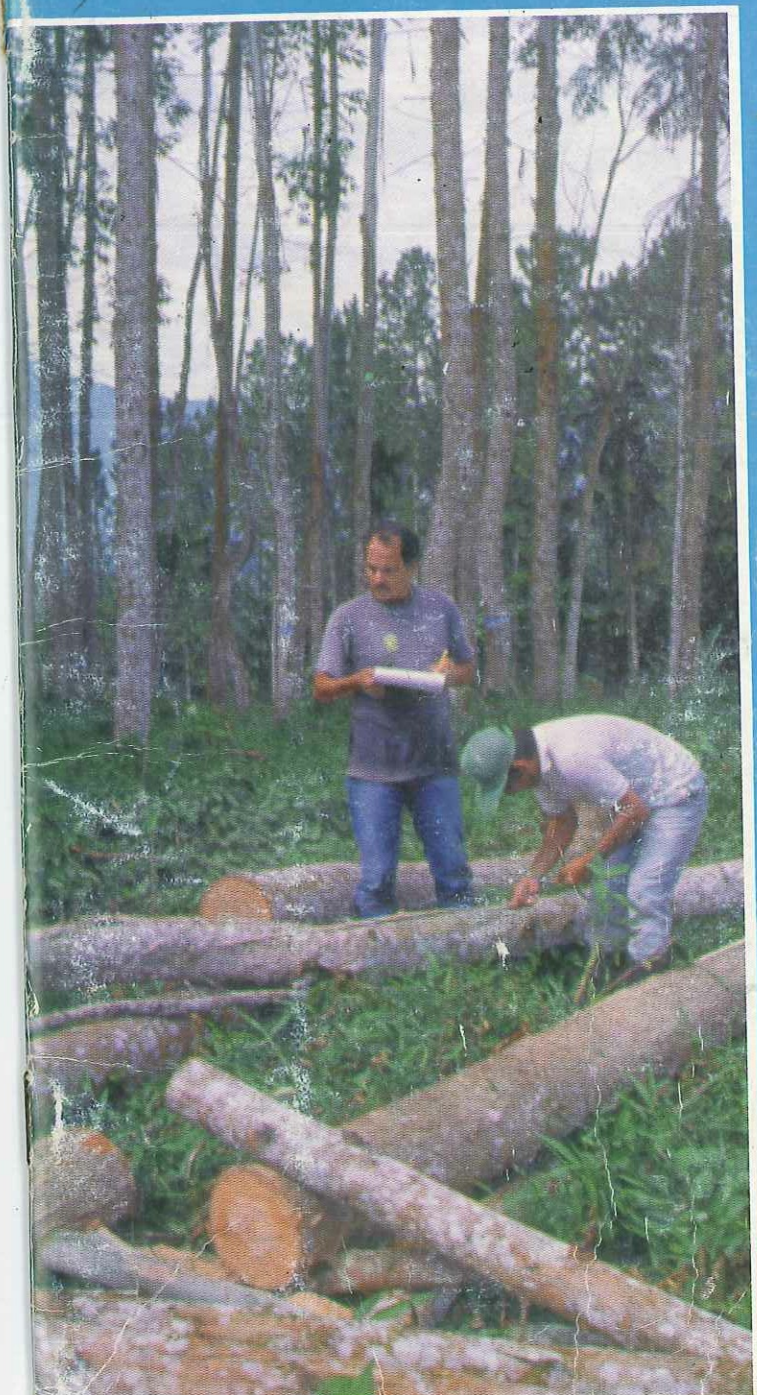
CATIE
ST
IT-263

le volumen y de productos de *yptus grandis* en Costa Rica

William Vásquez
Luis Ugalde



CATIE

SERIE TECNICA
Informe Técnico No. 263

RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

Tablas de volumen y de productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica

William Vásquez C.
Luis A. Ugalde A.

Publicación patrocinada por el Proyecto Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple, Madeleña-3 CATIE/USAID/G-CAP/RENARM y FINNIDA/PROCAFOR/Proyecto 1

Turrialba, Costa Rica 1995

CATIE
CT
IT-263

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y enseñanza de posgrado, en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central, México, Venezuela y del Caribe.

El Proyecto Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple, MADELEÑA-3, es ejecutado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en coordinación con las instituciones forestales nacionales, agrícolas y de educación de América Central y Panamá, con financiamiento de USAID/G-CAP, bajo el Proyecto Manejo Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente, RENARM, No 596-0150 y el Proyecto 1 de PROCAFOR, Capacitación e Investigación Forestal y Agroforestal en América Central, con financiamiento de FINNIDA.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación
y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1995.

ISBN 9977-57-230-5

BIBLIOTECA
91384
Centro Interamericano de Documentación
e Información Agrícola
IICA - CIDIA

634.97342
V335 Vásquez C., William
Tablas de volumen y de productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica / William Vásquez C., Luis A. Ugalde A. –Turrialba, C.R., :CATIE. Proyecto de Diseminación del Cultivo deArboles de Uso Múltiple, 1995.
30 p. ; 23 cm. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no 263)

ISBN 9977-57-230-5

1. *Eucalyptus grandis* - Tablas de cubicación - Costa Rica 2. *Eucalyptus grandis* - Costa Rica 3. Productos forestales - Costa Rica I. Ugalde A., II. CATIE III. Título IV Serie

Presentación

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en colaboración con las instituciones forestales en América Central desarrolla desde 1980, investigación silvicultural con especies de crecimiento rápido y propósito múltiple, con el objetivo de conocer el comportamiento y posibilidades de las mismas en la Región, para incorporarlas en los sistemas de producción en las fincas de los pequeños y medianos agricultores. El Proyecto Disemianción del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA-3), promueve la incorporación de estas especies, dentro de los sistemas de finca de los productores en la región centroamericana. El propósito del Proyecto es aumentar los ingresos y mejorar el bienestar de la familias rurales, así como contribuir en la disminución del deterioro ambiental en América Central y Panamá, mediante un incremento significativo del cultivo de árboles de propósito múltiple, para la utilización en la propia finca y para la venta de productos forestales en los mercados locales.

Eucalyptus grandis es una especie que ha demostrado un gran potencial para las zonas bajas y húmedas del área tropical. Actualmente está siendo plantada por agricultores de Costa Rica, debido a su rápido crecimiento y a su adaptación a una gran variedad de suelos. Para una mejor evaluación de los posibles productos que se obtendrán de las diferentes plantaciones que inician su manejo, se ha elaborado esta tabla de volumen y de productos, cuyo objetivo es brindar a los técnicos una herramienta útil para estimar no sólo los volúmenes de árboles individuales, sino también los productos como postes, que se están obteniendo de esta especie.

El CATIE cumple así con el compromiso institucional de poner al servicio de los países miembros, los conocimientos generados por la investigación, contribuyendo de esta manera, al desarrollo agropecuario acelerado y sostenido de la Región y al mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes de menores recursos. El Proyecto MADELEÑA-3 pone a disposición de los agricultores, técnicos en extensión, técnicos forestales, autoridades del sector y reforestadores, este informe técnico de tablas de volumen y productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica.

Philip Cannon
Líder
Proyecto Madeleña-3

Agradecimiento

Los autores agradecen a los señores Miguel Solano y Gerardo Quirós, funcionarios del Proyecto Madeleña-3, por el trabajo de campo minucioso y cuidadoso que desempeñaron y por la grabación de los datos y la confección de algunos de los cuadros de productos. Agradecen también al Centro Agrícola Cantonal de Turrialba (CACTU), por permitir la toma de los datos y compartir así su experiencia.

Al equipo de Extensión del Proyecto Madeleña-3, por la edición y publicación del documento final.

Contenido

Presentación.....iii

Agradecimiento.....iv

Resumen.....vii

Introducción.....1

Materiales y Métodos.....3
Características de los sitios 3
Material utilizado y variables medidas.....4
Análisis de los datos.....5

Resultados y Discusión.....6
Tabla de volumen.....6
Producción por espaciamiento.....9
Productos por árbol.....10
Utilización de las tablas de volumen y de productos.....12

Conclusiones y Recomendaciones.....14

Bibliografía.....15

Anexos.....17

Tablas de volumen y de productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica

Willian Vásquez C.[1]
Luis A. Ugalde A. [2]

Resumen

Se utilizó información de 167 árboles cosechados de *Eucalyptus grandis*, de los cuales 127 tenían 6,8 años de edad, procedentes de un ensayo de espaciamientos en el CATIE, Turrialba y 40 árboles con aproximadamente 10 años de edad, que procedían de una plantación en Tabacón de la Fortuna de San Carlos, cerca del Embalse de Arenal, Costa Rica. Se ajustaron las ecuaciones y se generaron tablas de volumen de doble entrada, que permiten estimar el volumen total con corteza, hasta 15 cm de diámetro en la parte superior del árbol. Para el volumen total con corteza, el modelo logarítmico y el modelo cuadrático fueron los que presentaron el mejor ajuste, con coeficientes de determinación mayores de 89% para todos los sitios y espaciamientos. Para el volumen con corteza hasta 15 cm de diámetro superior, el mejor modelo para todos los datos juntos de los dos sitio fue el el de volumen en función del diámetro al cuadrado por la altura. Además, se elaboró una tabla de productos por clase diamétrica y otra para cuatro densidades de plantación, para estimar el número y tipo de productos (leña, postes y trozas para aserrío) por árbol y por hectárea, respectivamente.

[1] MSc. Silvicultor, Proyecto Madeleña-3, CATIE
[2] Ph.D. Especialista en Manejo de Información Forestal, Proyecto Madeleña-3, CATIE

INTRODUCCION

Eucalyptus grandis es una especie de la familia Myrtaceae, que se localiza en forma natural en las zonas costeras de Nueva Gales del Sur, Queensland (16-33°C) en el continente australiano. Crece en condiciones de 1000 a 1800 mm de precipitación media anual, en áreas por debajo de los 300 msnm y con temperaturas medias anuales entre 25 y 33°C.

Por su rápido crecimiento, esta especie ha sido plantada en grandes extensiones, en áreas tropicales en el sur de Africa, América del Sur y América Central. En Costa Rica, grandis fue introducido en Turrialba en los años 60, junto con *E. saligna,* donde ha mostrado excelentes crecimientos (Combe y Gewald, 1979) .

Vásquez y Navarro (1993), en un ensayo de espaciamientos sistemáticos tipo Nelder, bajo las condiciones de Turrialba (2600 mm de precipitación media anual, 22 °C de temperatura media anual y con suelos profundos (> 100 cm) clasificados como inceptisols), indican que las densidades iniciales mayores de 2093 árboles/ha, alcanzan el máximo incremento medio anual en área basal (IMA-G) alrededor de los 2,6 años; densidades entre 811 y 1525 árboles/ha , alrededor de los 3,7 años y las densidades menores de 588 árboles/ha, aún a los 6,8 años no han alcanzado el máximo IMA-G. Si el objetivo es la producción de madera para aserrío, los mayores incentivos en diámetro se obtienen alrededor de los 3,7 años, con 1111 árboles/ha (dap = 17,3 cm). Bajo esta densidad el primer raleo debe realizarse alrededor de los tres años para mantener el crecimiento en diámetro.

Ugalde y Vásquez (1994), determinaron en un ensayo de espaciamientos en Turrialba, Costa Rica, que esta especie puede alcanzar hasta 90 m^3/ha/año a los 6,5 años de edad, rendimientos que superan los reportados en América del Sur y Africa del Sur.

Debido a que esta especie esta siendo utilizada con mayor frecuencia en América Central, por su potencial en proyectos de reforestación, y a la falta de tablas de volumen, se hace necesario contar con ecuaciones que permitan al técnico forestal, estimar no sólo el volumen con y sin corteza hasta diferentes diámetros utilizables, sino también estimar los productos posibles de obtener en diferentes espaciamientos y por clase diamétrica.

Este artículo tiene como objetivo dar a conocer los resultados del ajuste de 15 modelos de regresión, para estimar el volumen de árboles de *E.grandis* en dos sitios de Costa Rica, bajo diferentes densidades iniciales de plantación. Además, se presentan los resultados del número de productos, especialmente postes y trozas por espaciamiento y por clase diamétrica.

MATERIALES Y METODOS

Características de los sitios

El material utilizado se cosechó de un ensayo de espaciamientos de 6,8 años de edad ubicado en Florencia Norte, Turrialba, Costa Rica, con semilla procedente de Australia y de una plantación de 10 años de edad, en Tabacón de La Fortuna, San Carlos, Costa Rica, a orillas del embalse de Arenal. La mayoría de este material fue descortezado, secado y tratado para ser utilizado por el Centro Agrícola Cantonal de Turrialba (CACTU) como postes de tendido eléctrico (Figura 1).

Figura 1. Postes para cerca de *Eucalyptus grandis*, en Florencia Norte, Turrialba, Costa Rica.

El sitio en Florencia Norte se caracteriza por tener una altitud de 620 msnm, 2600 mm de precipitación y 22 °C de temperatura media anual, que lo clasifica como bosque muy húmedo Premontano Tropical. La plantación en Tabacón de San Carlos se ubica a una altitud de 700 msnm, con 4500 mm de precipitación y 22 °C de temperatura media anual, que se clasifican en el sistema de Holdridge como bosque pluvial Premontano.

Material utilizado y variables medidas

Se utilizaron dos muestras, la primera, con el propósito de desarrollar las tablas de volumen y la segunda, para clasificar y elaborar tablas de productos por árbol y por espaciamiento.

1. Muestra para elaborar la tabla de volumen

El ensayo en Turrialba consistió de 16 tratamientos (4 espaciamientos por 4 niveles de fertilización), con un diseño de bloques completos al azar, con parcelas divididas y tres repeticiones. El muestreo para la tabla de volumen se hizo seleccionando 127 árboles de los dos primeros bloques, sin considerar los tratamientos y sin incluir los árboles del borde. Lo más importante fue tener al menos un árbol por clase diamétrica de 2 cm de amplitud, para lo cual se midieron todos los diámetros. Aunque la muestra presentó rangos de diámetros de seis a 39 cm y alturas de 10,6 a 39,2 m, para el volumen con corteza hasta 15 cm, fueron incluidos los árboles con dap menores de 15 cm.

En Tabacón, donde el espaciamiento inicial de la plantación fue de 2,5 X 2,5 m y el espaciamiento al momento de la corta fue de 3,6 X 3,6 m, aproximadamente, el criterio de selección de árboles fue el mismo, tratando de muestrear al menos un árbol por cada clase diamétrica de 5 cm de amplitud, dado que en ese sitio hubo que adaptarse a las dimensiones estipuladas por el CACTU. Aquí el rango de los diámetros varió de 23,9 hasta 39,5 cm y la altura de 28,3 a 37,5 m. El Cuadro 1 muestra la distribución por clase diamétrica de la muestra utilizada.

A cada árbol cortado se le midió la longitud total, y se marcaron secciones cada décimo de ésta. En cada décimo de la longitud total se tomaron datos de diámetro con corteza, diámetro sin corteza y la longitud. La primera sección fue dividida en dos partes para mayor precisión.

2. Muestreo para las tablas de productos

Para confeccionar la tabla de productos por espaciamiento se midieron todos los árboles vivos de las 16 parcelas del bloque I, cuatro repeticiones por espaciamiento. En total se cosecharon 167 árboles y los productos obtenidos fueron de cuatro tipos: a) **Postes para construcción:** con longitudes desde 2,1 hasta 8,0 m y diámetros de 5,0 a 17,5 cm en el lado más delgado; b) **Postes para tendido eléctrico:** con longitudes de 11,2 y 12,7 m y diámetros basales mínimos de 25 y 26 cm, y en la parte superior (cúspide) de 14 cm como mínimo, respectivamente. En Tabacón también se obtubieron postes de 14,2 , 15,9, y 18,6 m de largo, generalmente de árboles dominantes y codominantes; c) **Trozas para aserrío:** de 2,5 a 3,5 m de longitud con más de 26 cm de diámetro en la parte más delgada y d) **Leña** : mayor de 5 cm de diámetro y de un metro de longitud.

Cuadro 1.Distribución de frecuencias de 167 árboles de *Eucalyptus grandis* talados en dos sitios de Costa Rica, utilizados para elaborar la tabla de volumen.

	Punto medio de clases de dap (cm)																		
Sitios	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	Total
Turrialba	4	9	14	13	20	13	19	14	18	9	13	7	6	4	-	-	-	-	127
Tabacón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	6	5	6	5	8	3	2	40
Total	4	9	14	13	20	13	19	14	18	10	17	13	11	10	5	8	3	2	167

Análisis de los datos

1. Tabla de volumen

En el análisis de los datos para la tabla de volumen se utilizaron los programas VOLCAL y VOLREG del Paquete Estadístico Palmer (PSP). El VOLCAL calcula los volúmenes de cada árbol, utilizando la fórmula de Smalian y la fórmula del cono para las puntas, obteniendo promedios de dap, altura y volumen, así como gráficos de dap contra altura, volumen contra dap y contra altura. Adicionalmente se estimaron los factores de forma para cada árbol, para ver posibles efectos del espaciamiento sobre este parámetro. Utilizando los volúmenes desarrollados por el programa anterior, con el VOLREG se probaron 15 modelos de regresión, estimando los análisis de varianza, análisis de residuales y otros índices de ajuste para cada modelo.

La selección de los mejores modelos se realizó con base en la prueba de F para el modelo, pruebas de t para los coeficientes, estimación del índice de Furnival y coeficiente de determinación. Este análisis se realizó para siete grupos de datos a saber: a) Todos los datos juntos, c) los datos de Turrialba sin distinguir espaciamiento, d) los datos de Tabacón y e) para cada uno de los cuatro espaciamientos en Turrialba.

2. Tabla de productos por espaciamiento y por árbol

Para la tabla de productos por espaciamiento, se hizo un análisis cuantitativo del número de productos por espaciamiento, utilizando promedios y frecuencias. Para la tabla de productos por árbol, se seleccionaron al menos cinco árboles por cada clase diamétrica y se sacó un promedio, de acuerdo con los productos más comunes que se obtenían de estos árboles en cada clase diamétrica. Para esta tabla se utilizaron únicamente los árboles cosechados en Turrialba. Para los de Tabacón se sacó la frecuencia del tipo de poste y trozas por clase diamétrica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla de volumen

El Cuadro 2 muestra el resumen de los valores promedio para las variables medidas y estimadas por tratamiento, para los 167 árboles cosechados en los dos sitios, Turrialba y Tabacón.

De cada espaciamiento en Turrialba se seleccionaron 32 árboles y 40 de Tabacón. Los árboles de Turrialba presentaron diámetros entre 19 y 20,4 cm y alturas de 26,6 a 29 m, esto es relaciones altura/diámetro de 145 a 168, es decir, eran árboles muy delgados para la altura que tenían. En Tabacón los árboles eran menos altos (33,7 m en promedio) para el dap que presentaban (31,4 cm), por lo que mostraron una relación altura/diámetro menor (108).

Con respecto al volumen promedio de cada árbol, en el grupo de Turrialba el rango para Vtcc varió desde 0,014 m^3 hasta 1,51 m^3 por árbol, presentando los promedios que muestra el Cuadro 2. La muestra de Tabacón mostró volúmenes que variaron de 0,56 hasta 1,82 m^3, con un promedio de 1,18 m^3 por árbol.

El factor de forma del Vtcc para árboles individuales de Turrialba, varió desde 0,28 a 0,52, con un promedio por espaciamiento de 0,41 a 0,43. Mientras que en Tabacón, los árboles mostraron valores en el factor de forma que variaron de 0,33 a 0,53 con un promedio de 0,44.

Cuadro 2. Valores dasométricos promedio para 167 árboles seleccionados de *Eucalyptus grandis*, bajo dos condiciones de sitio en Costa Rica.

Sitio	Espacio (m x m)	N (#)	dap (cm)	alt (m)	Vtcc (m3)	Vtsc (m3)	ff	Corteza (%)
Turrialba	2 x 1	32	19,0	26,7	0,461	0,427	0,433	7,9
	2 x 2	32	17,0	26,6	0,334	0,311	0,418	8,1
	2 x 3	31	20,3	29,0	0,494	0,461	0,417	7,4
	2 x 4	32	20,4	28,5	0,497	0,461	0,421	7,1
Tabacón	2,5 x 2,5	40	31,4	33,7	1,181	1,095	0,445	7,4

Espacio = Espaciamiento inicial
N = Tamaño de la muestra
dap = Diámetro en cm
alt = Altura total en m
Vtcc = Volumen total con corteza
Vtsc = Volumen total sin corteza
ff = Factor de forma para Vtcc

Esta especie presenta porcentajes de corteza muy bajos, que oscilan entre 4 y 14 % del volumen total, en ambos sitios. Un análisis gráfico del porcentaje de corteza contra el diámetro para todos los datos de los dos sitios juntos, indica que existe una relación logarítmica inversa, de tal forma que árboles con menos de 15 cm de diámetro pueden presentar hasta 14 % de corteza, mientras que para árboles con más de 25 cm de diámetro el porcentaje de corteza disminuye hasta un 4 % (Figura 2).

El Anexo 1 contiene los valores de F, los coeficientes de determinación, los cuadrados medios de error, el índice de Furnival y las pruebas de t de los coeficientes, para los mejores modelos en tres grupos de datos y dos tipos de volumen. Según estos datos, para el volumen total con corteza el modelo logarítmico (Anexo 1, No. 8) fue el mejor. Para el volumen con corteza hasta 15 cm de diámetro menor, el mejor modelo resultó ser el modelo cuadrático (Anexo 1, No 4). En ambos casos, estos modelos presentaron los mayores coeficientes de determinación y los menores índices de Furnival.

El Cuadro 3 muestra los valores de los coeficientes del modelo logarítmico para volumen total con corteza, de cada sitio y espaciamiento y para todos los datos juntos, incluyendo el modelo cuadrático para el volumen con corteza hasta 15 cm de diámetro para todos los datos juntos.

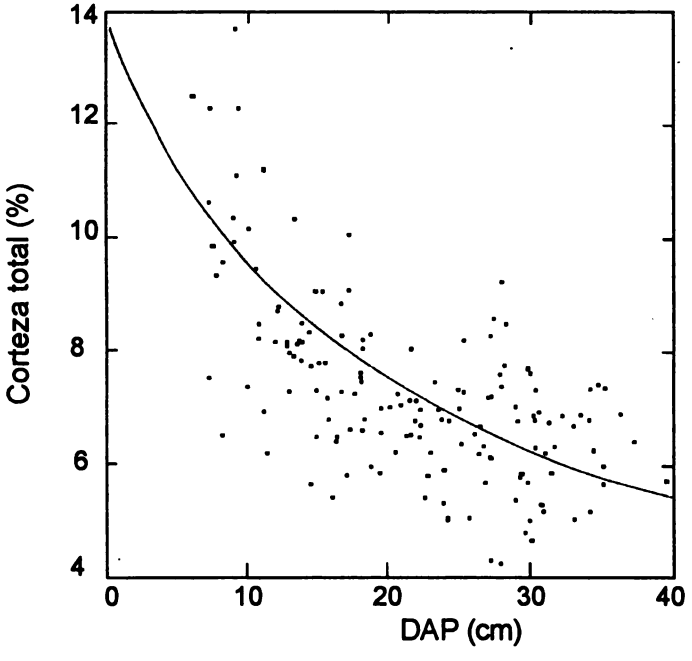


Figura 2. Relación del porcentaje de corteza y dap para árboles de *Eucalyptus grandis* en dos sitios de Costa Rica.

Cuadro 3. Valores de los parámetros del modelo logarítmico y modelo cuadrático, seleccionados para la estimación de volúmenes de *Eucalyptus grandis* en dos sitios de Costa Rica.

Fuente/sitio	Volumen	Muestra (II)	a	b	c	R2
Todos	Vtcc	167	-10,5384	1,9859	1,0820	99,1
Todos	Vcc 15	136	-0,165313	36043×10^{-5}	-	-
Turrialba	Vtcc	127	-10,5923	1,8855	1,1836	99,0
2 x 1	Vtcc	32	-10,1651	0,8319	0,8319	99,5
2 x 2	Vtcc	32	-10,9143	1,5270	1,5270	99,2
2 x 3	Vtcc	31	-10,9600	1,3617	1,3617	99,1
2 x 4	Vtcc	32	-10,9543	1,4997	1,4997	98,3
Tabacón	Vtcc	40	-9,9225	1,1741	1,1741	89,8

Modelos: $Ln(Vtcc) = a + b\ Ln(dap) + c\ Ln(altot)$

$Vcc15 = a + b\ (dap^{-2} \times altot)$

Tanto el modelo como los coeficientes, son significativos al 99 % de probabilidad (Anexo 1)

Vtcc = Volumen Total con corteza
Vcc15 = Volumen con corteza hasta 15 cm de diámetro superior
dap = Diámetro a 1,3 m
altot = Altura total en m
Ln = Logaritmo natural base e
a, b, c = Coeficientes del modelo

La Figura 3 muestra la trayectoria del volumen total con corteza, en función del diámetro para tres grupos de datos. Según este gráfico, hasta 35 cm, el modelo logarítmico estima en forma similar, para todos los datos juntos, los volúmenes para Turrialba y para Tabacón. Después de este diámetro, el modelo sobreestima el volumen de los árboles de Tabacón, debido a los mayores diámetros que presentaron (Cuadro 1).

A excepción de este aspecto, se puede recomendar la utilización de los modelos generados para todos los datos juntos, tanto para volumen total como para volumen hasta 15 cm.

El técnico forestal puede utilizar las tablas que se muestran en el Anexo 2, para estimar el volumen total con corteza y el volumen comercial con corteza hasta 15 cm de diámetro superior.

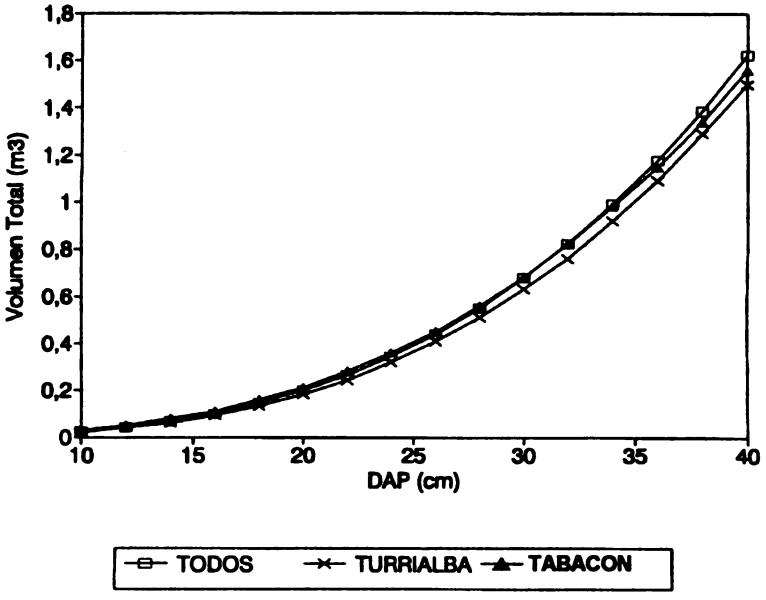


Figura 3. Desarrollo del volumen total con corteza para *Eucalyptus grandis*, utilizando el modelo logarítmico para tres grupos de datos en Costa Rica.

Producción por espaciamiento

El Cuadro 4 muestra la tabla del total de productos para 16 parcelas cosechadas y agrupadas en cuatro espaciamientos. En este cuadro se pueden observar algunas tendencias en cuanto a la cantidad, tamaño y tipo de productos que se pueden obtener por hectárea.

Cuadro 4. Resumen de productos y volúmenes de *Eucalyptus grandis*, bajo cuatro densidades de plantación en Turrialba, Costa Rica.

Tratam.	Postes construc.*		Postes tendidos*		Trozas aserrío*		Leña	Vol**	Vol.apr.
(m)	No	Vol (m3)	No	Vol (m3)	No	Vol (m3)	No	Total (m3)	(%)
2 x 1	7656	246	78	30,3	1015	119,70	18226	396,0	61
2 x 2	5312	213	156	60,8	469	95,65	17734	369,4	91
2 x 3	3906	167	130	50,6	651	70,35	9140	287,9	74
2 x 4	3866	168	278	108,0	139	26,96	7890	303,0	80

Vol. = volumen en m^3/ha; No. = número; Vol. Apr. = volumen aprovechable en %
* = Ver dimensiones en página 5
** = Fuente Ugalde y Vásquez (1994)

Antes de analizar estos datos, debe aclararse que el objetivo del CACTU era maximizar el número de postes de tendido eléctrico, debido a su mayor valor. Además, aunque los espaciamientos menores (2 x 1m) produjeron más trozas, éstas fueron de menor tamaño y de menor valor.

En términos generales, los espaciamientos con más de 2500 árboles por hectárea tienden a producir un mayor número de postes de construcción (213 a 246 m^3/ha), debido a la fuerte competencia y a lo delgado de los árboles. En los tratamientos de 1666 y 1250 árboles/ha se tiende a producir más postes de tendido eléctrico (50 a 108 m^3/ha), debido a que son espaciamientos que brindan un mayor crecimiento en diámetro. En cuanto a trozas para aserrío, es evidente que los espaciamientos más estrechos produjeron un número mayor, lo que se explica debido a que los árboles en estos espaciamientos más estrechos mostraron mayor sinuosidad en la parte superior, no permitiendo ser utilizados para postes de tendido eléctrico; sin embargo, sí se pudo utilizar la parte inferior como trozas de aserrío pero de un tamaño promedio muy pequeño (0,11 m^3/troza). Comparando estos datos con la producción de volumen total reportada por Ugalde y Vásquez (1994), para este mismo ensayo (Columna 9 del Cuadro 4), se encontró que el porcentaje de aprovechamiento del volumen total varió de 61% en el espaciamiento de 2 x 1 m, hasta 91 % en el tratamiento de 2 x 2 m. Si sólo se considera madera para aserrío y postes de tendido eléctrico que requieren de mayor diámetro, se observa una tendencia de mayor volumen comercial a mayor espaciamiento, variando de 23% a un distanciamiento de 2 x 1 m, hasta 45% en el tratamiento 2 x 4 m.*

Aunque se observa una producción mayor de volumen total en los espaciamientos con más de 2500 árboles/ha, hay un volumen comercial mayor para diámetros mayores en los espaciamientos de 1666 y 1250 árboles/ha. Para una recomendación final, es necesario un análisis financiero que recomiende el espaciamiento más rentable, de acuerdo con la disponibilidad de mercado y tipo de productos deseados. Este análisis financiero deberá considerar la diferencia del costo de establecer 5000 ó 1250 árboles, por el valor de los productos obtenidos en cada espaciamiento.

Productos por árbol

El Cuadro 5 muestra el promedio de productos que es posible obtener de árboles de *E. grandis* con diferente diámetro. En este Cuadro se nota que árboles con diámetros de 6 a 14 cm sólo producen postes de 2 m de largo. Para árboles de 16 hasta 24 cm de diámetro, es posible obtener postes de construcción de las categorías 3-4 hasta 7-8, especialmente en largos de 8, 6 y 4 metros. En cuanto a postes de tendido eléctrico, cuyo diámetro mínimo es de más de 25 cm, se pueden obtener de árboles con más de 26 cm de dap. A partir de esta clase diamétrica, es posible obtener madera para aserrío, si los fustes son rectos sólo en la parte basal, o postes de tendido eléctrico, si los fustes son rectos en toda su longitud.

* Debido a lo pequeño de las parcelas se pudo incurrir en sobreestimar por efecto de borde.

Cuadro 5. Número y tipo de productos de *Eucalyptus grandis* en Turrialba, Costa Rica.

Clase dap (cm)	Trozas 2,5 m	Poste tendido*		Clase (cm)	Poste construcción (m)				Leños (1m de largo)
		11,2	12,7	θ	2	4	6	8	(1)
4 - 6				-	-				6
6 - 8				6,3	2				9
8 - 10				6,3	2				8
10 - 12				8,9	1				6
12 - 14				6,3	2				
				8,9	2				5
14 - 16				8,9	2	-			
				11,4		1			
				14,0		1			6
16 - 18				16,5			1		
				14,0			1		5
18 - 20				16,5			1		
				14,0		-	1		
				11,4		1			
				8,9	1				6
20 - 22				19,0				1	
				14,0				1	
				14,0					
				11,4	1				
				8,9	1				8
22 - 24				19,0				1	
				16,5		-	1		
				14,0		1			
				11,4	1				8
24 - 26	1			19,0		1	1		
				16,5		-	1		
				11,4		1			8
26 - 28			1	19,0		-		1	
				14,0	-	1			
				8,9	1				7
28 - 30			1	16,5		1	1		
				14,0					10
30 - 32	1	1		19,0			1		
				14,0		1			

* Ver dimensión de productos en página 5. θ= Diámetro del poste en la parte más delgada en cm. En el CACTU estos postes se comercializan en pulgadas, de tal forma que diámetros de 2 a 3 pulgadas corresponden en este cuadro a 6,3 cm y así sucesivamente (1 pulgada = 2,54 cm).

Para árboles con diámetros mayores de 30 cm, el Cuadro 6 muestra la distribución de frecuencias de los 40 árboles cosechados en Tabacón.

Cuadro 6.Distribución de postes de tendido eléctrico y trozas para aserrío de los 40 árboles de *Eucalyptus grandis* cosechados en Tabacón, San Carlos, Costa Rica.

Clase dap	n	Postes tendido (m)					Trozas aserrío
(cm)	(#)	11,2	12,7	14,2	15,9	18,6	(2 a 4 m)
22 - 24	1	1					
24 - 26	4	4	-	-	-	-	-
26 - 28	6	6	-	-	-	-	1
28 - 30	5	4	1	-	-	-	1
30 - 32	6	3	3	-	-	-	1
32 - 34	5	2	-	3	-	-	3
34 - 36	8	2	2	2	1	2	2
36 - 38	3			1	1	1	3
38 - 40	2			1	1		1
Totales	40	22	6	6	3	3	12

En este cuadro se muestra el tipo de producto que es posible obtener de árboles dominantes y codominantes de 24 a 40 cm de diámetro. En resumen se observa que el 55 % produjo postes de 11,2 m, un 15 % dio postes de 12,7, 15 % postes de 14,2, un 7,5 % postes de 15,9 y 7,5 % postes de 18,6 m. Además, estos árboles produjeron un total de 12 trozas para aserrío, entre 24 y 38 cm de diámetro y de 2 a 4 m de largo.

El técnico forestal deberá conocer la demanda de productos y el precio por metro cúbico, para decidir cuál es el producto más rentable según el precio y la demanda. Para esto hace falta un estudio de mercado de esta especie, que hasta la fecha es poco conocida.

Utilización de las tablas de volumen y de productos

1. Tabla de volumen y modelos

En el caso de que un técnico o un extensionista requieran analizar el crecimiento de una plantación de *E. grandis*, puede establecer una o varias parcelas en la plantación. Una vez medidos los árboles individuales de la parcela, puede estimarse el volumen de varias formas, dependiendo de la precisión que se desee:

a.) A nivel de árbol individual

Con el dap y la altura total de cada árbol, se puede estimar el volumen total con corteza o el volumen comercial para un diámetro mínimo de 15 cm, utilizando directamente el modelo o la tabla. Por ejemplo, para un árbol con dap=24 cm y una altura de 20 m, la tabla del Anexo 2, estima un volumen de 0,37 m^3. Utilizando el modelo en el mismo cuadro, se tiene:

Ln (VTcc)= -10,5384 + 1,9859 x Ln (24) + 1,0820 x Ln (20). Este modelo estima un volumen igual 0,37 m^3.

b.) A nivel de promedio por parcela

Teniendo el dap y la altura de cada árbol se pueden calcular los promedios de dap y altura por parcela, sumando todos los diámetros y dividiendo entre el número de diámetros medidos, en igual forma para la altura. Utilizando el dap pormedio y la altura promedio se puede estimar, de la misma manera que en el punto a), con la tabla o con el modelo, el volumen correspondiente al árbol promedio de la parcela. Para calcular el volumen por parcela debe multiplicarse este valor por el número de árboles que tiene la parcela.

En el caso de que se desee estimar el volumen por hectárea, debe considerarse la supervivencia. Supóngase que el volumen estimado del árbol promedio por parcela fue, como en el caso anterior, de 0,370 m^3, la supervivencia es de 70% y que originalmente se plantaron los árboles a un espaciamiento de 3 x 3 metros (1111árb./ha). El cálculo es: 1111 x 0,70 = 778 x 0,370 = 287,75 m^3/ ha. Esta estimación es menos precisa que la utilizada en el punto a).

2. Tabla de productos por árbol

El Cuadro 5 sirve también para estimar el número promedio de productos que pueden obtenerse de árboles de *E. Grandis*, dentro de los diámetros considerados en este cuadro, es decir, entre 4 y 32 cm. Para un árbol con dap promedio de 23 cm los pasos a seguir son los siguientes:

a) Ubicarse en la clase diamétrica correspondiente a 23 cm. En el Cuadro 5 esta clase sería de 22 a 24 cm.

b) Anotar el número posible de productos a obtener para este árbol. Con los datos de ese cuadro se puede estimar que del árbol es posible obtener un poste, para construcción o para cerca, de 19 cm de diámetro y 8 m de largo, otro de 16,5 cm de diámetro y 6 m de largo, uno de 14 cm de diámetro y 4 m de largo, otro poste de 11,4 cm de diámetro y 2 m de largo y 8 trozos de leña de 1 m de largo.

Al igual que en el ejemplo anterior, con estos datos es posible obtener el número promedio de productos por hectárea, si se cuenta con información de una o varias parcelas en la plantación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La muestra de los datos para diámetro y altura varió desde 6 hasta 39,5 cm y de 10,6 hasta 39,2 metros, respectivamente. El volumen total con corteza para los árboles considerados, tuvo una variación de 0,014 hasta 1,82 m^3.

En Turrialba, a los 6,8 años de edad, bajo estas condiciones de sitio, no se observó tendencia alguna del espaciamiento sobre el factor de forma de los árboles, el cual varió desde 0,42 hasta 0,43. En Tabacón, a los 10 años, los árboles más gruesos pero de menor altura relativa mostraron un factor de forma de 0,44.

E. grandis presenta porcentajes promedio de corteza total de 7 a 8 %. Este porcentaje de corteza es menor en árboles gruesos que en árboles delgados, el cual varía de 5 hasta 15 %.

Para el volumen total con corteza, el modelo que dio el ajuste mejor fue el modelo logarítmico del volumen total en función del logaritmo del diámetro y del logaritmo de la altura. Para el volumen con corteza hasta 15 cm, el modelo cuadrático mostró un ajuste mejor. Para *E. grandis* en Costa Rica, se recomienda utilizar estos dos modelos (Cuadro 3).

Las densidades iniciales mayores de 2500 árboles/ha producen más postes para construcción rústica y más trozas de aserrío que las densidades de 1666 y 1250 árboles/ha. A los 6,8 años de edad se pueden producir entre 278 y 78 postes de tendido eléctrico por hectárea, utilizando densidades de 1250 y 5000 árboles /ha, respectivamente.

Se recomienda realizar un análisis financiero en cada uno de estos espacimientos, para estimar, bajo las condiciones de los mercados imperantes en la zona, cuál es el espaciamiento más rentable.

Utilizando el Cuadro 5, el técnico o extensionista forestal podrá cuantificar el número aproximado de productos por obtener para esta especie con diámetros entre 5 y 31 cm.

BIBLIOGRAFIA

COMBE, J.; GEWALD, N. J. 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, C. R. 378 p.

VASQUEZ, W.; NAVARRO, C. M. 1993. Ensayo de espaciamiento en arreglo sistemático Nelder para *Pinus cariabea* var. *hondurensis* B& G y *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, en Turrialba, Costa Rica. Silvoenergía (C. R.) No. 52:1-4.

UGALDE, L.A.; VASQUEZ, W. 1994. Resultados de los ensayos forestales de espaciamiento del Proyecto Madeleña en América Central. In Resúmenes de la Semana Científica celebrada en el CATIE del 8 al 10 de diciembre de 1993. Volumen 2: 61 - 67.

ANEXOS

Anexo 1. Resumen de las pruebas de los cuatro mejores modelos para estimar volumen total con corteza y hasta 15 cm para *Eucalyptus grandis* en Costa Rica.

No.	Trat.	F.	Sig.	Adj R2	RMS y	IF	T1	Sig.	T2	Sig.
1	2 x 1	631,3419	***	0,9531	9,186E-02	9,18E-02	25,127	***		***
4		2570,07	***	0,9881	4,63E-02	4,63E-02	50,696	***		***
7		2818,14	***	0,9891	3,32E-02	3,32E-02	53,086	***		***
8		3418,05	***	0,9955	2,13E-02	2,13E-02	21,614	***	6,58	***
1	2 x 2	364,59	***	0,9214	7,99E-02	7,99E-02	19,094	***		
4		2424,27	***	0,9874	3,20E-02	3,20E-02	49,237	***		
7		1569,62	***	0,9806	1,570E-01	3,27E-02	39,618	***		
8		2032,71	***	0,9924	9,817E-02	2,046E-02	9,444	***	6,913	***
1	2 x 3	298,37	***	0,9884	1,072E-01	1,072E-01	17,274	***		
4		1093,94	***	0,9733	5,78E-02	5,789E-02	33,075	***		
7		1342,51	***	0,9781	1,625E-01	5,37E-02	36,640	***		
8		1699,86	***	0,9912	1,028E-01	3,398E-02	11,057	***	6,669	***
1	2 x 4	286,0717	***	0,9019	1,222E-01	1,222E-01	16,914	***		
4		660,4025	***	0,9551	8,271E-02	8,2713E-02	25,698	***		
7		910,4926	***	0,9670	1,8911E-01	6,292E-02	30,174	***		
8		920,5245	***	0,9834	1,3411E-01	4,462E-02	8,099	***	5,536	***
1	Tabacón	207,5790	***	0,8412	1,250E-01	1,250E-01	14,408	***		
3		195,0702	***	0,8327	1,283E-01	1,283E-01	13,967	***		
4		298,8541	***	0,8842	1,067E-01	1,067E-01	17,287	***		
7		205,0025	***	0,8395	1,13E-01	1,288E-01	14,318	***		
8		172,7162	***	0,8980	9,018E-02	1,0261E-01	13,860	***	4,775	***
1	Turrialba	1480,79	***	0,9215	1,0337E-01	1,0337E-01	38,481	***		
4		5007,93	***	0,9755	5,7815E-02	5,7815E-02	70,767	***		
7			***	0,9801	1,5975E-02	4,4253E-02	78,691	***		
8			***	0,9901	1,0895E-01	3,0179E-02	24,927	***	12,032	***
1	Todos	2455,35	***	0,9366	1,195E-01	1,195E-01	49,55	***		
4	Vtcc	6508,4443	***	0,9751	7,4912E-02	7,4912E-02	680,675	***		
7		8404,32	***	0,9806	1,6207E-01	6,298E-02	91,675	***		
8		9670,85	***	0,9915	1,0742E-01	4,174E-02	39,47	***	14,546	***
1	Todos	2447,8113	***	0,9477	1,0696E-01	1,0696E-01	49,475	***		
4	Vtcc IS	3378,7113	***	0,9616	9,1701E-02	9,1701E-02	58,127	***		
7		534,6996	***	0,7981	7,3116E-01	2,4354E-01	23,124	***		
8		381,7541	***	0,8494	6,3147E-01	2,1033E-01	9,961	***	6,830	***

1: $VT_{cc} = a + b\,D$

4: $VT_{cc} = a + b\,D^2\,H$

7: $\ln V\,T_{cc} = a + b\,\ln D$

8: $\ln VT_{cc} = a + b\,\ln D + \ln H$

Sig: Nivel de significancia ($P < 0{,}001$)

F: Prueba de F

Adj, R^2: Coeficiente de determinación ajustado

RMS "y" : Raíz cuadrada del cuadro medio residual

IF: Indice de Furnival

Ti: Prueba de T para los coeficientes ($P < 0{,}001$)

Anexo 2. Tabla de volumen total (m^3) con corteza para *Eucalyptus grandis* en Costa Rica.

dap	ALTURA TOTAL															
(cm)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
10	0,03	0,04	0,04													
12	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14		0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16		0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	-	-	-	-	-	-	-
18		0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	-	-	-	-	-
20		0,15	0,18	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,43	-	-	-	-
22			0,21	0,25	0,28	0,31	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	-	-
24			0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,75	0,79
26			0,30	0,34	0,39	0,44	0,48	0,53	0,58	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93
28				0,40	0,45	0,51	0,56	0,62	0,67	0,73	0,79	0,84	0,90	0,96	1,02	1,07
30				0,46	0,52	0,58	0,64	0,71	0,77	0,84	0,90	0,97	1,03	1,10	1,16	1,23
32					0,59	0,66	0,73	0,80	0,88	0,95	1,02	1,10	1,17	1,25	1,32	1,40
34					0,66	0,75	0,83	0,91	0,99	1,07	1,16	1,24	1,32	1,41	1,49	1,58
36						0,83	0,93	1,02	1,11	1,20	1,29	1,39	1,48	1,58	1,67	1,77
38							1,03	1,13	1,23	1,34	1,44	1,55	1,65	1,76	1,86	1,97
40							1,14	1,25	1,37	1,48	1,60	1,71	1,83	1,94	2,06	2,18

Modelo utilizado: $\ln(VTcc) = a + b \ln(d) + c \ln(h)$

donde:

a = -10,5384 ln = logaritmo natural

b = 1,9859 d = dap en cm (6 a 39,5 cm)

c = 1,0820 h = altura total en m (10 a 39,2m)

Anexo 3. Tabla de volumen con corteza hasta 15 cm de diámetro superior para *Eucalyptus grandis* en Costa Rica.

	ALTURA TOTAL													
DAP	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
15														
17	-	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	-	-	-	-	-	-	-
19	0,03	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	-	-	-	-	-
21	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	-	-
23	0,12	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	-	-
25	0,17	0,22	0,26	0,31	0,35	0,40	0,44	0,49	0,53	0,58	0,62	0,67	0,71	0,76
27		0,28	0,33	0,39	0,44	0,49	0,54	0,60	0,65	0,70	0,75	0,81	0,86	0,91
29		0,35	0,41	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71	0,77	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08
31			0,49	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	0,91	0,98	1,05	1,12	1,19	1,25
33			0,58	0,66	0,74	0,82	0,89	0,97	1,05	1,13	1,21	1,29	1,37	1,44
35				0,76	0,85	0,94	1,03	1,12	1,20	1,29	1,38	1,47	1,56	1,64
37				0,87	0,97	1,07	1,17	1,36	1,36	1,46	1,56	1,66	1,76	1,86
39					1,10	1,21	1,31	1,53	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08
41						1,35	1,47	1,71	1,71	1,83	1,96	2,08	2,20	2,32

Modelo utilizado: $VTcc15 = a + b\,(d^2h)$

donde:

a = -0,165313

b = 0,0000338579

d = dap en cm (15 a 40 cm) h = altura total en m (15 a 39,5 m)

Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola
IICA - CIDIA
BIBLIOTECA

PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA-3*

JEFATURA

Philip Cannon, Ph.D.	Líder Regional
Douglas Asch, Sr.	Asistente Administrativo
Glenn Galloway, Ph.D.	ATP, Proyecto1/PROCAFOR

SILVICULTURA

William Vásquez,M.Sc.	Silvicultor
Luis Ugalde, Ph.D.	Manejo de Información

SOCIOECONOMIA

Manuel Gómez, M.Sc.	Economista

EXTENSION

Carlos Rivas, M.Sc.	Extensionista Principal
Ana Loaiza, Bch.	Diseñadora Gráfica
Elí Rodríguez, Bch.	Editor

Personal técnico en los países de la Región

GUATEMALA
Rolando Zanotti, Ing.
Coordinador Nacional

HONDURAS
Mario Vallejo, Lic.
Coordinador Nacional

EL SALVADOR
Modesto Juárez, M.Sc.
Coordinador Nacional

NICARAGUA

Augusto Otárola, M.Sc.	Coordinador Nacional

COSTA RICA

Fabián Salas, Lic.	Coordinador Nacional

PANAMA

Blás Morán, Ing.	Coordinador Nacional

* Madeleña-3 es un proyecto de investigación, capacitación y diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central. Es financiado por la misión USAID/G-CAP/RENARM y FINNIDA/PROCAFOR/Proyecto 1 y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica,COHDEFOR de Honduras, CENTA y CENREN de El Salvador, DIGEBOS de Guatemala y MARENA de Nicaragua con la coordinación regional del CATIE.

Publicación patrocinada por el Proyecto Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple, Madeleña-3/CATIE/USAID/G-CAP/RENARM y FINNIDA/PROCAFOR/Proyecto 1.

Responsable: Carlos Rivas A.
Digitación: Mavis Rojas D.
Edición: Elí Rodríguez A.
Diagramación y diseño: Ana Loaiza Madriz.

Edición de 1000 ejemplares

DATE DUE

06 ENE 1997

10 ENE 1997

27 ENE 1997

10 FEB 1997

25 FEB 1997

[redacted]

[redacted]

[redacted]

20 DIC 2000

[redacted]

DE

91384

CATIE
ST
IT-263 VASQUEZ C, W.

AUTHOR Tablas de volumen y de...

TITLE

DATE DUE	BORROWER'S NAME
06 ENE 1997	J. Oviedo
10 ENE 1997	J. Oviedo
27 ENE 1997	J. Oviedo
10 FEB 1997	J. Oviedo
25 FEB 1997	J. Oviedo
10 MAR 1997	J. Oviedo

91384

DATE DUE
06 ENE 1997
10 ENE 1997
27 ENE 1997
10 FEB 1997
25 FEB 1997
[illegible]
[illegible]
[illegible]
20 DIC 2000
[illegible]
03 DE[illegible]

91384

CATIE
ST
IT-263 VASQUEZ C, W.

AUTHOR Tablas de volumen y de...

TITLE

DATE DUE	BORROWER'S NAME
06 ENE 1997	
10 ENE 1997	
27 ENE 1997	
10 FEB 1997	
25 FEB 1997	
10 MAR 1997	

91384

Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple
CATIE • MADELEÑA 3