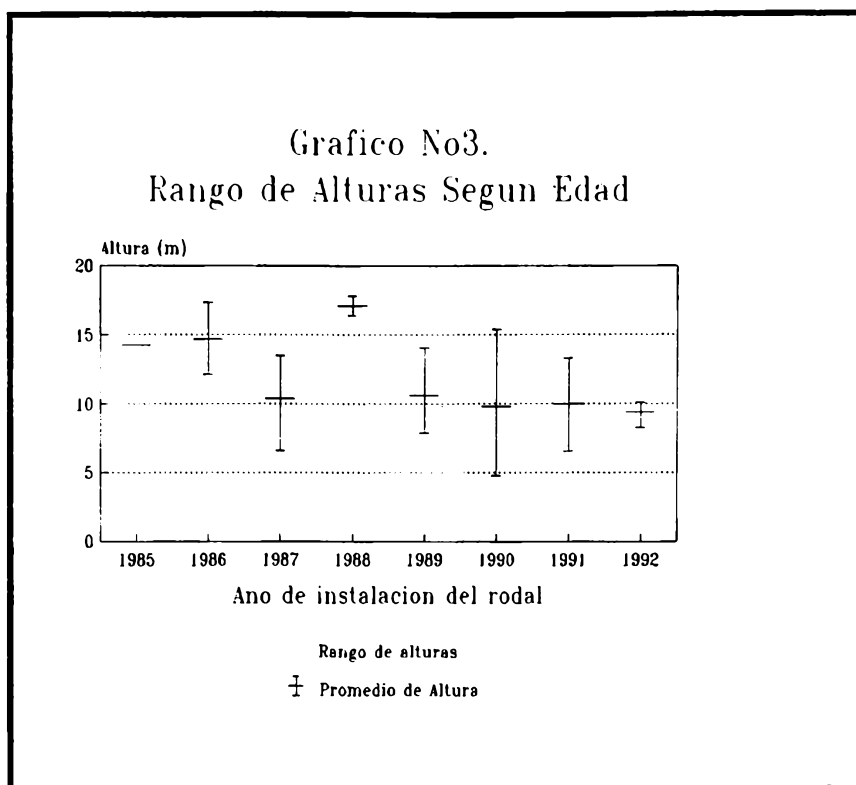


3.5 Rango de alturas

En el Cuadro N° 8 y Gráfico N° 4 se presentan, en forma más detallada, los rangos de alturas registrados según clase diamétrica. Al analizar esta información es posible advertir la similitud de alturas observadas entre los rodales provenientes de plantaciones del año 1992 y las del año 1989. Esto es producto, quizás, de las técnicas de establecimiento y cuidados silvícolas realizados por las empresas en los últimos años, lo que ha originado un fuerte incremento en altura de estos rodales. Sin embargo, hay que considerar que en el caso del rodal de 1992, sólo se midieron 3 árboles, lo que tiene que ser tomado en cuenta al momento de obtener las conclusiones

Cuadro N° 8
Rango de alturas según edad del rodal

Edad (años)	Año Rodal	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)	Promedio (m)
10	1985	14,27	14,27	14,27
9	1986	12,14	17,37	14,68
8	1987	6,60	13,54	10,38
7	1988	16,40	17,81	17,11
6	1989	7,90	14,10	10,62
5	1990	4,74	15,40	9,83
4	1991	6,56	13,31	10,01
3	1992	8,27	10,10	9,42



4 Discusión y conclusiones

La necesidad de obtener la más amplia información acerca del volumen y forma de los árboles de **Eucalyptus** que crecen en Chile, motivó a que el proyecto **FONDEF 2/33** realizara un muestreo volumétrico entre la VIII y X Región. Para ello fue indispensable la colaboración de las empresas participantes del proyecto, al permitir el acceso a los rodales de interés y el volteo de los individuos requeridos para el muestreo de volumen. La importancia de la participación de las empresas radica, también, en el hecho que fueron los rodales de su propio interés los que se ofrecieron como posibles para el muestreo, de entre aquellos que representarían las variadas condiciones de crecimiento que es posible de encontrar en su patrimonio. Esta situación permite que los resultados obtenidos por el uso de la información recolectada tengan un carácter representativo, confiriéndole al muestreo una validez significativa.

Una vez definidos los criterios para la selección de los rodales de **Eucalyptus** a muestrear, fue posible diseñar el plan de trabajo en terreno. Así, se definió que la forma y superficie de la parcela dependería de la pendiente presente en el rodal, intentando con ello obtener la mayor cantidad básica de información a un costo relativamente bajo.

La utilización de la tecnología **GPS** permitió conocer sus bondades para la ubicación en terreno de un punto de interés o brigada de trabajo, y sus limitaciones en relación con la hora del día en que se ocupa (falta de satélites en el zenit) o con la cubierta vegetal existente. El

resultado de su uso fue altamente satisfactorio en este trabajo, principalmente por la disminución de los tiempos de acceso a los puntos de interés, su precisión y por la oportunidad que presentó para el entrenamiento en su uso. El continuar con su utilización debe ser considerado en los planes de trabajo en terreno, como apoyo a los desplazamientos y accesos y, además, como una fuente de información para los sistemas de información geográficos utilizados por las empresas.

El procedimiento de terreno adoptado en este estudio permitió reunir una base de datos estadísticamente confiable y que representa la situación actual de las plantaciones de **Eucalyptus** en poder de las principales empresas forestales del país, la cual en su conjunto, define el rango de aplicación de los modelos desarrollados posteriormente. El resultado final del análisis de esta base de datos permitió conocer la distribución diamétrica de los rodales muestreados, representativos de los bosques de eucalipto mayores a 4 años que crecen en Chile. A partir de él se puede concluir que el mayor porcentaje de los bosques muestreados presenta edades juveniles, con DAP que no sobrepasa los 20 centímetros.

De igual forma, al analizar los rangos de alturas registrados según clase diamétrica, es posible advertir la similitud de alturas observadas entre los rodales provenientes de plantaciones del año 1992 y las del año 1989. Es posible asumir que esto es producto, quizás, de las técnicas de establecimiento y cuidados silvícolas realizados por las empresas en los últimos años, lo que ha originado un fuerte incremento en altura de ellos. Se debe considerar, sin embargo, que en el caso del rodal de 1992, el número de unidades muestreadas fue reducido.

Una vez reunida la base de datos y luego de su depuración, se procedió a aplicar técnicas estadísticas para el ajuste de los modelos requeridos por el estudio, y a la observación de la forma como se dispersaban gráficamente las estimaciones entregadas por los modelos de volumen y ahusamiento ajustados, en relación a los datos originales. Fue posible, entonces, establecer las tendencias de las funciones a utilizar y realizar las posteriores comparaciones de los distintos indicadores de la bondad de los ajustes.

En este proceso se intentó compatibilizar la necesidad de obtener modelos lo más semejantes a la situación real (los modelos que representan sistemas biológicos generalmente son complejos), con la simplicidad en las mediciones de las variables requeridas y los costos involucrados, ya que a mayor número de parámetros a estimar y medir en terreno, mayor es el costo de la información base y su procesamiento.

Aún cuando los datos utilizados en la construcción de estos modelos provienen de rodales jóvenes, es importante contar con herramientas que permitan estimar con cierta precisión los diferentes diámetros a lo largo del fuste del árbol y el volumen a obtener de él.

Actualmente las edades de rotación de las plantaciones de **Eucalyptus** destinadas a la producción de pulpa, varían entre los 10 y 12 años, y al considerar que debido a los programas de mejoramiento genético a que están siendo sometidas estas especies, este rango disminuirá a

edades entre 8 y 10 años, es posible afirmar que los modelos ajustados con esta base de datos serian altamente confiables.

El poder construir modelos de una mayor precisión dependerá de aumentar la base muestral, tanto en edades como en especies, en una cantidad suficiente y con la metodología adecuada para este objetivo.

5 Referencias

- Bahamóndez, C.**,1995. Determinación de funciones de volumen y razón de volumen para eucalipto. INFOR-FONDEF. Documento proyecto Conicyt-Fondef 2/33. 25p
- Draper, N. and Smith, H.**, 1967. Applied regression analysis. John Wiley and Sons Inc., New York. 407 p.
- FAO**, 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol 22/1 y 22/2 Roma. 80 p..
- García, O.**, 1974. Sobre modelos matemáticos de rodal. Informe técnico N°48. INFOR-CORFO. 28 p.
- Husch, B., Miller, C., and Beers, T.**, 1982. Forest mensuration Third edition The Ronald Press Company. New York. 402 p.
- INFOR**, 1991. Eucalyptus, Principios de Silvicultura y Manejo. CORFO-INFOR, Santiago. 197 p.
- Kerruish, C. and Rawlins, W.**, 1991. The young eucalypt report. CSIRO, Australia, 272 p
- Magellan GPS, Field Nav**, 1993. User Guide. Magellan Systems Corporation. U.S.A.
- Pinilla, J. C.**, 1996. Análisis preliminar para la determinación de funciones de ahusamiento en Eucalipto. INFOR-FONDEF. Documento proyecto Conicyt-Fondef 2/33. 33p.

A N E X O S

A N E X O N° 1

DESCRIPCION RODALES MUESTREADOS

ANEXO N°1. DESCRIPCIÓN RODALES MUESTREADOS PROYECTO FONDEF 2/33

REGION	EMPRESA PROPIETARIA	NOMBRE PREDIO	AÑO PLANTACIÓN	COORDENADA UTM		ESPECIE <i>EUCALYPTUS</i>	CODIGO RODAL EN PLANO REGIONAL
				COOR. X	COOR. Y		
8	BOSQUES ARAUCO	CHACAY	90	663,4	5814,9	NITENS	1
8	BOSQUES ARAUCO	CHACAY	89	664,4	5813,0	NITENS	2
8	FOR. ANGOL	BELLAVISTA	91	753,5	5807,8	GLOBULUS	3
8	FOR. ANGOL	SANTA CRISTINA	92	753,8	5804,2	NITENS	4
8	FOR. BIO BIO	CALABOZO	89	793,8	5943,8	GLOBULUS	5
8	FOR. BIO BIO	SAN JUAN DE BULARCO	89	706,0	5945,3	GLOBULUS	6
8	FOR. CHOLGUAN	BELLAVISTA	90	719,7	5951,8	GLOBULUS	7
8	FOR. CHOLGUAN	SAN JORGE DE ZEMITA	90	797,4	5965,9	GLOBULUS	8
8	FOR. MILLALEMU	SAN ISIDRO	90	751,0	5927,5	GLOBULUS	9
8	FOR. MILLALEMU	LLOHUE	87	731,4	5981,0	GLOBULUS	10
8	FOR. MININCO	RAMADILLAS	89	789,4	5844,8	NITENS	11
8	FOR. TIERRA CHILENA	SANTA MARTA	90	657,1	5826,0	GLOBULUS	12
9	FOR. ANGOL	LA ISLA	91	756,6	5777,9	NITENS	1
9	FOR. ANGOL	RUCAÑANCO	90	746,0	5797,5	GLOBULUS	2
9	FOR. MILLALEMU	PORVENIR 5	87	660,0	5707,7	GLOBULUS	3
9	FOR. MILLALEMU	ROBLE HUACHO	86	717,7	5701,6	GLOBULUS	4
9	FOR. MILLALEMU	ZARAGOSA 2	87	672,7	5742,1	GLOBULUS	5
9	INV. FOR. CCA	BAYONA	91	762,9	5726,9	NITENS	6
9	INV. FOR. CCA	BAYONA	90	762,9	5726,9	DELEGATE	7
9	INV. FOR. CCA	BELLAVISTA	90	773,2	5759,7	NITENS	8
10	DOS ALAMOS	VEGAS DE CURALELFU	89	689,0	5586,0	GLOBULUS	1
10	FOR. ANCHILE	CHAMIL A	86	662,0	5573,0	GLOBULUS	2
10	FOR. ANCHILE	COLLIHUINCO	91	624,0	5454,0	NITENS	3
10	FOR. ANCHILE	BELLAVISTA A	88	656,0	5614,0	GLOBULUS	4
10	FOR. ANCHILE	LA PROMESA	86	659,0	5574,0	GLOBULUS	5
10	TORNAGALEONES	PUMILLAHUE	86	692,0	5609,0	NITENS	6
10	TORNAGALEONES	LA FLORIDA	89	658,0	5547,0	GLOBULUS	7
10	TORNAGALEONES	PUTRAIQUE	90	717,0	5580,0	GLOBULUS	8

A N E X O N° 2

**UBICACION A NIVEL REGIONAL DE LOS
RODALES MUESTREADOS**

OCTAVA REGION



OCEANO PACIFICO

REPUBLICA DE ARGENTINA

ESCALA 1:500000

INSTITUTO FORESTAL
DIVISION ORGANIZACION FORESTAL E INVESTIGACIONES

