

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO DE LA FORMA DE Gmelina arborea (Roxb).
ANALISIS DE LAS PLANTACIONES DE MANILA, SIQUIRRES

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION
DEL PROGRAMA CONJUNTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO EN
CIENCIAS AGRICOLAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA Y EL CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAGISTER SCIENTIAE

POR

FRANCISCO F. LEGA ROUNDA

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
TURRIALBA, COSTA RICA
1988

DEDICATORIA

A MI MADRE ERASMIA

A MI ESPOSA ENID

A MI FAMILIA

AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta su firme gratitud a:

Ronnie de Camino V., Ph.D., profesor consejero y excelente pedagogo, por su consideración y estímulo para lograr la conclusión del presente trabajo.

David Boshier, M.Sc.; Jan Bauer, M.Sc. y Donald Kass, Ph.D., miembros del Comité y del Tribunal de Tesis, por su constante disposición de apoyo e interés en la revisión del borrador de este trabajo.

Gerardo Budowski, Ph.D., por su interés y ayuda en el perfeccionamiento académico del autor.

John R. Palmer, M.A. y Bufford Briscoe, Ph.D., por sus enseñanzas y su interés en los trabajos de investigación hechos por el autor, previos al presente trabajo.

Pablo Rosero, M.Sc., por su calidad humana y apoyo.

Ben Chang, M.Sc., por su compañerismo, estímulo, colaboración y gran sentido de la amistad.

Francisco Mata, M.Sc., Jefe del Centro de Cómputo del CATIE, por su colaboración en el financiamiento del proceso de los datos.

Pedro Ferreira, Ph.D., por su desinteresada colaboración.

Ronald Vargas, Ph.D., Director del Programa de Posgrado, por su amabilidad y consideraciones para poder cumplir con el programa.

Scott Paper Company de Costa Rica, S.A. y Celulosa de Turrialba, S.A. y a sus ingenieros, Humberto Pérez, Jorge Rodríguez y Joaquín Lizano, por asegurar la realización de los trabajos de campo y por la confianza al permitir la asistencia a los cursos del Programa de Posgrado y el tiempo para finalizar los trabajos de tesis.

Bienvenido Hernández y Melvin Fonseca, asistentes del autor, por su colaboración en la toma de los registros de campo.

Sandra Quirós, secretaria del autor, por su valiosa ayuda mecanográfica.

Lorena Jiménez y Teresita Rojas, por su colaboración y apoyo para lograr la conclusión de los estudios del autor.

Rita Aguilar, por aceptar la responsabilidad de confeccionar este documento.

Todo el personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, en especial a Ana María Arias, Directora; Florita López, Laura Coto, Gerardo Martínez, Gerardo Brenes, Jesús Jiménez y Rigoberto Aguilar.

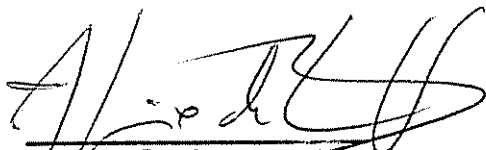
El Gobierno de Holanda, que merece un reconocimiento especial por financiar becas para el perfeccionamiento de técnicos de los países en subdesarrollo.

Todas las personas que colaboraron en diversas maneras con los trabajos de investigación y con el autor.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de


Magister Scientiae

Comité Asesor



Romie De Camino,
Dr. rec. nat.

Consejero Principal



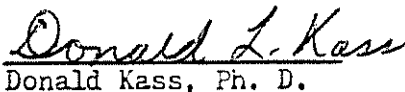
Jan Baxter, M. Sc.

Miembro del Comité



David H. Boshier, M.Sc.

Miembro del Comité



Donald Kass, Ph. D.

Miembro del Comité



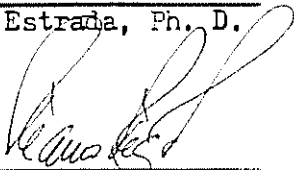
Ronald Vargas Vargas, Ph.D.

Director del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, UCR/CATIE



Luis Estrada, Ph. D.

Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica



Francisco F. Lega Rounda

Candidato

TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE APENDICES.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades.....	4
2.2 Factores diamétricos de forma.....	7
2.3 Factores volumétricos de forma.....	9
2.3.1 Introducción.....	9
2.3.2 Tipos dendrométricos.....	11
2.3.3 Relaciones entre volumen real y volumen aparente.....	17
2.3.4 Volumen real.....	20
2.3.5 Volumen aparente.....	24
2.4 Antecedentes del estudio de la forma.....	26
2.4.1 Referencias sobre el número de árboles muestra.....	29
3. MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1 Información general del área de estudio.....	34
3.1.1 Localización.....	34
3.1.2 Clima.....	37
3.1.3 Suelos.....	37

3.2	Material experimental.....	38
3.3	Metodología.....	40
3.3.1	Distribución diamétrica y número de muestras.....	40
3.3.2	Cubicación y muestreo.....	41
3.3.3	Mediciones antes del apeo.....	42
3.3.3.1	Diametros.....	42
3.3.3.2	Grosor de corteza.....	42
3.3.3.3	Redondeo.....	42
3.3.4	Mediciones después del apeo.....	43
3.3.4.1	Altura del tocón.....	43
3.3.4.2	Altura total.....	43
3.3.4.3	Altura comercial.....	43
3.3.4.4	Cubicación con secciones de longitud fija.....	44
3.3.4.5	Cubicación con secciones de longitud variable.....	46
3.3.5	Factores volumétricos de forma.....	49
3.4	Análisis de datos.....	51
3.4.1	Distribución diamétrica.....	51
3.4.2	Análisis de tendencias.....	54
3.4.3	Factores diamétricos de forma.....	55
3.4.4	Cálculo de volúmenes del fuste.....	55
3.4.5	Factores volumétricos de forma.....	56
3.4.6	Tabla de volúmenes para ramas o ejes.....	57
3.4.7	Tablas de conicidad o ahusamiento.....	58
3.4.8	Tablas de volumen para varios usos de la madera.....	59
3.4.8.1	Tabla de volumen del fuste sin corteza para aserrío hasta un índice de utilización de 25 cm.....	59
3.4.8.2	Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa hasta un índice de utilización de 10 cm.....	61
3.4.8.3	Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa y/o postes hasta un índice de utilización de 5 cm.....	61
3.4.8.4	Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm.....	61
3.4.8.5	Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa y/o postes sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm.....	62

3.4.8.6	Tabla de volumen del fuste con corteza para leña hasta un índice de utilización de 5 cm.....	62
3.4.9	Análisis estadísticos.....	63
4.	DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	64
4.1	Correlaciones entre las variables dasométricas...	64
4.1.1	Grosor de corteza.....	67
4.2	Factores volumétricos de forma.....	68
4.3	Tabla de volumen para ramas o ejes.....	79
4.4	Tablas de conicidad o ahusamiento.....	80
4.4.1	Tabla de ahusamiento con corteza.....	80
4.4.2	Tabla de ahusamiento sin corteza.....	81
4.5	Tablas de volumen para varios usos.....	82
4.6	Productos a obtener con la tesis.....	85
5.	CONCLUSIONES.....	
6.	RECOMENDACIONES.....	
7.	BIBLIOGRAFIA.....	
8.	APENDICES.....	
9.	ANEXOS.....	

LEGA R., F. 1988. Estudio de la forma de Gmelina arborea Roxb. Análisis de las plantaciones en Manila, Siquirres. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 146 p.

Palabras clave: Gmelina arborea, ahusamiento, forma, tablas de volumen por uso, factores de forma, Costa Rica.

RESUMEN

Melina (Gmelina arborea) es una de las especies de rápido crecimiento más utilizadas en los proyectos de reforestación en Costa Rica. Actualmente sus usos principales son la elaboración de papeles absorbentes, producción de energía y madera aserrada.

Las plantaciones de Manila, Siquirres, Costa Rica, ha sido la fuente principal de semillas para la propagación de esta especie tanto en el país como en la mayor parte de Centroamérica.

El presente estudio se realizó con el fin de determinar las variables que describen la forma de los árboles de melina en estas plantaciones. Los objetivos de la investigación para el área de estudio fueron: 1) Determinar uno o más factores de forma que se ajusten de manera precisa a la forma de esta especie; 2) Determinar una tabla de ahusamiento o conicidad para Gmelina arborea; 3) Determinar tablas de volumen para aserrío, pulpa y leña, partiendo de las tablas de ahusamiento obtenidas.

La investigación se sustentó en la hipótesis definida: no existen relaciones entre las variables que definen la forma del fuste de Gmelina arborea y las variables de referencia: diámetro a la altura del pecho y altura total.

Se realizó un premuestreo del dap en 1111 árboles mediante el cual se determinó un tamaño de muestra de 300 árboles que fueron derribados para tomar los registros.

Por medio del análisis de regresión lineal se obtuvieron dos ecuaciones del coeficiente diamétrico (d_i/dap) a cada metro de altura en función de las alturas intermedias de ubicación de los coeficientes y de la altura total, una para coeficientes sin corteza y la otra para coeficientes con corteza. A partir de la ecuación de coeficientes sin corteza se desarrollaron cinco tablas de volumen comercial del fuste sin corteza para varios usos de la madera: hasta los índices de utilización de 25 cm, 10 cm y 5 cm, una para cada índice y por diferencia entre las tablas correspondientes, una tabla de volumen sobre el índice de utilización de 25 cm y hasta el índice de utilización de 10 cm, y otra tabla sobre el índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm.

Con la ecuación de coeficientes diamétricos con corteza se desarrolló una tabla de volumen con corteza para árboles no bifurcados que se complementó con el desarrollo de una tabla de volumen con corteza para ramas o ejes hasta un índice de utilización de 5 cm.

Se analizaron ocho factores volumétricos de forma para ser comparados con el factor mórfico. El factor volumétrico de Prodan y el coeficiente natural de la forma de Hohenadl fueron los factores que no presentaron diferencias significativas respecto al factor mórfico por medio de la prueba de Tukey 5% cuando se les analizó en la totalidad de los datos.

STUDY OF THE FORM OF Gmelina arborea (Roxb.). ANALYSIS OF THE
PLANTATIONS IN MANILA, SIQUIRRES

Key words: Gmelina arborea, taper, shape, merchantable volume
tables, form factors, Costa Rica.

SUMMARY

Melina (Gmelina arborea) is one of the most used species of fast growth in the reforestations projects in Costa Rica. Actually, the main uses of this species are the sanitary papers industry, energy production and sawn timber.

The Manila plantations in Siquirres, Costa Rica, has been the principal source of seeds for the species propagation in this country and the Central America Region. The purpose of this work was to determine the form variables for describing the bole shape of melina in this plantations. The objectives of this research in the study area were to: 1) Determine one or more form factors to settle precisely with the species form; 2) Determine a taper table for G. arborea; 3) Determine volume tables to sawn timber, pulp and fuelwood, starting from the taper function.

The research was based in the defined hypothesis: relations among the variables that define the stem form of G. arborea and the reference variables: diameter at breast height and total height, do not exist.

In view of the variation found in 1111 d.b.h.'s were determine the 300 sample trees used in this study. The trees were felled to take the data.

Two diametrical coefficient ($d_i/d.b.h.$) each meter equations were obtained from the linear regression analysis, both in function of the height coefficients ubication and the

total height. One of the equations was for the coefficient inside bark and the other for coefficient outside bark.

Five stem commercial volume inside bark tables for various uses of the wood were derived from the first equation: three tables for under top diameter of 25 cm, 10 cm and 5 cm. The fourth table was calculated from the differences among the 25 cm and 10 cm tops tables. The other table resulted from the differences among the 10 cm and 5 cm tops tables.

From the other equations a stem commercial volumen outside bark table was obtained for unbranched trees. The top diameter was 5 cm outside bark.

Eight volumetric form factors were evaluated and compared with the form factor. The Prodan's volumetric factor and the Hohenadl's natural coefficient of the form did not present significant differences in the Tukey 5% test for the total data.

LISTA DE CUADROS

No.	Página
1 Información conocida sobre algunos experimentos realizados con las procedencias Onitsa, Bende, Iva Valley, Mamu e Ikrigon de la especie GMELINA ARBOREA Roxb. en la finca Monteverde, Manila, Siquirres.....	40
2 Distribución diamétrica de la plantación de GMELINA ARBOREA Roxb. en Manila, Siquirres, según premuestreo de 1111 árboles.....	52
3 Distribución de frecuencias de los 1111 árboles agrupados en clases diamétricas de 5 cm de diámetro a la altura del pecho.....	53
4 Cálculo de la probabilidad de ocurrencia para cada clase diamétrica y su respectivo número de árboles a cubicar.....	54
5 Ecuaciones resultantes de los análisis de regresión lineal para cada altura de utilización y para altura total.....	65
6 Promedios de los factores volumétricos de forma agrupados según Tukey 5% para los 302 árboles estudiados.....	69
7 Promedios para las clases diamétricas 8 a 12 cm, 13 a 17 cm 18 a 22 cm, 23 a 27 cm y 28 a 32 cm de los factores volumétricos según Tukey 5%.....	70
8 Promedios para las clases diamétricas 33 a 37 cm, 38 a 42 cm, 43 a 47 cm, 48 a 52 cm, 53 a 57 cm y 58 a 62 cm de los factores volumétricos según Tukey 5%.....	70
9 Resumen de los resultados de las diferencias no significativas por clase diamétrica entre el factor mórfico y los ocho factores restantes.....	72
10 Resumen de los resultados de los promedios de los nueve factores volumétricos de forma por clase diamétrica.....	75
11 Promedios obtenidos de los factores mórficos calculados con las ecuaciones para el cálculo de volumen con y sin corteza mostrando los respectivos factores mórficos de la muestra en estudio.....	76

LISTA DE APENDICES

No.	Página
1A	Tabla de diámetros a la altura de pecho sin corteza para GMELINA ARBOREA Roxb. en función del diámetro a la altura de pecho con corteza mostrando el doble grosor de corteza..... 98
2A	Tabla de coeficientes diámétricos con corteza para árboles no bifurcados de GMELINA ARBOREA Roxb. en función de la altura total y las alturas intermedias a cada metro..... 99
3A	Tabla de coeficientes diamétricos sin corteza para árboles bifurcados y no bifurcados de GMELINA ARBOREA Roxb. en función de la altura total y las alturas intermedias a cada metro..... 101
4A	Tabla de volumen comercial en metros cúbicos con corteza para ramas y/o ejes de GMELINA ARBOREA Roxb. en función del diámetro mayor y de la longitud de la rama..... 103
5A	Tabla de volumen sin corteza en metros cúbicos para aserrío de GMELINA ARBOREA Roxb. hasta un índice de utilización de 25 cm..... 104
6A	Tabla de volumen sin corteza en metros cúbicos para pulpa de GMELINA ARBOREA Roxb. hasta un índice de utilización de 10 cm..... 106
7A	Tabla de volumen sin corteza en metros cúbicos para pulpa y/o postes de GMELINA ARBOREA Roxb. hasta un índice de utilización de 5 cm..... 108
8A	Tabla de volumen sin corteza en metros cúbicos para pulpa de GMELINA ARBOREA Roxb. sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm..... 110
9A	Tabla de volumen sin corteza en metros cúbicos para pulpa y/o postes de GMELINA ARBOREA Roxb. sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm..... 112
10A	Tabla de volumen con corteza para leña en metros cúbicos de GMELINA ARBOREA Roxb. hasta un índice de utilización de 5 cm..... 114

LISTA DE FIGURAS

No.	Página
1	Sólidos geométricos llamados tipos dendrométricos.... 12
2	Sólidos geométricos truncados de los cuatro tipos dendrométricos..... 12
3	Fuste de un árbol mostrando los diversos tipos dendrométricos (sólidos geométricos) que se pueden interpretar..... 13
4	Sólidos geométricos completos originados por la revolución de las curvas planas con ecuación general $y = a x$ alrededor del eje x. También llamados tipos dendrométricos..... 14
5	Sólidos geométricos mostrando los correspondientes tipos dendrométricos completos y truncados..... 16
6	Fundamento del factor volumétrico de forma f..... 25
7	Mapa de Costa Rica mostrando la ubicación de las plantaciones de GMELINA ARBOREA Roxb. en Manila, Siquirres..... 35
8	Ubicación de la finca Monteverde mostrando el área de estudio e indicando la faja del muestreo..... 36
9	Dibujo del fuste de un árbol dividido en secciones de longitud fija de un metro..... 45
10	División del fuste según el principio de Hohenadl utilizando cinco secciones de longitud relativa y proporcionales a la altura total..... 48

ANEXOS

No.	Página
1	Construcción de la fórmula para el cálculo del volumen por medio de secciones de longitud fija..... 117
2	Construcción de la fórmula para el cálculo del volumen por medio de secciones de longitud variable... 121
3	Origen y desarrollo de las fórmulas de los factores volumétricos de forma objeto de estudio..... 124
4	Procedimiento para calcular los coeficientes diamétricos con corteza (COFCC) correspondientes a las alturas fijas de uno y cero metros..... 131
5	Procedimiento para calcular los coeficientes diamétricos sin corteza (COFSC) correspondientes a las alturas fijas de uno y cero metros..... 135
6	Errores estándar de los estimados de los análisis de regresión de las alturas de los índices de utilización estudiados y de la altura total..... 139
7	Resultados del análisis de regresión lineal del diámetro a la altura de pecho sin corteza en función del diámetro a la altura de pecho con corteza.. 139
8	Análisis de varianza para los nueve factores de forma con corteza estudiados..... 140
9	Datos estadísticos de los nueve factores de forma estudiados mostrando los promedios redondeados..... 140
10	Cuadrado medio del error por clase diamétrica obtenido de los análisis de varianza para los nueve factores de forma estudiados para utilizarlos en las pruebas de Tukey 5 %..... 141
11	Ecuaciones de volumen con y sin corteza utilizadas en el cálculo de otros factores mórficos para realizar comparaciones con el factor mórfico con y sin corteza de las plantaciones de Manila..... 142
12	Resumen de los datos necesarios para los análisis de varianza de los factores mórficos con y sin corteza derivados de las ecuaciones de volumen..... 143

13	Análisis de varianza de los factores de forma con corteza derivados de las ecuaciones de volumen y del MORF cc.....	143
14	Análisis de varianza de los factores de forma sin corteza derivados de las ecuaciones de volumen y del MORF sc.....	144
15	Análisis de regresión para el volumen VOLRA de 117 ramas de GMELINA ARBOREA Roxb. en función del diámetro mayor (DM) y del largo de la rama (LARRA)..	144
16	Análisis de varianza para la regresión del coeficiente diamétrico de forma con corteza de 197 árboles no bifurcados. Procedimiento GLM.....	145
17	Análisis de varianza para la regresión del coeficiente diamétrico de forma sin corteza de 302 árboles bifurcados y no bifurcados. Procedimiento GLM.	146

1. INTRODUCCION

Gmelina arborea es una de las especies que más se está usando en Costa Rica en los planes de reforestación. Su rápido crecimiento en una variedad de sitios con bajos costos de establecimiento y la fácil disponibilidad de semilla la han colocado en una situación preferencial en el momento de seleccionar especies para los planes de reforestación a nivel nacional.

Actualmente su mayor uso es en la producción de pulpa mecánica para la fabricación de papeles sanitarios. La especie es utilizada en producción de energía y tiene también otros usos potenciales como madera para construcción, tanto para estructuras como para interiores, durmientes para vía férrea y productos de la pequeña industria maderera, lo que hace necesario intensificar los estudios sobre esta especie. Dentro de los aspectos más importantes, se requiere principalmente un conocimiento profundo del comportamiento de la forma del fuste a través de su longitud comercial para lograr el máximo nivel de aprovechamiento de los árboles y el establecimiento de procedimientos silviculturales para optimizar el manejo de las plantaciones.

Este conocimiento representa una "herramienta" muy importante para el técnico forestal al planificar el uso de la madera de las plantaciones. Así podrá, por medio de los datos obtenidos en un inventario, tales como el diámetro a la altura de pecho y la altura total, realizar transformaciones que le permitan estimar con muy buena precisión, los totales de los productos a obtener de las plantaciones sometidas a consideración.

Un factor volumétrico de forma obtenido de una muestra de individuos y que se ajuste en forma precisa al volumen real de los árboles de la especie y del sitio que representa, permite muy rápidamente obtener el volumen real correspondiente de otra muestra de esa misma especie y sitio, de la cual solamente se han tomado el diámetro y altura de referencia. También si el factor es válido, puede ser utilizado para obtener volúmenes reales en otros sitios.

Las tablas de conicidad o ahusamiento permiten estimar los diámetros y los volúmenes con y sin corteza de las trozas definidas por longitudes constantes o variables que componen el fuste de un árbol cualquiera o de un árbol promedio y que están fuera del alcance de una medición directa en el campo.

También las tablas de volumen permiten realizar estimaciones de volúmenes brutos y útiles para determinados usos partiendo de pocos parámetros de referencia tomados de un árbol.

El presente análisis busca establecer relaciones que permitan predecir el valor de algunas variables a lo largo de los fustes de Gmelina arborea de acuerdo con el comportamiento de esta especie en el sitio de estudio: Manila, Siquirres, Costa Rica. La semilla producida en este lugar se usa ampliamente en el país, por tanto, las tablas podrían tener utilidad, en otros lugares, después de realizarse pruebas de calibración.

1.1 Hipótesis

La hipótesis nula definida para la presente investigación fue: no existen relaciones entre las variables que definen la forma del fuste de Gmelina arborea Roxb. y las variables de referencia: diámetro a la altura de pecho y altura total.

En contraste la hipótesis alterna fue: al menos una variable definitoria de la forma del fuste se relaciona con las variables de referencia mencionadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

El objetivo general es determinar las variables que describen la forma de Gmelina arborea Roxb. en las plantaciones de Manila, Siquirres, Costa Rica.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar uno o más factores de forma que se ajusten de manera precisa a la forma de G. arborea Roxb. en el área de estudio.
2. Obtener una tabla de ahusamiento o conicidad para G. arborea Roxb. en el área de estudio.
3. Obtener tablas de volumen para aserrío, pulpa y leña partiendo de las tablas de conicidad para las plantaciones de G. arborea Roxb. en Manila, Siquirres, Costa Rica.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades

Gmelina arborea Roxb. es una especie de la familia Verbenaceae, conocida internacionalmente como Gmelina o Yemane (15,23,30).

Roxburgh citado por Greaves (16) al describir esta especie en el resumen de su trabajo sobre plantas de India en 1832, se refirió al árbol como de tamaño grande y originario de las partes montañosas de ese país.

El árbol es deciduo, con hojas opuestas, ampliamente ovadas, acuminadas, generalmente cordiformes, glaucas por el envés o con pelos estrellados o tomentosa en el envés en una variedad, según lo describe Troup citado por Lamb (23).

G. arborea es un árbol abierto, desarmado que logra grandes dimensiones en sitios favorables, donde produce un tronco despejado pero frecuentemente inclinado. Las ramas son numerosas y esparcidas en toda dirección hasta formar una gran sombra. La corteza corchosa es amarilla por dentro, blanco-grisácea afuera cuando joven pero tornando a color café con el incremento de la edad. Cuando es vieja se decolora en parches para exponer una corteza pálida degenerada (15).

G. arborea es nativa de India y muchos países cercanos. Su distribución natural se extiende desde el curso inferior del río Chenab en Pakistán Occidental al Sureste y Sur por toda la India, Nepal, Sikkim, Assam, Bangladesh y Sri Lanka, por toda Birmania hasta Tailandia, Laos, Cambodia, Vietnam y

las provincias del Sur de China: Yunnan y Kwangsi Chuang (15,23,30).

Los árboles más grandes en su distribución natural ocurren en bosques mixtos húmedos, particularmente en los del Este de la región Sub-Himalaya, Assam, Oeste de Bengala, Bangladesh y partes del Norte de Birmania. Es en esas regiones, especialmente en Birmania, que G. arborea se encuentra más frecuentemente, ocasionalmente con una circunferencia de 4,5 m, 15 m de tronco limpio y una altura total de 30 m, pero más usualmente es encontrada con una circunferencia de dos metros y nueve metros de tronco, según menciona Rodger citado por Greaves (15). La especie tiene gran capacidad para rebrotar al ser cortada (13,45).

El árbol tiene una forma característica: una base pesadamente abultada, ahusándose rápidamente hasta las primeras ramas persistentes, generalmente gruesas, situadas entre 20 a 40 pies (seis a doce metros) arriba sobre el tronco, dando una pequeña longitud de ahusamiento utilizable. Cuando los árboles crecen en plantaciones, aunque son abultados en la base, tienen menos ahusamiento y pueden rendir troncos limpios y rectos de 50 pies (15 m) o más después de los 20 años (14). Pueden alcanzar alturas totales cercanas a los 30 m y diámetros a la altura de pecho de aproximadamente 60 cm (30).

Las temperaturas mínimas encontradas dentro de su ámbito natural van desde 1° a 16°C o más y las máximas temperaturas desde 38° a 48°C según Troup citado por Greaves (15). Lamb (23), agrega que su mejor desarrollo se presenta cuando los extremos de temperatura oscilan entre 65° y 95°F (18,3° y 35°C), donde existe una marcada estación seca pero la humedad atmosférica nunca es inferior a 40% y la precipitación es de 1778 a 2286 m. La Academia Nacional de Ciencias (30) reporta que esta especie crece satisfactoriamente en sitios que reciben desde 750 mm a 4500 mm anualmente y que resiste tem-

peraturas arriba de los 50°C, pero puede ser afectada severamente por las heladas.

Estos mismos autores coinciden en que G. arborea se desarrolla mejor en los suelos aluviales, fértiles profundos y bien drenados de los valles húmedos.

Melina es usada principalmente como leña, madera aserrada, tableros de partículas, contraenchapados, palillos para fósforos, postería, carpintería, cajonería, muebles y pulpa para fabricación de papel (23,30,45). En cuanto a este último uso en el año 1982, Boshier (3) estableció un experimento de procedencias de G. arborea Roxb. en Turrialba, Costa Rica con el objetivo de analizar el crecimiento y comportamiento de las procedencias de esta especie para la producción de pulpa y madera para aserrío. Valerio (44) al realizar una evaluación a los tres años y medio de edad concluyó que una de las procedencias que presentó expresiones fenotípicas más deseables tanto en forma como en volumen fue la de Manila, Siquirres, Costa Rica. Estos resultados destacan aún más la importancia de esta fuente de semillas y la necesidad de estudiar el comportamiento de la forma de los árboles en este sitio.

Desde el año 1981, las plantaciones de Manila están siendo utilizadas para la elaboración de papeles absorbentes a partir de la obtención de la pulpa producida de los árboles.

Dados los buenos resultados en la industria del papel y a los diferentes usos potenciales que se le pueden dar en Costa Rica, está siendo utilizada en muchos de los proyectos de reforestación donde se requiere plantaciones de rápido crecimiento.

En Costa Rica, el área total de plantaciones con esta especie es de aproximadamente 8.000 ha* y su mayor parte se encuentra en las provincias de Limón, Guanacaste y la parte atlántica de la provincia de Cartago.

2.2 Factores diamétricos de forma

El factor diamétrico de forma, también llamado cociente de forma es una relación entre diámetros. Generalmente en el denominador se pone el d o d_{ap} y en el numerador un diámetro menor d_1 , tomado a una altura prefijada (26).

Los factores diamétricos de forma CF, se usan también para describir la forma de un árbol. Es una relación entre dos diámetros en varios niveles del árbol (41).

$$CF = \frac{d_1}{d} \quad d = d_{ap} (1,3 \text{ m})$$

Según el lugar o la forma en que se tome d_1 (26), se tienen:

- CF normal o de Schiffel: cuando d_1 se toma a $h/2$

$$CF \text{ normal} = \frac{d_1}{d} \quad d = d_{ap} (1,3 \text{ m})$$

- CF absoluto: cuando d_1 se toma a $L/2$ pero $L =$ altura total - 1,3

- CF de Girard: cuando d_1 se toma sin corteza a la altura de 17,3 pies desde el nivel del suelo. Generalmente se expresa así:

$$CF \text{ de Girard} = \frac{d_1 \text{ sin corteza al extremo de la 1ª troza de } 16'}{d (d_{ap}) \text{ con corteza}}$$

* QUESADA, A. 1987. Consultor FAO. Dirección General Forestal. San José, Costa Rica. (Comunicación personal).

En árboles en pie se mide el diámetro d_1 a la altura de 17,3 pies (5,27 m), que es la altura donde se estima que va a encontrarse la parte superior de la primera troza de 16 pies (4,88 m) cuando el árbol sea derribado. El factor de forma de Girard es muy usado en literatura publicada en EE.UU. y ahí se usa para determinar la clase de forma de Girard que es el CF de Girard expresado en porcentaje (41).

Claughton-Wallin (8) mencionó que el cociente de forma, analizado primero por Schiffel, es una excelente expresión para la forma del fuste. Según Jonson, anotado en el mismo estudio (8), el diámetro a la mitad del fuste desde la altura de pecho, es un porcentaje del dap y este mismo será también el "cociente de forma" o la "clase de forma".

Muchos artículos se ocupan con las curvas de fuste descritas por un número de cocientes diamétricos, sobre la base de la teoría "forma-fuste" formulada por Prodan (1944) continuando con los estudios de Schiffel y Hohenadl. Prodan mostró que la "forma relativa" de los fustes es caracterizada por el cociente de forma $K_{0,5}$ (42) dado por:

$$K_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{d_{0,1}}$$

En donde:

$K_{0,5}$ = cociente de forma

$d_{0,5}$ = diámetro ubicado a la mitad de la distancia entre el punto a 1,3 m sobre el suelo (dap) y el extremo superior del mismo.

$d_{0,1}$ = diámetro medido a una décima parte de la altura comercial desde el nivel del suelo ($0,1 \times h_c$).

2.3 Factores volumétricos de forma

2.3.1 Introducción

En 1918, Claughton-Wallin (8) mencionó los intensos estudios realizados desde 1910 hasta 1912 por Tor Jonson, quien concluyó:

1. La conicidad o disminución de los fustes sigue una ley: es independiente de la edad, diámetro a la altura de pecho, altura y sitio.
2. Una ecuación matemática dando la relación de diámetros en diferentes posiciones del fuste puede ser usada con gran ventaja como una expresión del ahusamiento.
3. El grado de conicidad entre los árboles de una especie difiere considerablemente; sin embargo, una expresión característica puede ser obtenida comparando el dap con el diámetro en un punto situado en la mitad de la longitud existente desde la altura de pecho hasta el extremo superior del fuste.

El diámetro correspondiente a ese punto medio es dividido por el dap y el resultado, llamado cociente absoluto de forma, expresa la clase de forma del árbol.

4. Con el conocimiento de la clase de forma del árbol, altura total y dap, todas las otras dimensiones pueden ser determinadas con mucha precisión.

Generalmente para calcular volúmenes mediante el uso de las fórmulas más precisas de acuerdo con la forma geométrica del fuste, este se divide en longitudes constantes correspondientes a la sección del fuste con forma geométrica propia. Este método es usado también para calcular los coeficientes de forma de diferentes alturas, así, árboles con diferentes alturas totales pueden parecer tener diferente forma, a pesar de tener la misma forma (8).

Las diferentes circunferencias medidas en los árboles apeados a alturas fijas en valor absoluto representan los puntos de perfil real de cada árbol. Estos perfiles son difícilmente comparables en árboles de la misma forma pero con dimensiones diferentes; son de perfiles reales netamente diferentes. Por esta razón, los perfiles reales son reemplazados por los perfiles relativos obtenidos de las circunferencias expresadas en proporción de una circunferencia de referencia y las alturas en proporción de la altura total (31).

Por otro lado, Monserud (29), mencionó que están disponibles tres aproximaciones generales para estimar volúmenes truncados por límites variables: medición directa, modelos de relación de volumen y ecuaciones de forma. Las cuales describe así:

- Las mediciones directas dividen el tronco en un número de secciones que son medidos por diámetro y la longitud. Una fórmula geométrica apropiada es usada para calcular el volumen de cada sección. El volumen truncado es obtenido por la sumatoria del volumen de cada sección
- Los modelos de relación de volumen proveen un estimado de la relación entre el volumen comercial y total; multiplicando esta relación de volumen por un estimado del volumen total (obtenido de una ecuación de volumen total existente) se produce una predicción del volumen comercial para los límites de comercialidad deseados.
- Las ecuaciones de forma son idealmente adaptadas para estimar volúmenes truncados. El fuste es considerado un sólido de revolución, con la ecuación de forma describiendo el perfil del fuste. El volumen truncado es obtenido por integración de este sólido entre los límites más bajo y más alto de comercialidad o puntos de truncamiento. Las variables independientes son usualmente, la altura total y el dap, mientras que la altura o el diámetro de los límites de comercialidad determinan los límites de integración.

2.3.2 Tipos dendrométricos

La irregularidad de la forma de los árboles hace imposible que su volumen sea calculado mediante la aplicación directa de una fórmula matemática. Por eso, para el cálculo de su volumen, se asimilan los fustes a los llamados tipos dendrométricos de fácil cálculo matemático. Cuatro son los tipos dendrométricos (2,11,32) como se muestra en la Figura 1:

- Cilindro
- Paraboloides
- Cono
- Neiloides

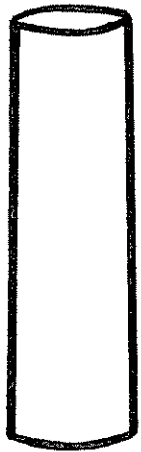
Los troncos de los árboles en sus diferentes partes se aproximan a la forma de neiloides, conos, paraboloides y ocasionalmente al cilindro (11,26,29,38), Figura 2.

La primera troza en un árbol usualmente se aproxima a la forma de un neiloide truncado. Las trozas intermedias de un árbol son más similares a un paraboloides truncado. Las trozas del extremo superior de un árbol representan estrechamente conos truncados (7, 11).

En realidad ningún fuste completo tiene una forma coincidente con un solo tipo dendrométrico. Pero los árboles adultos y crecidos en espesura tienen aproximadamente un tronco neilóidico en su primera parte relativamente corta, luego cilíndrico y a continuación parabólico para rematar en un cono más o menos largo (2), como se presenta en la Figura 3.

Los sólidos geométricos de los tipos dendrométricos son engendrados por la rotación de una línea alrededor de un eje situado sobre el mismo plano. Estas líneas representadas en ejes cartesianos (Figura 4) responden a la ecuación (2,31,32):

$$y^2 = a * x^n$$



Cilindro



Paraboloide



Cono



Neiloide

Figura 1. Sólidos geométricos llamados tipos dendrométricos.
Fuente: Pardé, J. 1961 (32).



Cilindro



Paraboloide



Cono



Neiloide

Figura 2. Sólidos geométricos truncados de los cuatro tipos dendrométricos.
Fuente: Pardé, J. 1961 (32).

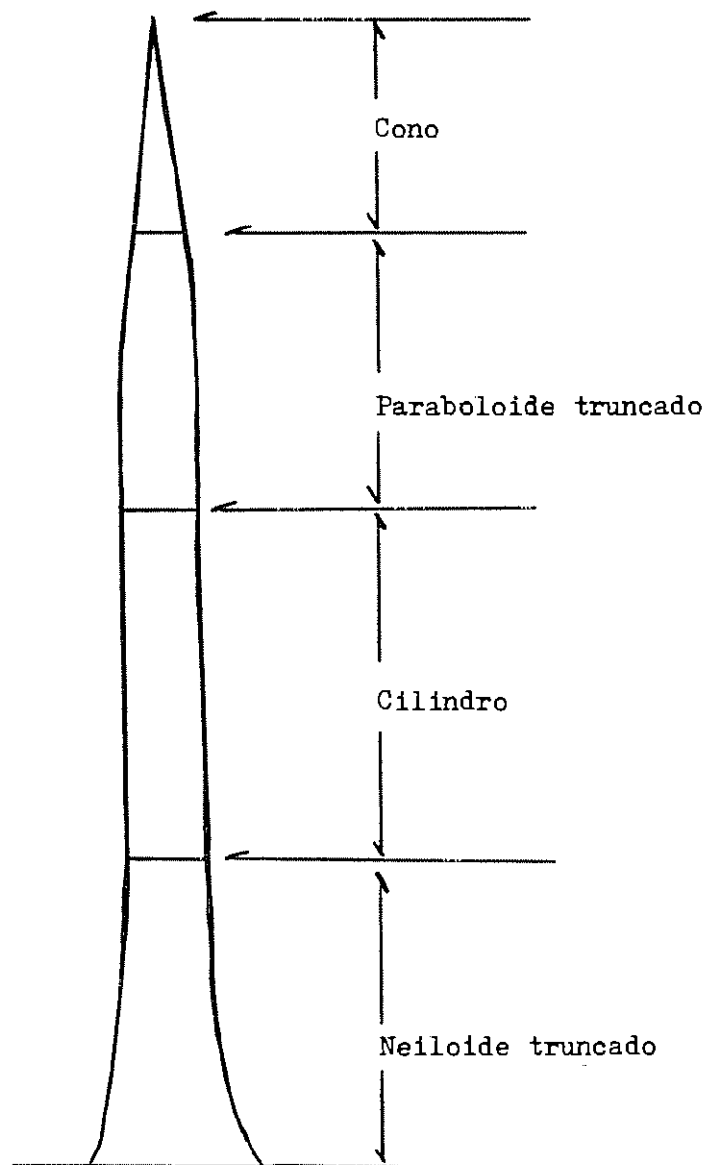


FIGURA 3. Fuste de un árbol mostrando los diversos tipos dendrométricos (sólidos geométricos) que se pueden interpretar.
Adaptado de Basurco, F. 1973 (2)

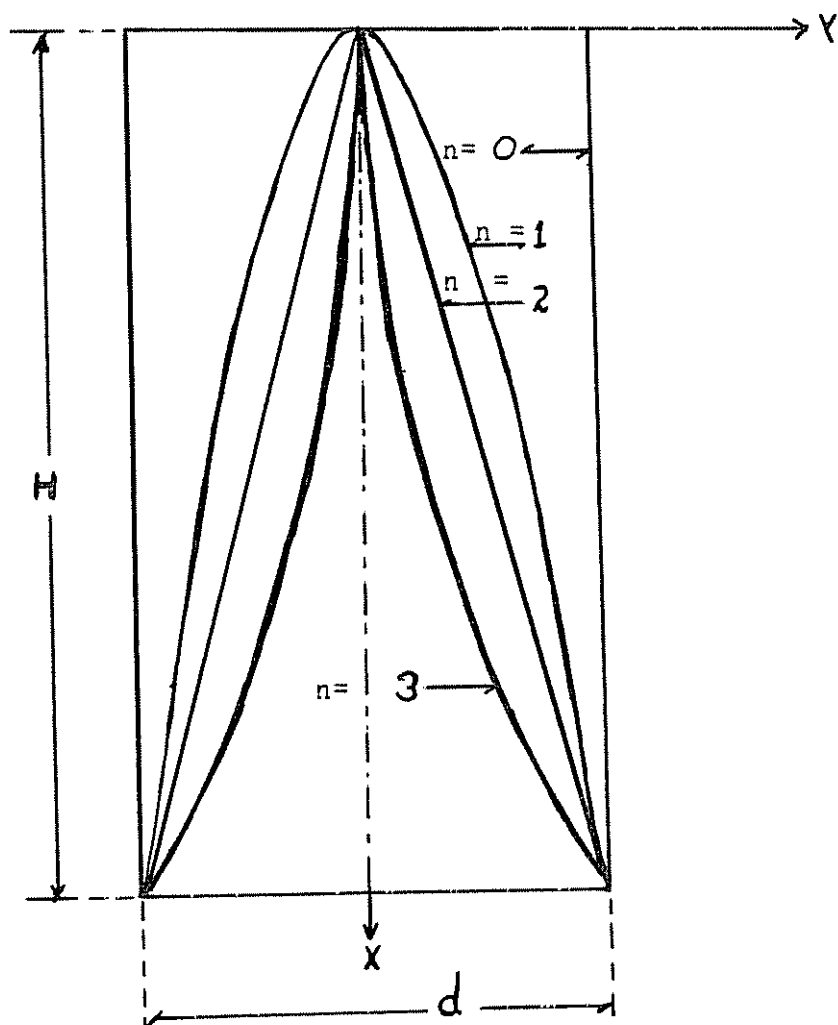


FIGURA 4. Sólidos geométricos completos originados por la revolución de las curvas planas con ecuación general $y^2 = ax^n$, alrededor del eje x . También llamados tipos dendrométricos. Adaptado de Basurco, F. 1973 (2).

En la que n toma los valores 0 (cilindro); 1 (paraboloide); 2 (cono) y 3 (neiloide).

El volumen de los sólidos geométricos completos que corresponden a los tipos dendrométricos responden a la fórmula general (32):

$$v = \frac{S_0 \times h}{n + 1}; S_0 \text{ es el área de la sección de la base (Figura 5); } h \text{ es la altura total del sólido completo y } n \text{ toma el valor según el tipo geométrico.}$$

El volumen de los sólidos geométricos truncados, limitados por dos secciones, S_0 y S_1 , con una sección mediana, S_m y de una altura h_x (Figura 5) responden a las siguientes fórmulas (2):

- Cilindro:

$$v = S_0 \times h_x = S_1 \times h_x = S_m \times h_x$$

- Tronco de paraboloide:

$$v = \frac{h_x}{2} \times (S_0 + S_1) = S_m \times h_x$$

- Tronco de cono:

$$v = \frac{h_x}{3} \times (S_0 + S_1 + \sqrt{S_0 \times S_1})$$

- Tronco de neiloide:

$$v = \frac{h_x}{4} \times (S_0 + S_1 + \sqrt[3]{S_0 \times S_1} \times (\sqrt[3]{S_0} + \sqrt[3]{S_1}))$$

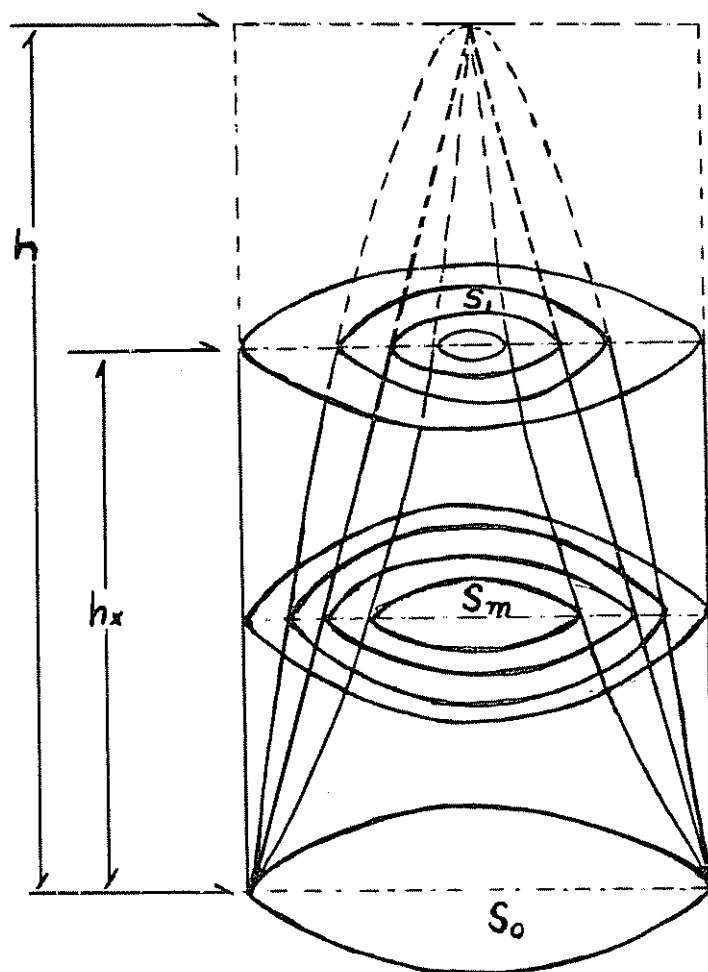


FIGURA 5. Sólidos geométricos mostrando los correspondientes tipos dendrométricos completos y truncados. De afuera hacia adentro: Cilindro, Paraboloides, Cono y Neiloide. Se indica la altura del sólido completo h y la altura del sólido truncado h_x .

Adaptado de Basurco, F. 1973 (2).

2.3.3 Relaciones entre volumen real y volumen aparente

La forma del árbol se debe a la disminución del diámetro con el aumento de la altura, y para valorarla se busca la relación del volumen del árbol con el volumen de algún sólido geométrico (26).

Se llama coeficiente mórfico a la relación entre dos volúmenes, y referido a un árbol, al cociente entre el volumen buscado del fuste y el volumen definido por el cilindro con base a 1,3 m y altura del fuste (2).

El factor volumétrico de forma sirve de base para estimar el volumen de los fustes o de árboles y por esto debe conocerse para utilizarlo apropiadamente. A este factor se le conoce con distintos nombres: coeficiente mórfico (CM), factor de forma (FF), factor mórfico (FM) y otros (26).

El nombre que se dé al factor de forma f será definido según donde sean tomados el área basal y la longitud L para calcular el volumen del cilindro o volumen aparente (41):

$$\text{Factor forma} = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Volumen aparente}} = \frac{\text{Volumen del fuste}}{\text{Área basal} \times \text{altura}}$$

f absoluto : con área basal al nivel del suelo y altura total.

f a la altura del pecho : con área basal a 1,3 m del suelo y a la altura total. Este factor es el más conocido y utilizado.

f comercial : con área basal a 1,3 m y altura comercial.

Caillez (7) describe dos coeficientes de forma:

$$a) f' = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g_{0,1h} \times h}$$

En donde:

f' = coeficiente natural de la forma del tallo.

Vol. del fuste = volumen real del fuste calculado por secciones.

$g_{0,1h}$ = área basal de la sección del fuste a la altura de $0,1 \times h$

h = altura total.

$$b) f = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g \times h}$$

En donde:

f = coeficiente artificial de la forma del fuste

Vol. del fuste = volumen real del fuste calculado por secciones

g = área basal a la altura de referencia (1,3 m)

h = altura total

Caillez (6) y Pardé (32) detallan la manera de calcular el coeficiente natural de la forma del tallo de acuerdo al principio de Hohenadl, por ejemplo, si se divide en cinco trozas (secciones) de igual longitud y se mide el diámetro a la mitad de cada una de ellas:

$$f' = \frac{1}{5} \frac{d^2_{0,1h'} + d^2_{0,3h'} + d^2_{0,5h'} + d^2_{0,7h'} + d^2_{0,9h'}}{d^2_{0,1h'}}$$

Lo mismo se puede calcular para el coeficiente artificial de la forma (7):

$$f = \frac{1}{5} \frac{d^2_{0,1h'} + d^2_{0,3h'} + d^2_{0,5h'} + d^2_{0,7h'} + d^2_{0,9h'}}{d^2}$$

El Factor f' es el factor por el que se debe multiplicar el volumen del cilindro (volumen aparente), como se deduce en el Apéndice 2, para obtener el volumen real del árbol (V_a):

$$V_a = \frac{(\overline{\pi}) \times d_{0,1h'}^2 \times h'}{4} \times f'$$

En donde:

V_a = Volumen real del árbol

$d_{0,1h'}$ = Diámetro de referencia a un 10% de la altura comercial h' .

h' = Altura total comercial.

f' = Coeficiente natural de la forma.

Es común que algunos denominen con diferentes símbolos los mismos parámetros, por ejemplo Pardé (32) denomina a este coeficiente f' como ($\lambda 0,9$), Lojan (26) lo llama FR. Lo mismo sucede con el diámetro a un 10% de la altura del fuste: Pardé (32) y Lojan (26) lo denominan como $d_{0,9}$ y D_9 , respectivamente, mientras que Caillez lo simboliza por $D_{0,1h'}$. Los primeros autores definen la altura del extremo superior hacia abajo y Caillez del suelo hacia arriba.

El factor FR ($FR = f' = \lambda 0,9$) se considera como una buena expresión condensada de la forma del árbol y tiene una relación lineal con el f a la altura de pecho como diámetro de referencia.

Caillez (6) advierte que la dificultad de medir el diámetro a la altura relativa de un árbol en pie, limita el uso del coeficiente f' , y agrega que este coeficiente de forma correspondiente al volumen total de un tallo está generalmente comprendido entre los valores 0,3 y 0,6 (0,56 para un paraboloides; 0,41 para un cono y 0,34 para un neiloide).

Pardé (32), basándose en los estudios de Prodan realizados en 1951 como un avance de los principios que estableció Hohenadl entre los años 1920 a 1936, dedujo los mencionados factores naturales de la forma para estos mismos sólidos geométricos o tipos dendrométricos.

La base del cálculo del volumen real para obtener estos factores f' fueron el principio de Hohenadl con cinco secciones y la fórmula de Huber para calcular el volumen de cada una de las secciones como se puede ver en el Apéndice 2.

Por otro lado, Chapman y Meyer (7) mencionan el cociente volumétrico de forma de Hohenadl:

$$QH = \frac{(d)^2}{(d_{0,1})^2}$$

En donde:

d = diámetro a la altura del pecho (d_p)

$d_{0,1}$ = diámetro a 10% de la altura comercial

2.3.4 Volumen real

El volumen real de una troza, expresado por el contenido de su madera, es dependiente del diámetro, longitud, defectos y forma de la troza (11). El cálculo del volumen se obtiene por adición de los volúmenes precisamente calculados de sus componentes (6).

La manera más precisa de computar el volumen de un árbol es dividirlo en secciones de longitud igual o desigual para estimar por fórmulas geométricas el volumen de estas partes individuales y por suma obtener el volumen total. Las fórmulas geométricas que dan el volumen de una sección a partir de su longitud y los diámetros de los extremos y/o el intermedio, no pueden dar resultados completamente exactos, ya que una troza nunca es completamente idéntica a uno de los sólidos geométricos de referencia más sencillos. Pero su exac-

titud es generalmente suficiente con relación a los errores de medición, y esto es más cierto cuando más alto sea el número de secciones en que se divida el tronco (12).

Las fórmulas más conocidas y utilizadas para el cálculo de volumen real son la de Smalian, la de Huber y la de Newton (11,26):

- Smalian:

$$v = \frac{g_0 + g_1}{2} \times l$$

v = volumen de la troza

g_0 = área basal en el extremo mayor de la troza

g_1 = área basal en el extremo menor de la troza

l = largo de la troza

- Huber:

$$v = g_{0,5} \times l$$

v = volumen de la troza

$g_{0,5}$ = área basal en la mitad del largo de la troza

l = largo de la troza

- Newton:

$$v = \frac{g_0 + g_{0,5} + g_1}{6} \times l$$

Las variables de esta fórmula son definidas como en las fórmulas de Smalian y Huber.

El uso de la fórmula de Newton es muy recomendable cuando las trozas son largas y cuando el número de trozas por árbol es pequeño y por supuesto cuando el árbol completo no se divide en secciones (12).

Varios autores (2, 12, 26, 32) afirman que las tres fórmulas antes mencionadas son válidas si la troza puede asimi-

larse a un tronco de paraboloides. La fórmula de Newton es aplicable también si la troza es aproximadamente un tronco de cono o de neiloide. Para estos dos últimos casos, la fórmula de Huber da una subestimación del volumen de la troza, mientras que la de Smalian da una sobreestimación que es dos veces tan grande como la subestimación de la fórmula de Huber.

Se han elaborado algunas fórmulas para la estimación del volumen de los árboles en pie, con las que se obtienen resultados menos exactos acerca del volumen del árbol (26):

- Fórmula con factor mórfico

$$v = g \times h \times f$$

$$v = \text{volumen del fuste}$$

$$g = \text{área basal a 1,3 m}$$

$$h = \text{altura del fuste}$$

$$f = \frac{\text{volumen del árbol}}{\text{volumen del cilindro}} = \text{factor mórfico}$$

Esta fórmula puede ser utilizada para obtener factores mórficos y así estimar volúmenes comerciales según el índice de utilización que defina a la altura comercial.

- Fórmula de Pressler

$$v = \frac{2}{3} \times l' \times g$$

$$v = \text{volumen del fuste}$$

$$g = \text{área basal a 1,3 m}$$

$$l' = \text{largo o altura desde el suelo hasta donde el diámetro es la mitad del } d$$

Esta fórmula puede usarse cuando se dispone de un aparato para medir l' y $d/2$ en los árboles, por ejemplo el relascopio de Bitterlich. También es llamada fórmula de Pressler-Bitterlich (2).

- Fórmula de Hossfeld

$$v = \frac{3}{4} g_{1/3} h \times h$$

v = volumen del fuste

$g_{1/3} h$ = área basal tomada a 1/3 de h, midiendo desde la base

h = altura total

Esta fórmula es recomendada para conos y paraboloides.

Los anteriores conceptos permiten deducir que entre más pequeña sea la longitud de las secciones fijas (iguales) en que se divida un fuste o tronco de un árbol, mayor será la exactitud con que se calcule su respectivo volumen.

Del mismo modo, entre mayor sea el número de secciones de igual longitud proporcional o relativa (al largo total) en que se divida un fuste o tronco de un árbol, mayor será la exactitud con que se calcule el volumen real total correspondiente.

El principio de Hohenadl se basa en la división del fuste en un número constante de secciones de longitud relativas o proporcionales a la longitud total del fuste (32).

Sin embargo, cuando se realiza la división de los fustes en un número fijo de secciones de longitud relativa, la exactitud también es relativa a las diferentes longitudes totales de los fustes o troncos de árboles a cubicar.

Esta es una desventaja del uso del método o principio de Hohenadl, en el que los árboles más altos resultan con los volúmenes calculados de sus fustes menos exactos que los árboles más bajos o de menor altura (menor longitud) total de sus fustes).

En resumen, se concluye que para calcular volúmenes reales de los fustes o troncos de los árboles es más exacto el cálculo cuando se utilizan subdivisiones del fuste en secciones de longitud fija (de un metro cada sección por ejemplo). Esto permite igual exactitud en los cálculos del volumen total para árboles de cualquier longitud total.

La exactitud será mayor con el método de secciones fijas con respecto al método de secciones de longitud variable (principio de Hohenadl) cuando la longitud fija de las secciones en que se divide el fuste sea menor que la longitud relativa de las secciones en que se ha dividido el árbol que tenga la menor altura total del fuste o tronco.

Todas estas deducciones e implicaciones motivaron a incluir dentro de este estudio de la forma de G. arborea, el análisis de las diferencias de uno y otro método en el cálculo de volúmenes reales.

2.3.5 Volumen aparente

Los factores volumétricos de forma que normalmente se usan se definen como (6,41):

$$\text{Factor volumétrico de forma} = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Volumen de un sólido geométrico}}$$

Este factor es entonces una relación entre dos volúmenes como se muestra en la Figura 6, el volumen real del árbol V' dividido por el volumen del cilindro V definido por el d .

El volumen aparente o volumen del cilindro es definido por el área basal y por la altura de referencia según el punto donde se tomen el área basal y la altura (26).

Naturalmente el volumen del cilindro con base a 1,3 m de altura es superior al volumen real del árbol (2).

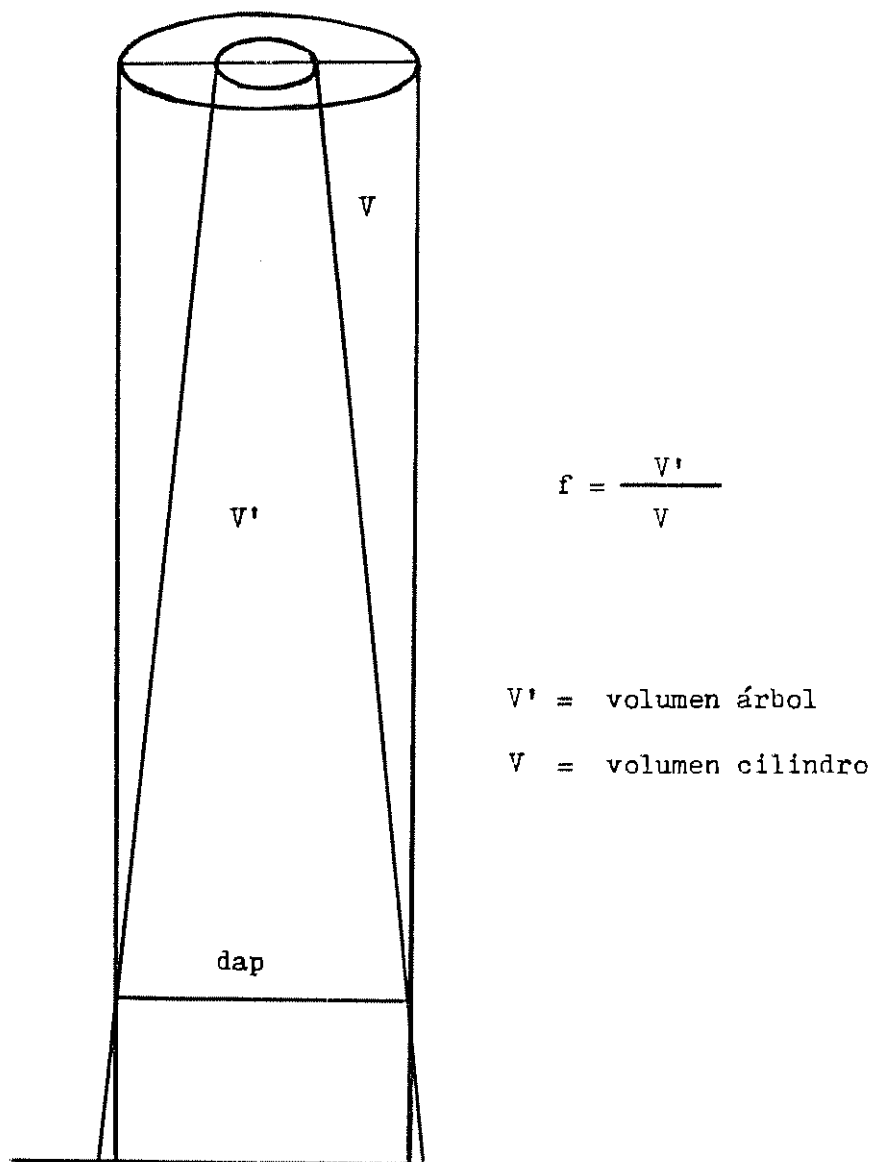


FIGURA 6. Fundamento del factor volumétrico de forma f .

2.4 Antecedentes del estudio de la forma

El empleo de tres variables independientes es inevitable en la preparación de tablas de conicidad. Estas tablas establecen el diámetro superior promedio de todas y cada una de las trozas de los árboles de una altura y de un diámetro a la altura de pecho dados. La variable dependiente es el diámetro superior de la troza y las variables independientes son el diámetro a la altura de pecho, la altura total del árbol y la altura del punto de medición del diámetro superior (5,7).

Modelos de regresión relativamente simples son suficientes para resolver muchos problemas forestales. Modelos más complejos, sin embargo, son a menudo necesarios para describir adecuadamente una superficie de respuesta sobre el completo alcance de las variables independientes. Por ejemplo, modelos complejos pueden ser necesarios en la descripción de la forma de los árboles. Aunque el tronco de un árbol no pueda ser descrito completamente en términos matemáticos, es común y conveniente asumir que segmentos del tronco de un árbol se asimilan a varios sólidos geométricos (28).

Funciones de forma, adecuadas para todos estos propósitos, han sido propuestas por muchos mensuradores (Hojer en 1903; Jonson en 1910 y 1911; Behre en 1923, 1927 y 1935; Matte en 1949; Osumi en 1959; Giurgiu en 1963; Prodan en 1965; Bruce y otros en 1968; Kosak y otros en 1969 y Demaerxchalk en 1971). Muchas de tales funciones han sido ajustadas con el diámetro como la variable dependiente y por eso no proveen óptimos estimados del volumen. Bruce y otros intentaron minimizar este problema usando d^2 como variable dependiente (10,24,42).

Munro, mencionado por Kosak (22), encontró que los diámetros superiores del fuste, diámetros sin corteza, podrían ser estimados con un error estándar de 2,06 pulgadas (5,23 cm) por medio de una función involucrando el d , h/H , y

h^2/H^2 . La relación básica para desarrollar la función de forma fue la función parabólica:

$$\frac{d_i^2}{d^2} = a + b \frac{h_i}{h} + c \frac{h_i^2}{h^2}$$

En donde:

d_i = diámetro sin corteza a cualquier altura h dada

h_i = altura desde el nivel del suelo hasta la ubicación de d_i

d = diámetro a la altura de pecho con corteza

h = altura total del árbol

a, b, c = coeficientes de regresión

La ecuación puede ser escrita así:

$$Y = a + b X + c X^2$$

En donde:

$$X = \frac{h_i}{h}$$

Gingrich y Burkhart, mencionados por Monserud (29) coincidieron en que un problema conexo de medición involucra la estimación del volumen comercial cuando los límites de comerciales cambian. A través de ecuaciones de volumen ha sido incorporado el uso del diámetro mínimo comercial en el tope superior como una variable independiente. Tal método no ha sido usado rutinariamente.

El problema común de estos métodos es el cálculo del volumen de una porción del fuste. Porque este fuste incompleto puede ser considerado como un sólido geométrico truncado, el volumen de interés es referido como un volumen truncado. El truncamiento puede ser debido a una ruptura real del ápice o debido a las normas de comercialidad tales como diámetro mínimo superior o el tope de bifurcación (29).

Las normas de comercialización son a menudo expresadas en términos de un diámetro mínimo en el límite superior del fuste. En el pasado, cuando dichas normas eran relativamente estables, fueron desarrolladas ecuaciones de volumen para árboles individuales según las normas comerciales. El desarrollo de estas ecuaciones no solo requieren considerable esfuerzo, sino que no siempre se comportan lógicamente cuando se consideran juntas. Como una solución al problema, Bailey y Clutter, construyeron ecuaciones de volumen para diferentes límites de comercialidad que difieren por una cantidad fija. Este procedimiento requiere gran cantidad de trabajo para desarrollar las restricciones para cada nuevo juego de normas comerciales (37).

Burkhart introdujo un método que permite la estimación directa del volumen para cualquier diámetro límite en el tope, siendo este diámetro mínimo superior una variable independiente. El método consiste en la derivación de una ecuación por el cálculo de la proporción entre el volumen comercial y el volumen total del árbol junto con la compañía de una ecuación del volumen total del árbol. Las predicciones del volumen comercial son entonces calculadas por la multiplicación de una proporción estimada del volumen comercial, por un estimado del volumen total del árbol y la aproximación de la relación del volumen comercial puede ser expresada en términos generales así (27):

$$V'_{dis} = (V_d) \times F_{dis}$$

En donde:

V'_{dis} = volumen comercial para cualquier límite

s = subscrito para especificar volumétrico o diámetros con y sin corteza: si $s = 0$, la variable es con corteza y, si $s = i$, la variable es sin corteza.

dis = diámetro límite del tope

V_d = volumen total del árbol

F_{dis} = relación entre el volumen comercial V'_{dis} y el volumen total V_d para cualquier diámetro límite del tope.

Reed y Green (37) se refirió al método descrito anteriormente, llamándolo ecuaciones de relación de volumen y lo definió como la expresión del volumen comercial, dado un grupo de límites de comercialización, como un porcentaje del volumen total del árbol.

Generalmente hablando, ha sido muy común describir las curvas del fuste de las especies de los árboles como polinomios de mediano a alto orden, probablemente porque los programas de computadora están preparados y disponibles (42).

Mucho del trabajo en este campo ha involucrado polinomios de segundo orden o más alto. Por ejemplo, Kosak y otros usaron un polinomio de segundo orden en altura relativa. Goulding y Murray usaron un polinomio de quinto orden, según indica Biging (4). La principal debilidad de este tipo de modelo ha sido la poca efectividad para caracterizar la parte más baja de un árbol con significativo abultamiento basal. Bitterlich recomendó que este tipo de curva debería ser usado solamente arriba de la altura de pecho y aun así, reduciendo el número de coeficientes del polinomio que ha de ser calculado, a uno (42).

Todos los conceptos antes mencionados hacen que las tablas de ahusamiento tengan ventaja por su fácil construcción y uso.

2.4.1 Referencias sobre el número de árboles muestra

Para un rodal monoespecífico y homogéneo, se puede considerar que se necesitan de 50 a 100 árboles para tarifas de una sola entrada y entre 80 y 150 árboles para tarifas de dos entradas (6).

Para tablas de volumen de doble entrada a base de la fórmula $V = a + b (D^2 \times L)$ se necesitan los datos de dap, altura y volumen de 150 a 200 árboles apeados dentro de todas las clases diámétricas (26).

Para la construcción de una tabla de doble entrada, es necesario cubicar cuidadosamente los árboles escogidos como representativos de la población. Cuanto mayor sea esta muestra, mayor será también la exactitud de la tabla. En cualquier caso, estos árboles tipo deberán ser representativos de todas las clases diamétricas, así como de las alturas, evitándose cualquier extrapolación para completar la tabla (2).

No hay una respuesta general para el número de árboles tipo a seleccionar para cualquier ecuación de cubicación. Cuanto mayor sea el número, más precisa será la estimación, pero ello depende también de otros muchos factores, la extensión superficial, el número de tipos de bosque, la variedad de factores de estación, etc. En áreas limitadas se han construido ecuaciones de cubicación "locales" para una determinada especie o grupo de especies, con 100 ó incluso menos árboles tipos (12).

Salazar y Palmer (40), tabularon 60 árboles de Gmelina arborea en las plantaciones de Manila, Siquirres, Costa Rica. La selección de los árboles se realizó en forma tal que quedaron representados los diámetros desde un dap mínimo de 20 cm hasta el máximo observado en el área de explotación. Se midió la altura total, el diámetro con y sin corteza a diferentes intervalos, partiendo del dap hasta un diámetro mínimo comercial de 10 cm en el eje principal. Para la elaboración de la tabla se utilizó la técnica de regresión lineal. Dado el alto ajuste lineal de las relaciones altura comercial-dap; volumen-altura (comerciales) y volumen comercial-dap, se consideró que no era necesario incluir más árboles dentro del mismo rango de valores.

Los 60 árboles fueron cubricados por medio de la fórmula de Smalian a través del programa de computación "VOLPROG" y se trató la última sección desde la medición más alta de diámetros hasta la punta, como un cono. El uso de este programa produjo variables de volumen total y comercial a diferentes diámetros con y sin corteza, las cuales se utilizaron para probar el ajuste de 15 modelos de regresión por medio del programa "VOLREG", seleccionándose así el modelo con mejor ajuste de acuerdo con el índice de Furnival: $\ln V = \ln d + \ln h$, en donde:

V = volumen comercial o total con y sin corteza expresado en m^3

d = dap en cm

h = altura total o comercial en m

ln = logaritmo natural en base e

Lega (25) en la elaboración de una tabla de volúmenes de doble entrada, utilizó 95 árboles de más de 14 especies de la zona de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Los árboles fueron escogidos de acuerdo con su apariencia física para uso potencial como postes para tendido eléctrico entre los árboles existentes en 18 parcelas de 100 m^2 ubicadas al azar.

El dap mínimo fue de 10 cm. El volumen de los árboles fue calculado por medio de la fórmula de Newton y se comparó la precisión de la misma en el cálculo del volumen real comercial al considerar el fuste como una sola sección y como tres secciones. El modelo escogido (25) fue utilizado previamente por Bethel y Turnbull en un bosque secundario viejo de Vietnam del Sur: $V = a (D^2L)^b$, en donde:

V = volumen total o comercial en metros cúbicos

d = dap en metros

L = altura total o comercial en metros

Las ecuaciones volumétricas se ajustaron por medio del método de cuadrados mínimos y se comprobaron por medio del análisis de varianza para cada especie luego de hechas las transformaciones logarítmicas. De las 14 especies sometidas a la prueba del modelo sólo dos especies no se ajustaron. El estudio fue realizado en un bosque natural secundario de 23,5 años de edad.

Peters (36) empleó entre 105 y 269 árboles muestra por especie en su trabajo sobre tablas de volumen para coníferas de Guatemala. Las mediciones realizadas sobre cada árbol muestreado fueron: dap, altura total, altura del tocón, largo de las trozas, diámetros centrales de las trozas siguientes de dos metros. A cada diámetro se le midió el grosor de la corteza. El volumen de los árboles fue calculado por medio de un programa de computación que cubica el tocón como cilindro, la troza basal con Newton, las trozas superiores con Huber, y finalmente la punta como cono; obteniendo por sumas parciales los volúmenes hasta 10,15,20 y 25 cm, que son los índices de utilización, como también el volumen total.

Los volúmenes para aserrío, pulpa o leña, fueron calculados por medio del método gráfico altura total-diámetros superiores y por diferencia entre las secciones del fuste y los largos de 8,10,12,14 y 16 pies, tratando de optimizar rendimientos y procurando obtener las longitudes más utilizadas en el mercado de Guatemala.

En la elaboración de tablas de volúmenes de algunas especies del Noroccidente Ecuatoriano hechas por Jadán (21), se utilizaron los siguientes números de árboles: 166 para Brosimum utile; 190 para Dialyanthera sp y Virola sp; 61 para Humiriastrum sp; 101 para las laureaceas; 116 para Dacryodes sp; 95 para las restantes especies comerciales y 245 para el grupo de especies no comerciales. El total de especies con-

sideradas comprendió 973 árboles. Las regresiones ensayadas fueron ajustadas a la fórmula logarítmica de Schumacher:

$$\text{Log } V = b_0 + b_1 \text{ Log (DAP)} + b_2 \text{ Log (H)}$$

Las mediciones hechas fueron: el dap, altura del tocón, altura del fuste, grosor de corteza y diámetros del fuste a cada dos metros con corteza hasta la primera bifurcación o hasta un diámetro comercial mínimo superior de 20 cm.

Resumido se puede concluir que los 300 árboles utilizados como muestra para obtener la tabla de ahusamiento sin corteza y los 197 árboles utilizados para derivar la tabla de ahusamiento con corteza en este estudio son suficientes y están contenidos dentro de los tamaños de las muestras utilizadas por otros autores.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Información del área en estudio

3.1.1 Localización

El estudio fue realizado en el área de plantación de Gmelina arborea Roxb. de la finca Monteverde propiedad de la empresa Celulosa de Turrialba, Sociedad Anónima. La finca se ubica en Pacuarito, Distrito Segundo del Cantón de Siquirres, Provincia de Limón y abarca una superficie total de 719 ha.

La plantación de melina tiene aproximadamente 500 ha de extensión, de las cuales unas 200 ha han sido aprovechadas y se encuentran con los rebrotes en estado de desarrollo. La superficie restante de la finca está ocupada por cultivos agrícolas, pastos y vegetación secundaria.

El uso de la tierra que precedió al actual fue el cultivo del Abacá (Musa textilis) para su industrialización local.

La finca se localiza sobre la intersección de las coordenadas geográficas 10°09' de latitud Norte y 83°25' de latitud Oeste en la Zona Atlántica de Costa Rica (Figura 7) y está comprendida entre los kilómetros 235 a 239 Norte y 599 a 602 Este de la cuadrícula Lambert, Costa Rica Norte (19, 20) como se muestra en la Figura 8. La altura sobre el nivel varía entre 5 y 10 m (19, 20).

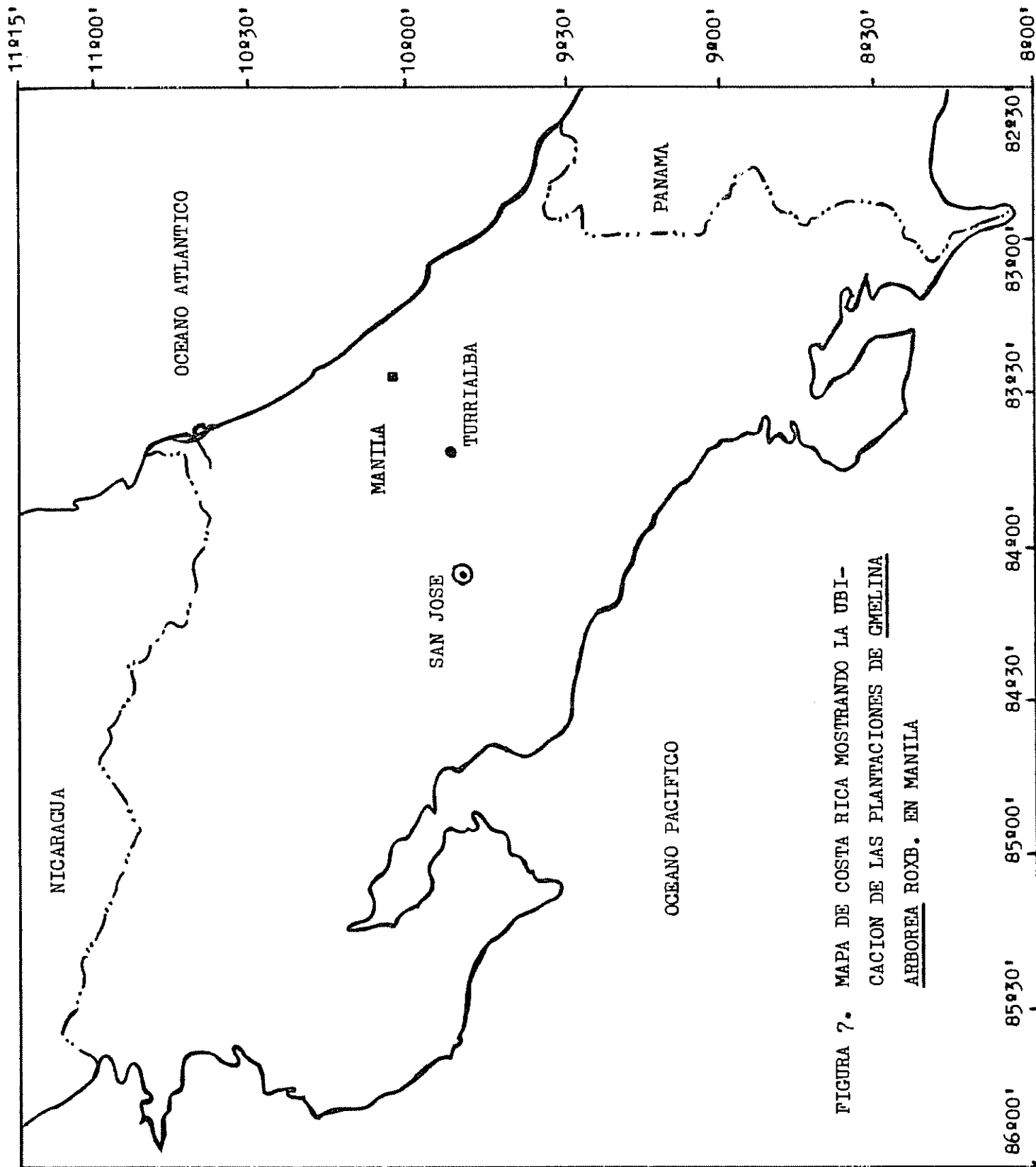
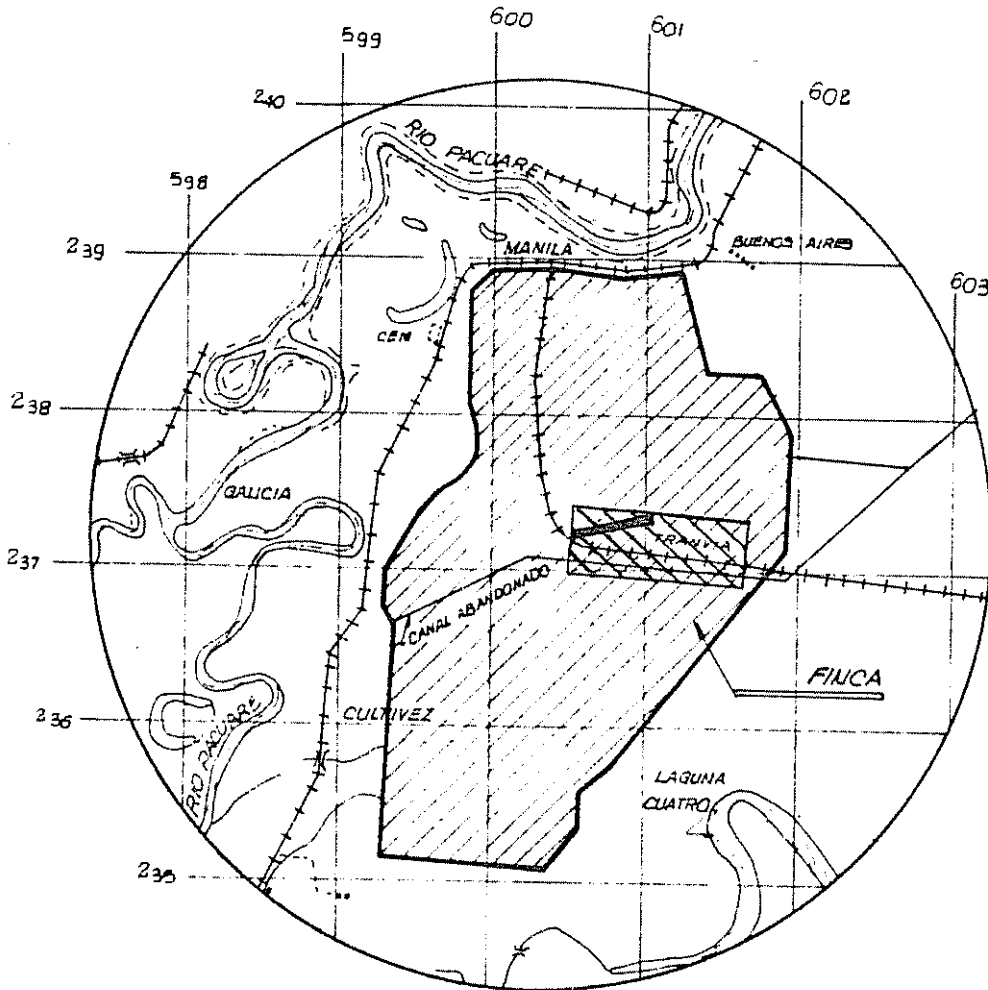


FIGURA 7. MAPA DE COSTA RICA MOSTRANDO LA UBICACION DE LAS PLANTACIONES DE GMEIINA ARBOREA ROXB. EN MANILLA



UBICACION GEOGRAFICA

ESCALA = 1:50,000

FIGURA 8. UBICACION DE LA FINCA MONTEVERDE MOSTRANDO EL AREA DE ESTUDIO CONTENIENDO LA FAJA DEL PREMUESTREO. Fuente : IGCR. 1962 (19,20)

3.1.2 Clima

Según el sistema mundial de clasificación de zonas de vida de Holdridge (18) el área en donde se desarrolla la plantación objeto de estudio corresponde a la formación de bosque húmedo Tropical, transición a perhúmedo con una temperatura media anual de 25°C y una precipitación media anual de 3500 mm. Tosi en su mapa ecológico (43) hace corresponder el área en estudio en la misma formación boscosa. No existe una época seca marcada.

El atlas climatológico de Costa Rica (1), indica una temperatura promedio anual de 25°C a 30°C, una precipitación promedio anual entre 3500 mm y 4500 mm.

3.1.3 Suelos

Según el mapa sobre asociación de subgrupos de suelos de Costa Rica (34), el suelo del área de estudio está clasificado como Typic Tropaquept asociado con Aeric Tropic Fluvaquent y se caracteriza por tener muy poco desarrollo, mal drenado, de colores claros, generalmente con concreciones y presente en regiones inundables.

Pérez y otros (33,34,35) clasifican estos suelos como aluviales de topografía plana, poco desarrollados, mal drenados y sujetos a inundaciones periódicas, limitaciones estas que los vuelven aptos para cultivos permanentes de tipo bosque.

Robinson y Striker (39) en su levantamiento de suelos de la finca, hecho hace 36 años, realizaron un mapa clasificándolos en cuatro categorías con respecto a sus aptitudes para el cultivo del abacá (Musa textilis). La clasificación fue basada en tres características: textura de la superficie del suelo, drenaje natural y textura del subsuelo. Por lo ge-

neral, la textura de la superficie del suelo clasificó como franco limoso y franco arenoso muy fino, y franco arcillo limoso. El drenaje natural (con existencia de la red de canales) fue clasificado como bueno, moderadamente bueno e imperfecto. El subsuelo fue clasificado como de texturas franco limoso y franco arenoso muy fino, y franco arcillo limoso.

Los suelos del área de estudio cuentan con una gran red de canales que proporcionan drenaje artificial y hacen posible la utilización de los mismos con grandes rendimientos.

3.2 Material experimental

El material experimental estuvo constituido por la plantación de 19 años de Gmelina arborea Roxb. existente en la finca Monteverde. La plantación se constituyó en sus inicios por el establecimiento de una serie de ensayos de espaciamientos y procedencias de esta especie provenientes de Asia, Africa y Honduras Británica.

Originalmente se contó con un grupo de 20 procedencias de las cuales por razones desconocidas se utilizaron únicamente cinco de estas (Onitsha, Bende, Iva Valley, Mamu e Ikrigon) para establecer por lo menos 595 ha de plantaciones con varios espaciamientos.

La participación en porcentaje de cada una de estas cinco procedencias en cada uno de los experimentos de que se tiene información fue de 50,20,15,10 y 5 respectivamente. Para cada experimento también se conoce que se utilizó un 71 por ciento de los árboles producidos en bolsa y 29 por ciento de árboles producidos en escoba o raíz desnuda. De los árboles producidos en bolsa dos terceras partes correspondieron al tamaño de bolsa de 10 por 15 cm y la tercera parte restante a un tamaño de 16 por 25 cm. Todo lo anterior debió

formar parte también de los ensayos realizados con esta especie. En el Cuadro 1 se presentan algunos datos sobre los experimentos conocidos con las mencionadas cinco procedencias establecidas a finales de 1966 y a principios de 1967.

Otros dos ensayos de procedencias se realizaron en el segundo semestre de 1967. La procedencia Sierra Leona fue utilizada en el establecimiento de un experimento de nueve diseños de plantación con una superficie de 0,25 ha cada uno, y 9819 árboles producidos con semilla procedente de Belice fueron dispuestos para establecer un ensayo con esta procedencia.

En los siguientes años al establecimiento de todos estos experimentos antes mencionados se realizaron ensayos de podas y raleos, así como de establecimiento de parcelas por medio de siembra directa de las semillas hasta que en 1970 ocurrió la inundación de las plantaciones por el desbordamiento del Río Pacuare.

El objetivo principal de toda esta etapa experimental de las plantaciones en la finca Monteverde fue crear una futura fuente de semillas y de información científica para desarrollar las plantaciones del proyecto de Jari en Brasil.

Probablemente los daños y los disturbios ocasionados por la inundación influyó severamente para que el objetivo y el interés científico fueran abandonados a tal grado que no existen registros ni información suficiente como para ubicar las procedencias en los espaciamientos utilizados en el campo.

Cuadro 1. Información conocida sobre algunos experimentos realizados con las procedencias Onitsha, Bende, Iva Valley, Mamu e Ikrigon de la especie Gmelina arborea Roxb. en la finca Monteverde, Manila, Siquirres.

Exp. Nº	Area (ha)	Diseño (m)	Fecha de establecimiento	
			Inició	Terminó
2	10	3,0 x 3,0	26-09-66	no hay datos
3	2	3,0 x 3,0	25-10-66	02-11-66
4	30	2,0 x 2,0	27-02-67	01-03-67
5	80	2,5 x 2,5	17-11-66	18-01-67
6	283	3,0 x 3,0	14-12-66	07-01-67
7	160	3,5 x 3,5	07-01-67	06-02-67
8	30	4,0 x 4,0	22-02-67	27-02-67
595 ha				

3.3 Metodología

3.3.1 Distribución diamétrica y número de muestras

Con el objeto de obtener la distribución diamétrica de la plantación a estudiar se realizó un muestreo en un área de aproximadamente 35 m de ancho por 520 m de largo para tomar los registros de 1000 árboles o más.

En esta faja se tomó el diámetro a la altura de pecho (1,3 m) con corteza a cada uno de 1111 árboles que resultaron de esta medición preliminar. El muestreo se trató de ubicar dentro del diseño de plantación de 3 m x 3 m (1111 árboles/ha) y se supone que fue realizado en el experimento 6 de la plantación que se presenta en el Cuadro 1. El tamaño de esta muestra preliminar se debió a que no es posible ubicar las cinco procedencias utilizadas en la plantación y así, en caso de que se hubiese establecido el muestreo en una zona en que convergieron dos o más procedencias de las

cinco utilizadas (Onitsha, Bende, Iva Valley, Mamu e Ikrigon), la medición de 1111 árboles asegura que por lo menos más de una variedad estuviera representada según el diseño utilizado en la plantación, 3 m x 3 m.

Del premuestreo se obtuvo 1111 registros de diámetro a la altura de pecho. Se calculó la desviación estándar para determinar el tamaño de la muestra.

Los diámetros se midieron con cinta diamétrica con aproximación al milímetro. El diámetro mínimo se estableció en 7,5 cm por razones de mercado. Luego de medidos los diámetros se procedió a totalizarlos por clases diamétricas de centímetro en centímetro (clase 1), tal y como se registraron en el campo.

3.3.2 Cubicación y muestreo

Para obtener una buena consistencia en los resultados del estudio de la forma de la especie utilizada, se dispuso realizar un muestreo de 300 árboles para obtener un error máximo permisible de 1,6 cm según la desviación estándar de 14,17 cm en los diámetros del premuestreo y un intervalo de confianza de 95%.

Previamente a la cubicación de los árboles, estos se distribuyeron proporcionalmente de acuerdo a la frecuencia resultante de la distribución diamétrica estandarizada obtenida en el premuestreo. Así, se determinó los árboles por clase diamétrica a cubicar.

3.3.3 Mediciones antes del apeo

3.3.3.1 Diámetros

Se midió el diámetro a la altura de pecho de cada árbol (1,30 m) para ir cubriendo la cuota correspondiente a la respectiva clase diámetrica. Se marcó este punto de medición con cuchillo (1,3 m) como referencia para las otras medidas sobre el fuste luego de volteado el árbol. La medición se hizo con cinta diamétrica con aproximación al centímetro.

3.3.3.2 Grosor de corteza

Se midió el grosor de la corteza con un medidor de corteza con aproximación a milímetros sobre el diámetro a la altura de pecho (dap). El grosor de corteza se obtuvo por medio de dos mediciones de la misma ubicadas a 180° aproximadamente una de la otra sobre la circunferencia a la altura de pecho. Ambas mediciones se anotaron y en la oficina se obtuvo el promedio.

3.3.3.3 Redondeo

Las reglas utilizadas para el redondeo de los números de las aproximaciones utilizadas en las medidas de las longitudes de los diámetros, alturas y grosores de corteza fueron las que generalmente son usadas, que muy bien describe Caballero (6) y que se pueden resumir de la siguiente manera:

- 1) Valores con la cifra posterior a la de aproximación menor que 5, se redondearon al valor de la cifra de aproximación presente.
- 2) Valores con la cifra posterior a la de aproximación mayor que 5, se redondearon a la cifra inmediata superior del valor de la cifra de aproximación presente.

- 3) Valores con la cifra posterior a la de aproximación igual a 5, se redondearon a la cifra de aproximación superior cuando el valor presente de dicha cifra fue impar y se redondearon a la cifra de aproximación presente cuando esta fue par.

La práctica de estas reglas minimizan los errores acumulativos del redondeo.

3.3.4 Mediciones después del apeo

3.3.4.1 Altura de tocón

Inmediatamente después del apeo de cada árbol se procedió a medir la altura del tocón, definida por la longitud existente entre el nivel del suelo y el punto más alto del cuerpo del tocón. La altura del tocón se midió con cinta métrica con aproximación al centímetro.

3.3.4.2 Altura total

Se definió la altura total de cada árbol por la distancia entre el nivel del suelo y el eje de mayor altura en la parte superior de la copa cuando no existió dominancia del eje principal. La altura total se midió con cinta diamétrica con aproximación al decímetro desde la marca hecha con cuchillo a 1,3 m hasta su extremo opuesto como se definió anteriormente y haciendo coincidir 1,3 m de la cinta métrica con la marca dicha.

3.3.4.3 Altura comercial

Se midió con cinta métrica y aproximada al decímetro. Estuvo definida por la distancia entre el nivel del suelo en la base del árbol y el diámetro mínimo. El diámetro mínimo

con corteza para la longitud comercial estuvo determinado por el uso de la especie en aserrío, pulpa y leña; determinándose valores de veinticinco, diez y cinco centímetros respectivamente. En los casos en que el árbol presentó bifurcaciones se anotó la altura de bifurcación y se realizaron mediciones sobre cada uno de los ejes de la bifurcación.

3.3.4.4 Cubicación con secciones de longitud fija

Cuando estuvo cada árbol sobre el suelo se dividió el fuste en secciones fijas de un metro de longitud. Las secciones se determinaron iniciándose desde la medición del diámetro del tocón hasta el diámetro mínimo de cinco centímetros. El diámetro del tocón se midió con cinta diámetrica sobre la parte más alta del mismo que presentó la circunferencia completa. Este diámetro fue asumido como el diámetro del tocón al nivel del suelo (cero metros) y se denominó como D_0 .

El segundo diámetro medido correspondiente a la altura de un metro se ubicó 30 cm abajo de la marca hecha con cuchillo a 1,3 m (dap) antes del derribo del árbol y fue denominado como D_1 . El tercer diámetro medido correspondió a la altura de dos metros (D_2). Así sucesivamente se fueron realizando las mediciones hasta establecer la última sección de un metro de longitud con un diámetro mínimo en su extremo más delgado no menor que cinco centímetros con corteza, así se puede observar en la Figura 9.

Generalmente, después de la última sección de un metro de longitud fija, fue definida una sección adicional. Este volumen adicional estuvo definido por la longitud existente entre el diámetro menor de la última sección de longitud fija de un metro y el punto de definición de la altura comercial para leña (extremo máximo del fuste con diámetro con corteza

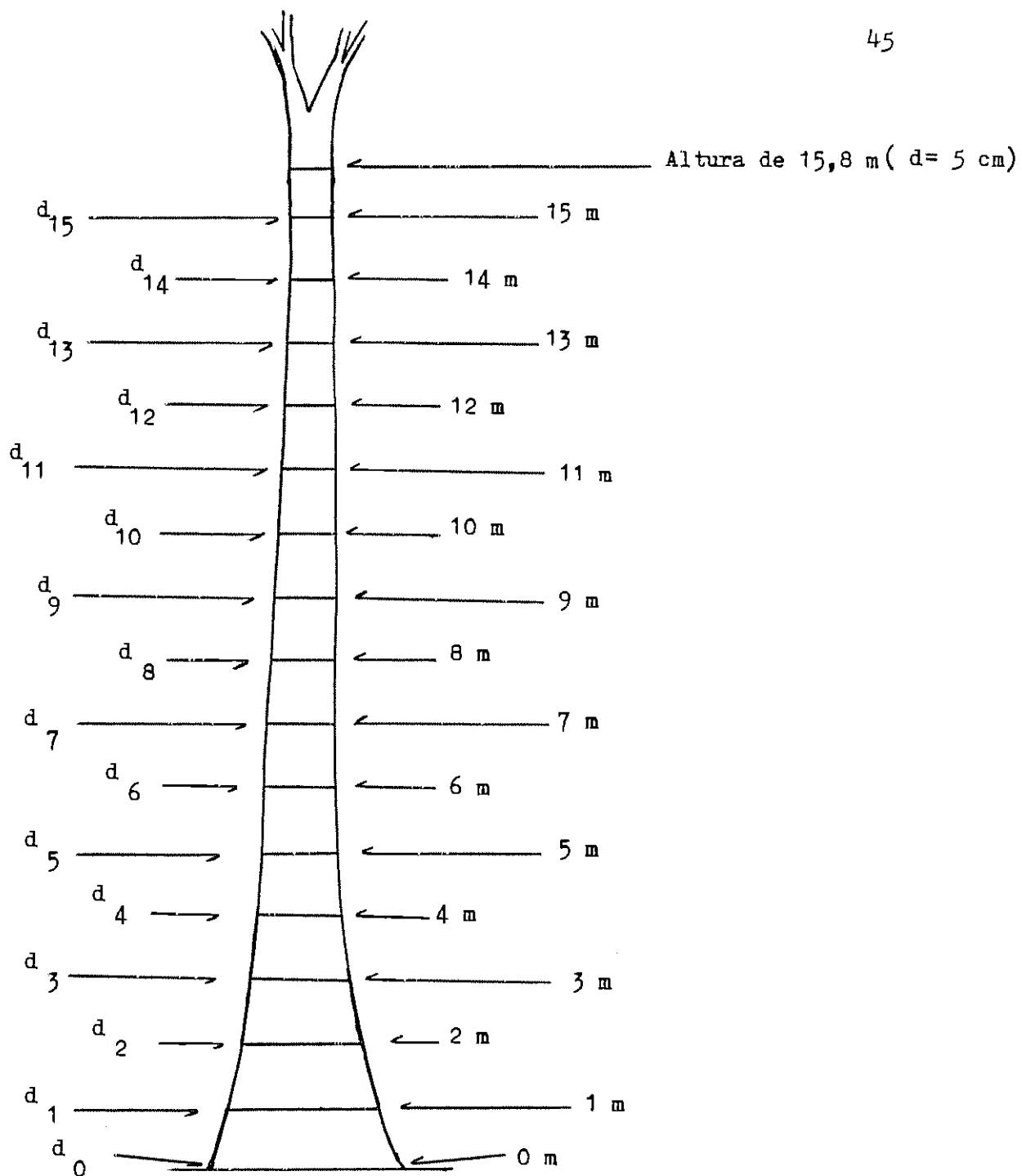


FIGURA 9. Dibujo del fuste de un árbol mostrando su división en secciones de longitud fija a cada metro. Hecho sin escala.

igual a cinco centímetros). Este volumen adicional presente en la mayor parte de los árboles cubicados significó una sección adicional con una longitud menor que un metro. Esta longitud se obtuvo por deducción de la sumatoria del número de las secciones de longitud fija a la longitud de la altura comercial para leña.

En los casos de árboles que no presentaron un eje central, se escogió el más grueso y más centrado con respecto a la línea de equilibrio del árbol. Cuando se presentaron ejes con las características antes mencionadas muy similares, se escogió el más recto y con menos bifurcaciones y ramas. En general, los troncos de los ejes no presentaron ramas de consideración para ser medidas. Las ramas y ejes no escogidas como centrales, se midieron aparte como se describe en la sección 3.4.6.

Todas las mediciones de diámetros hechas para utilizar el sistema de cálculo del volumen por medio de secciones de longitud fija fueron acompañadas por dos mediciones de grosor de corteza cuyo promedio fue calculado posteriormente en la oficina. Las mediciones de corteza se ubicaron aproximadamente a 180° una de la otra sobre la circunferencia descrita por cada diámetro medido.

El volumen de cada árbol fue calculado por la sumatoria de las secciones de longitud fija en que se dividió el fuste. A cada sección se le aplicó la fórmula de Smalian. Para el cálculo del volumen de cada fuste se utilizó una fórmula cuya construcción y expresión en términos generales se presenta en el Anexo 1.

3.3.4.5 Cubicación con secciones de longitud variable

Después de la toma de datos para la cubicación del fuste por secciones de longitud fija y así obtenida la longitud

comercial definida por el diámetro mínimo de cinco centímetros se obtuvieron las secciones de longitud variable. Estas se definieron por la transformación de altura comercial mencionada en longitudes relativas para la cubicación del fuste por medio de la fórmula de Hohenadl (6,32).

$$V = \frac{\pi}{4} \times 0,2 \times h \times (d_{0,1}^2 + d_{0,3}^2 + d_{0,5}^2 + d_{0,7}^2 + d_{0,9}^2)$$

En donde:

- V = Volumen total comercial
- h = Longitud total de la altura comercial
- $d_{0,1}$ = Diámetro medido a un 10% de h
- $d_{0,3}$ = Diámetro medido a un 30% de h
- $d_{0,5}$ = Diámetro medido a un 50% de h
- $d_{0,7}$ = Diámetro medido a un 70% de h
- $d_{0,9}$ = Diámetro medido a un 90% de h

El cálculo para obtener las longitudes relativas se realizó en el campo por medio de calculadora de bolsillo multiplicando la altura comercial por 0,1; 0,3; 0,5; 0,7 y 0,9. Lo anterior implica que árboles con diferente altura comercial contuvieron longitudes relativas diferentes.

Las cinco longitudes relativas calculadas para cada árbol correspondieron al punto de medición del diámetro ubicado en la mitad de la longitud de las cinco secciones en que se divide el fuste para aplicar el principio de Hohenadl como se explica en el Anexo 2 y en la Figura 10. Las longitudes se midieron sobre el fuste por medio de cinta diamétrica con aproximación al centímetro y los diámetros con corteza por medio de cinta diamétrica con aproximación al centímetro.

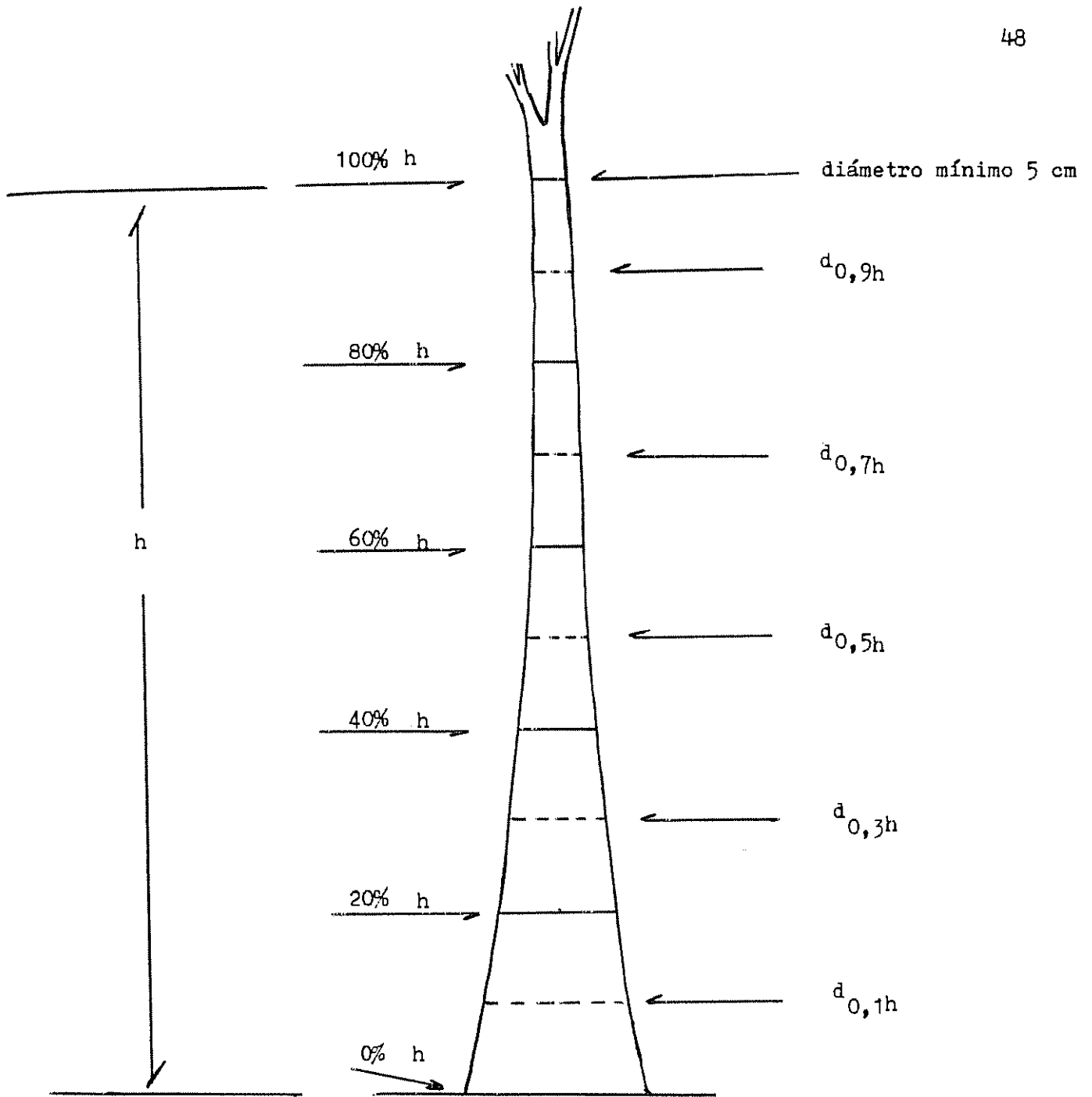


FIGURA 10. División del fuste según el principio de Hohenadl utilizando cinco secciones de longitud relativa y proporcionales a la altura total H .

Dado que las longitudes de las cinco secciones en que se dividió cada fuste son diferentes en árboles con altura comercial diferente se denominó el método de cubicación por medio de secciones de longitud variable en contraposición del método de cubicación por medio de secciones de longitud fija (un metro) también utilizadas en este estudio.

3.3.5 Factores volumétricos de forma

Se realizaron las mediciones necesarias para utilizar nueve factores o coeficientes volumétricos de forma y realizar comparaciones. El origen y desarrollo de las fórmulas de los factores o coeficientes volumétricos de forma utilizados se presentan en el Anexo 3.

Los factores o coeficientes volumétricos de forma utilizados fueron los siguientes:

1. Coeficiente volumétrico de forma de Prodan

$$CVK_{0,5} = \left[\frac{d'_{0,5}}{d_{0,1}} \right]^2$$

2. Coeficiente volumétrico de forma normal o de Schiffel

$$CVSchiffel = \left[\frac{d_{0,5}}{d(ap)} \right]^2$$

3. Coeficiente volumétrico absoluto de forma

$$CVabsoluto = \left[\frac{d'_{0,5}}{d(ap)} \right]^2$$

4. Coeficiente volumétrico de Girard

$$CVGirard = \left[\frac{d_{16's.c.}}{d(ap)} \right]^2$$

5. Coeficiente natural de la forma

$$f' = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g_{0,1h} \times h}$$

6. Coeficiente artificial de la forma

$$f = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g \times h}$$

7. Factor mórfico

$$FM = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g \times L}$$

8. Coeficiente volumétrico derivado de Pressler

$$CVP = \frac{2 L'}{3 L}$$

9. Coeficiente volumétrico derivado de Hossfeld

$$CVH = 0,75 \left[\frac{d_{1/3}}{dap} \right]^2$$

Todos los diámetros fueron medidos por medio de cinta diámetrica con aproximación al centímetro y fueron los siguientes:

d_{ap} = medido antes del apeo

$d'_{0,5}$ = d'_m = diámetro ubicado a la mitad de la longitud entre el punto a 1,3 m y la punta del árbol

$d_{0,1}$ = diámetro a un 10% de la altura comercial desde el nivel del suelo

$d_{0,5}$ = diámetro a la mitad de la altura total desde el suelo

$d_{16's.c.}$ = diámetro sin corteza en el extremo superior de la primera troza de 16 pies (4,88 m) sobre el fuste derribado (árbol apeado)

$d_{1/3 h}$ = diámetro a un tercio de la altura total

$g_{0,1}$ = área basal obtenida del $d'_{0,9}$

g = A = área basal obtenida del $d(ap)$

Vol. del fuste = para las fórmulas 5 y 6 se utilizó el volumen calculado por medio del método de secciones de longitud variable o relativa. Para la fórmula 7 se utilizó el volumen calculado por medio de las secciones de longitud fija.

h = altura total del árbol

L = altura total comercial o del fuste

L' = altura en metros desde el nivel del suelo hasta donde el diámetro corresponde a la mitad del $d(ap)$

Las longitudes necesarias para la aplicación de las fórmulas para el cálculo de los factores volumétricos de forma fueron medidas con cinta métrica. Las aproximaciones correspondieron así:

- al decímetro en las longitudes totales
- al centímetro en las porciones de longitud total para la ubicación de diámetros intermedios a medir

3.4 Análisis de datos

3.4.1 Distribución diamétrica

En el muestreo fueron medidos 1111 árboles en su dap , luego se agruparon en clases diamétricas de un centímetro como se puede observar en el Cuadro 2. El diámetro mínimo encontrado fue de ocho centímetros y el máximo de 63 cm. Todas las 56 clases resultantes tuvieron representación en la distribución diamétrica obtenida. Debido al amplio rango diamétrico presentado se repartió la distribución en clases diamétricas de cinco centímetros. El Cuadro 3 presenta tal distribución.

Cuadro 2. Distribución diamétrica de la plantación de Gmelina arborea en Manila, Siquirres, según premuestreo de 1111 árboles

Límites de clase	Centro de clase dap cc cm	Frecuencia observada	
		n	%
7,5 - 8,4	8	15	1,35
8,5 - 9,4	9	17	1,53
9,5 - 10,4	10	15	1,35
10,5 - 11,4	11	21	1,89
11,5 - 12,4	12	21	1,89
12,5 - 13,4	13	23	2,07
13,5 - 14,4	14	14	1,26
14,5 - 15,4	15	17	1,53
15,5 - 16,4	16	27	2,43
16,5 - 17,4	17	27	2,43
17,5 - 18,4	18	32	2,88
18,5 - 19,4	19	20	1,80
19,5 - 20,4	20	23	2,07
20,5 - 21,4	21	24	2,16
21,5 - 22,4	22	21	1,89
22,5 - 23,4	23	26	2,34
23,5 - 24,4	24	31	2,79
24,5 - 25,4	25	27	2,43
25,5 - 26,4	26	31	2,79
26,5 - 27,4	27	26	2,34
27,5 - 28,4	28	23	2,07
28,5 - 29,4	29	33	2,97
29,5 - 30,4	30	22	1,98
30,5 - 31,4	31	20	1,80
31,5 - 32,4	32	28	2,52
32,5 - 33,4	33	20	1,80
33,5 - 34,4	34	16	1,44
34,5 - 35,4	35	23	2,07
35,5 - 36,4	36	20	1,80
36,5 - 37,4	37	21	1,89
37,5 - 38,4	38	23	2,07
38,5 - 39,4	39	26	2,34
39,5 - 40,4	40	28	2,52
40,5 - 41,4	41	29	2,61
41,5 - 42,4	42	24	2,16
42,5 - 43,4	43	27	2,43
43,5 - 44,4	44	18	1,62
44,5 - 45,4	45	23	2,07
45,5 - 46,4	46	21	1,89
46,5 - 47,4	47	18	1,62
47,5 - 48,4	48	19	1,71
48,5 - 49,4	49	12	1,08
49,5 - 50,4	50	15	1,35

Continuación Cuadro 2.

Límites de clase	Centro de clase dap cc cm	Frecuencia observada	
		n	%
50,5 - 51,4	51	13	1,17
51,5 - 52,4	52	16	1,44
52,5 - 53,4	53	14	1,26
53,5 - 54,4	54	13	1,17
54,5 - 55,4	55	16	1,44
55,5 - 56,4	56	14	1,26
56,5 - 57,4	57	11	0,99
57,5 - 58,4	58	13	1,17
58,5 - 59,4	59	13	1,17
59,5 - 60,4	60	6	0,54
60,5 - 61,4	61	5	0,45
61,5 - 62,4	62	6	0,54
62,5 - 63,4	63	4	0,36

dap = diámetro altura de pecho (1,30 m)

Cuadro 3. Distribución de frecuencias de los 1111 árboles agrupados en clases de cinco centímetros de dap

Límites de clase cm	Centro de clase cm	Frecuencia observada	
		n	%
7,5 - 12,4	10	89	8
12,5 - 17,4	15	108	10
17,5 - 22,4	20	120	11
22,5 - 27,4	25	141	12
27,5 - 32,4	30	126	11
32,5 - 37,4	35	100	9
37,5 - 42,4	40	130	12
42,5 - 47,4	45	107	10
47,5 - 52,4	50	75	7
52,5 - 57,4	55	68	6
57,5 - 62,4	60	47	4
TOTAL		1111	100

En vista de que la distribución de la muestra obtenida no era normal, se determinó una distribución normal estandarizada a partir de los datos de la muestra diamétrica. Luego se calculó la probabilidad de ocurrencia de cada clase diamétrica dentro de la distribución normal estandarizada como se observa en el Cuadro 4, en donde también se puede observar el número de los árboles a cubicar por clase diamétrica en el campo.

Cuadro 4. Cálculo de la probabilidad de ocurrencia para cada clase diamétrica y el respectivo número de árboles a cubicar

Clase	Variables estandarizadas	Áreas bajo curva normal estandarizada	Probabilidad ($Z_1 - Z_2$)	Árboles a cubicar
7,5 - 12,4	-1,76 a -1,41	0,4606 -0,4206	0,0400	13
12,5 - 17,4	-1,40 a -1,06	0,4192 -0,3551	0,0641	21
17,5 - 22,4	-1,05 a -0,71	0,3528 -0,2610	0,0919	30
22,5 - 27,4	-0,70 a -0,35	0,2580 -0,1366	0,1214	40
27,5 - 32,4	-0,34 a 0,00	0,1329 -0,0000	0,1329	43
32,5 - 37,4	0,00 a 0,35	0,0000 -0,1366	0,1366	44
37,5 - 42,4	0,36 a 0,70	-0,1404 +0,2580	0,1176	38
42,5 - 47,4	0,71 a 1,05	-0,2610 +0,3550	0,0941	30
47,5 - 52,4	1,06 a 1,41	-0,3551 +0,4206	0,0655	21
52,5 - 57,4	1,42 a 1,76	-0,4220 +0,4606	0,0386	13
57,5 - 62,4	1,77 a 2,11	-0,4615 +0,4825	0,0210	7
TOTAL				300

3.4.2 Análisis de tendencias

Partiendo de los 302 árboles muestra disponibles (se perdieron los datos de dos árboles) con un mínimo de 33 y un máximo de 131 variables medidas por árbol y grabadas en 1520 registros, se analizaron las relaciones entre las principales variables dasométricas referentes a la forma de la especie en estudio.

3.4.3 Factores diamétricos de forma

Se utilizaron los siguientes factores o coeficientes diamétricos de forma:

- Coeficiente diamétrico de forma de Prodan
- Coeficiente diamétrico de forma normal o de Schiffel
- Coeficiente absoluto de forma
- Coeficiente de forma de Girard

Estos cuatro coeficientes diamétricos se transformaron a coeficientes volumétricos como se muestra en el Anexo 3. De esta manera, los factores diamétricos antes citados, ya transformados, pueden formar parte en las comparaciones con factores volumétricos de forma propiamente definidos.

La transformación consistió en calcular el cociente entre los diámetros de referencia para cada factor diamétrico y elevarlo al cuadrado.

3.4.4 Cálculo de volúmenes del fuste

Con el objeto de desarrollar los factores volumétricos de forma se calcularon dos tipos de volumen para cada árbol, según el método de división del fuste.

Para calcular el volumen comercial de cada árbol por medio del método de división del fuste comercial en secciones de longitud fija, se procesó, a partir del programa SAS, la fórmula expuesta en el punto 3.3.4.2. Este volumen se designó como VOLFCC (volumen fijo con corteza).

De igual forma se calculó el volumen comercial de cada árbol mediante el método de división del fuste en secciones de longitud variable, utilizando la fórmula expuesta en el punto 3.3.4.3 y se designó como volumen variable con corteza (VOLVCC).

Otro volumen que se analizó fue el de las ramas, designado como VOLRA. Fueron calculados los volúmenes para cada rama en los árboles con ramificaciones existentes a través de la longitud del fuste comercial y antes del diámetro mínimo establecido de cinco centímetros.

3.4.5 Factores volumétricos de forma

Además de los cuatro factores diamétricos transformados a factores volumétricos, se calcularon otros cinco factores.

Para el cálculo de los coeficientes natural y artificial se utilizó el VOLVCC como numerador en ambas fórmulas aplicando así el principio de Hohenadl (6). En el cálculo del factor mórfico se usó el VOLFCC en el numerador de la fórmula a desarrollar.

Los denominadores de las fórmulas de los tres coeficientes antes mencionados así como los miembros de las fórmulas de los otros dos coeficientes restantes correspondieron a los que se especifican según la metodología en el punto 3.3.5. Por medio de análisis de variancia se obtuvieron los cuadrados medios del error para realizar las comparaciones de rangos múltiples. El comparador utilizado fue el de Tukey (HSD) para comparar los nueve factores volumétricos de forma aplicados a la muestra utilizada correspondiente a 302 árboles.

Los factores de forma no son constantes, están sujetos a cambios sobre todo con respecto al dap. Lo anterior implica que es muy riesgoso usar un solo factor de forma para árboles individuales. Al contrario, hay que usar un factor mórfico individual para cada clase diamétrica, por lo menos (17).

Por las mismas razones, se agruparon los resultados de los factores volumétricos de forma en 11 clases diamétricas de cinco centímetros. Luego se realizaron análisis de varianza y pruebas de Tukey (HSD) para cada clase obtenida.

Todos los cálculos se realizaron mediante el uso del paquete estadístico SAS.

3.4.6 Tabla de volúmenes para ramas o ejes

Se estableció una ecuación matemática para describir la relación existente entre el volumen con corteza de las ramas o ejes de los árboles bifurcados y, el diámetro y longitud de las mismas. Las ramas o ejes fueron definidas luego de seleccionar el fuste o eje central como el más grueso y más centrado con respecto a la línea de equilibrio de cada árbol con bifurcaciones.

El método utilizado se inició con la medición de los diámetros con corteza a cada metro desde la base de la rama (punto de unión de la rama o eje con el fuste) hasta un índice de utilización de cinco centímetros (punto en donde el extremo libre de la rama o eje presentó un diámetro de cinco centímetros).

La distancia comprendida entre los dos extremos de las ramas antes mencionados definió el largo comercial de las ramas (LARRA).

Debido a la presencia de amorfidades en los puntos de unión entre las ramas y el fuste de los árboles (ubicación del diámetro de la base de la rama), y a las inconveniencias que conllevan las mediciones de diámetros en estos puntos cuando los árboles están en pie, no se utilizó el diámetro basal de las ramas para calcular la medición del volumen de las ramas. En su lugar, se utilizó el diámetro con corteza

medido en el primer metro de longitud del largo de la rama (LARRA). Este diámetro a correlacionar se designó como DM.

Luego se calculó el volumen con corteza VOLRACC para cada rama por el método de secciones de longitud fija y se hizo una regresión del volumen de ramas con corteza en función del diámetro mayor DM y el largo comercial de las ramas LARRA.

Con la ecuación obtenida se desarrolló una tabla de volumen comercial con corteza para ramas, hasta un índice de aprovechamiento de cinco centímetros.

3.4.7 Tablas de conicidad o ahusamiento

Se procedió a analizar los datos de las mediciones de los diámetros superiores con corteza tomados a cada metro de altura para conseguir los coeficientes diamétricos superiores.

Por medio del procedimiento GLM (General Linear Models) del paquete estadístico SAS se calcularon los coeficientes diamétricos superiores para cada árbol y luego se realizó un análisis de regresión del coeficientes diamétricos en función de la altura de ubicación del coeficiente y de la altura total del árbol. Lo anterior para los 197 árboles no bifurcados, se asumió que no existen diferencias en volumen de los fustes entre árboles bifurcados y no bifurcados.

El mismo procedimiento se utilizó para los diámetros de los 302 árboles bifurcados y no bifurcados disponibles, luego de deducirles el grosor de corteza, obteniéndose así una regresión del coeficiente diamétrico sin corteza en función de las mismas dos variables mencionadas.

3.4.8 Tablas de volumen para varios usos de la madera

Con el objeto de materializar las ventajas que se pueden derivar del uso de las tablas de ahusamiento se construyeron seis tablas para ser utilizadas según el uso que se le de a la madera de los árboles.

1. Tabla de volumen del fuste sin corteza para aserrío hasta un índice de utilización de 25 cm.
2. Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa hasta un índice de utilización de 10 cm.
3. Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa y/o postes hasta un índice de utilización de 5 cm.
4. Tabla de volumen del fuste sin corteza para pulpa sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm.
5. Tabla de volumen del fuste sin corteza para postes sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm.
6. Tabla de volumen del fuste con corteza para leña hasta un índice de utilización de 5 cm.

3.4.8.1 Tabla de volumen sin corteza para aserrío hasta un índice de aprovechamiento de 25 cm

Se calculó la altura de ubicación del índice de aprovechamiento de 25 cm (ALT25) por medio de la ecuación del coeficiente de ahusamiento sin corteza en función de las alturas intermedias a cada metro y la altura total no sin antes sustituir con 25 cm el numerador del coeficiente de ahusamiento sin corteza ($COFSC = d_i/dap$) y transformar la ecuación que describe el ahusamiento para expresarla en términos de la altura máxima de aprovechamiento para aserrío en

función del dap sin corteza; la altura total y el diámetro superior constante de 25 cm.

Luego cada altura de aprovechamiento para aserrío calculada definió la sección del fuste aserrable para cada dap y altura total dados. La ecuación de ahusamiento expresada como la altura máxima para aserrío en función del dap sin corteza, la altura total (ALTOT) y el diámetro superior mínimo para aserrío ($d_i + 25$ cm), en este caso constante como índice de utilización, es la siguiente:

$$((25/dapsc) - 0,9357 - 0,0057 \times ALTOT) / - 0,038 = ALT25$$

La sección aserrable definida anteriormente por la longitud calculada determinó el volumen total sin corteza a calcular para aserrío hasta un índice de utilización de 25 cm. Lo anterior para cada dap y cada altura total dados.

Determinados así las secciones aserrables, se calculó el volumen sin corteza a cada sección definida con el uso de la fórmula para el cálculo del volumen por medio de secciones fijas de un metro, la cual se describe en el Anexo 1. A la primera sección de un metro se le descontó 30 cm para deducir el volumen del tocón.

Los diámetros sin corteza a cada metro de altura se calcularon utilizando la ecuación de ahusamiento para coeficientes diamétricos sin corteza (COFSC) expresada en términos del diámetro superior (d_i) en función del dap multiplicado por el coeficiente diamétrico sin corteza (COFSC) respectivo.

El COFSC, a su vez en la ecuación, expresado en función de la altura fija o intermedia a cada metro (ALTF) y de la altura total (ALTOT).

La ecuación de ahusamiento en los términos antes descritos es la siguiente:

$$d_i = d_{ap} \times (0,9357 + 0,00057 \times \text{ALTOT} - 0,038 \times \text{ALTF})$$

3.4.8.2 Tabla de volumen total sin corteza para pulpa hasta un índice de utilización de 10 cm

Siguiendo la misma metodología usada para el cálculo del volumen aserrable sin corteza se obtuvo el volumen total sin corteza utilizable como pulpa para fabricar papel.

Se fijó un índice de aprovechamiento de 10 cm cuya altura se definió en la parte basal desde el nivel del suelo (cero metros) hasta el punto del fuste con diámetro de 10 cm.

3.4.8.3 Tabla de volumen total sin corteza para pulpa y/o postes hasta un índice de utilización de 5 cm

Con la misma metodología usada en la determinación de las dos tablas anteriores se calculó el volumen total sin corteza bajo un índice de utilización de 5 cm. La altura de utilización fue definida desde el nivel del suelo hacia arriba hasta un diámetro de 5 cm en el fuste.

3.4.8.4 Tabla de volumen del fuste sin corteza sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm

Se calculó por diferencia entre el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 10 cm y el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 25 cm, el volumen sin corteza para pulpa.

3.4.8.5 Tabla de volumen del fuste sin corteza sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm

También se calculó por diferencia entre el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 10 cm y el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 5 cm, el volumen sin corteza para pulpa y/o postes.

3.4.8.6 Tabla de volumen del fuste con corteza para leña hasta un índice de utilización de 5 cm

Siguiendo la misma metodología usada para la construcción de las tablas de volumen sin corteza, se utilizó la ecuación de coeficientes de ahusamiento con corteza expresada en términos de la altura máxima de aprovechamiento hasta un diámetro superior con corteza de 5 cm en función del dap con corteza, de la altura total y del diámetro superior (d_i) constante de 5 cm con corteza.

La altura máxima aprovechable definió la porción del fuste aprovechable para leña para cada dap y altura total dados. El volumen de las porciones definidas fue calculado con el uso de la fórmula para el cálculo de volúmenes por medio de secciones de longitud fija de 1 cm (ver Apéndice 1). Los diámetros con corteza a cada metro de altura fueron calculados utilizando la ecuación de coeficientes de ahusamiento con corteza:

$$\text{COFCC} = 0,8803 - 0,0374 \times \text{ALTF} + 0,0006474 \times \text{ALTOT}$$

En donde:

COFCC = d_i/dap , coeficiente diamétrico con corteza en metros

ALTF = Altura fija intermedia a cada metro de altura en metros

ALTOT = Altura total en metros (h)

3.4.9 Análisis estadísticos

Los datos fueron procesados y analizados por medio del procedimiento GLM (General Linear Models) del programa SAS (Statistical Analysis System) del SAS Institute Incorporation de Carolina del Norte en su versión número cinco. El programa es usado por la computadora IBM 4331 del Centro de Cómputo de CATIE.

El desarrollo de las tablas y los análisis de regresión para las alturas totales y comerciales fueron realizados haciendo uso del programa LOTUS, versión número dos de Lotus Development Corporation, en una microcomputadora Canon modelo PC A200 MZD.

4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

4.1. Correlaciones entre las variables dasométricas

Con el uso de LOTUS 1-2-3 se realizaron los análisis de regresión para obtener las ecuaciones descriptivas de las relaciones entre las alturas de los índices de utilización:

h25 = altura de ubicación del índice de utilización de
25 cm

h10 = altura de ubicación del índice de utilización de
10 cm

h 5 = altura de ubicación del índice de utilización de
5 cm

Como variables dependientes del diámetro a la altura de pecho (dap) o de la altura total (h) o de ambas.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los análisis de regresión para las mencionadas relaciones utilizando la totalidad de los datos disponibles para cada variable dependiente.

Como se puede observar en dicho cuadro, la proporción de la variancia de la altura de utilización para aserrío (h25) que es explicada por su relación lineal con la variable dependiente correspondiente en cada una de las tres relaciones indicadas es baja: un 57% cuando se relaciona con la altura total; 65% cuando se relaciona con el dap y, 72% cuando se relaciona con ambas variables juntas.

Con el objeto de mejorar el ajuste de la línea de regresión con respecto a la variable dependiente h25 se procedió a extraer del análisis de regresión un total de ocho árboles

que presentaron características atípicas a la altura del índice de utilización de 25 cm, (h25), con respecto al resto de los árboles muestreados.

Cuadro 5. Ecuaciones resultantes de los análisis de regresión lineal para cada altura de utilización y altura total

Relación	Ecuación resultante	Nº Observ.	R ²
h25 = f (h)	$h25 = 1,4 * h - 29,29$	223	0,57
h25 = f (dap)	$h25 = 42,91 * dap - 6,56$	223	0,65
h25 = f (dap, h)	$h25 = 28,93 * dap + 0,69 * h - 20,54$	223	0,72
h25 = f (h)*	$h25 = 1,48 * h - 31,86$	215	0,62
h25 = f (dap)*	$h25 = 47,25 * dap - 8,48$	215	0,73
h25 = f (dap, h)*	$h25 = 33,04 * dap + 0,7 * h - 22,72$	215	0,80
h10 = f (h)	$h10 = 1,209 * h - 11,97$	301	0,85
h10 = f (dap)	$h10 = 41,09 * dap - 5,74$	301	0,65
h10 = f (dap, h)	$h10 = 4,99 * dap + 1,1 * h - 10,79$	301	0,85
h5 = f (h)	$h5 = 1,03 * h - 3,49$	302	0,91
h5 = f (dap)	$h5 = 34,74 * dap - 11,67$	302	0,69
h5 = f (dap, h)	$h5 = 2,53 * dap + 0,97 * h - 2,9$	302	0,91
h = f (d)	$h = 33,04 * dap + 14,94$	302	0,72

* Segundo análisis de regresión de h25, h10, h5, h y dap expresados en metros

Los ocho árboles eliminados representan un 3,6% de un total de 223 árboles que presentaron un índice de utilización de 25 cm en su fuste. Las características presentadas por estos árboles son: un dap relativamente bajo con respecto a una altura de utilización para aserrio y una altura total relativamente altas, lo cual no es típico en la población estudiada, aunque si es una característica deseada en el establecimiento de programas de mejoramiento genético.

Un segundo análisis de regresión lineal se efectuó con los 215 árboles restantes lo que produjo una notable mejoría

en la bondad del ajuste como se puede observar en el Cuadro 5. Los coeficientes de determinación aumentaron en los tres casos.

Lo anterior significa que la segunda línea de ajuste de regresión calculada para cada una de las tres relaciones posee una dependencia lineal más estrecha entre h_{25} y las variables independientes al mismo tiempo que el error estándar de los estimados disminuyeron, ver Anexo 6.

En el Cuadro 5 también se puede observar que existe una marcada bondad de ajuste entre las alturas del índice de utilización de 10 cm (h_{10}) y de cinco centímetros (h_5) cuando se relacionan con la altura total (ht) únicamente y también cuando se relacionan con el dap y la ht juntos.

Lo anterior no sucede cuando se relacionan las alturas, anteriormente dichas (h_{10} y h_5) con el dap únicamente. El ajuste es más bajo.

Por otro lado, cuando se relacionó la altura de aprovechamiento para el índice de 25 cm (h_{25}) con las tres opciones: ht ; dap ; y, dap y ht juntas, las tendencias resultantes fueron una menor correspondencia de h_{25} con ht que con dap , y una mayor correspondencia sucedió cuando se correlacionó h_{25} con dap y ht juntas.

Las tendencias de h_{25} con respecto a las variables antes descritas se mantuvieron al eliminar los datos de los ocho árboles atípicos de los cálculos.

Lo anterior comprueba que el ahusamiento en esta especie es más intenso en la parte basal de los árboles. En términos estadísticos esto es reflejado por el error estándar de los estimados de las tres ecuaciones de regresión presentadas en el Anexo 6.

Otra tendencia analizada fue la relación entre la altura total y el dap. El análisis de regresión hecho con la totalidad de las observaciones disponibles (Anexo 6), indica que la bondad de ajuste entre estas dos variables es regular ($R^2 = 0,72$). Sin embargo, dado el alto número de observaciones involucradas en el análisis, el resultado es aceptable como para realizar predicciones de la altura total por medio de la ecuación de regresión correspondiente (Cuadro 5). La altura total promedio fue de 25,89 m; la mínima 9,5 m y la máxima de 33 mm

4.1.1 Grosor de corteza

El grosor de corteza es de fundamental importancia en este estudio, tanto para el uso de la tabla de ahusamiento sin corteza como para las tablas de volumen derivadas de la misma. Por tal razón se calculó una regresión del diámetro a la altura del pecho sin corteza (dapsc) en función del diámetro a la altura de pecho con corteza.

Dicho análisis indicó una estrecha relación entre estas dos variables, marcada por un coeficiente de determinación muy alto ($R^2 = 0,9978$) como se puede observar en el Anexo 7.

En este caso el número de observaciones fue de 303, en los otros análisis hechos el número total de observaciones fue de 302 por haberse perdido la información de un árbol.

La ecuación de la regresión obtenida es la siguiente:

$$\text{dapsc} = 0,9543 \times \text{dapcc} - 1,9685$$

A partir de esta relación matemática se produjo una tabla del dapsc y el doble grosor de corteza redondeado al cm para efectos prácticos con el respectivo dapcc como entrada. La tabla se presenta en el Apéndice 1. Para el dap promedio con corteza observado en la muestra (29,8 cm) el porcentaje promedio de corteza fue de 11,2%. Para los extremos de la tabla fue de 29% para un dapcc de 8 cm y de 8,2% para un

dapcc de 55 cm. Los tres porcentajes calculados con el uso de la ecuación de la regresión.

4.2 Factores volumétricos de forma

El análisis de varianza detectó diferencias significativas por el efecto de los factores de forma (Anexo 8). Con el cuadrado medio del error se realizaron las comparaciones de rangos múltiples, prueba de Tukey al 5%. Todo lo anterior para los nueve factores de forma con corteza y la totalidad de las observaciones, los datos estadísticos se pueden observar en el Anexo 9.

Los resultados de esta prueba se muestran en el Cuadro 6 y permiten observar cómo se ubican las diferencias de los ocho factores restantes con respecto al factor mórfico que es el factor más exacto por involucrar en el cálculo del volumen real el método de secciones de longitud fija.

Los ocho factores restantes utilizan otros métodos de menor precisión en el cálculo de dicho volumen. Se observa además, que no existen diferencias significativas según Tukey, entre los coeficientes volumétricos de Prodan (CVK) y el natural de la forma de Hohenadl (NAT) con respecto al factor mórfico (MORF).

Con el objeto de analizar el efecto de los factores de forma más detalladamente se realizaron las comparaciones por clase diamétrica.

Los resultados de los análisis de regresión de los nueve factores de forma para cada una de las 11 clases diamétricas en que se clasificaron estos, permitieron obtener los cuadrados medios del error por clase diamétrica mostrados en el Anexo 10 y realizar las pruebas de significancia según Tukey 5% para las diferencias entre los nueve factores analizados.

Cuadro 6. Promedio de los factores volumétricos de forma agrupados según Tukey 5% para los 302 árboles estudiados

Factor *	Promedio	Tukey
GIR	0,67	
NAT	0,45	
CVK	0,44	
MORF	0,43	
CVP	0,41	
ART	0,38	
CVH	0,38	
ABS	0,38	
SCH	0,34	

* Factores volumétricos de forma

GIR = de Girard
 NAT = natural de Hohenadl
 CVK = de Prodan
 MORF = mórfico
 CVP = derivado de Pressler
 ART = artificial de Hohenadl
 CVH = derivado de Hossfeld
 ABS = absoluto
 SCH = de Schiffel

Al realizar las pruebas de Tukey 5% para cada clase diamétrica como se muestra en los Cuadros de 7 y 8, se nota una marcada relación entre el valor del factor mórfico MORF y el dap. A mayor dap menor MORF como se muestra en el Cuadro 9. La relación es inversamente proporcional. Lo anterior es debido a que este factor emplea el volumen real como numerador, y el volumen aparente, calculado como un cilindro perfecto con diámetro igual al dap. De aquí que el factor mórfico es función del dap. Lo inverso de la relación se explica porque existe menor ahusamiento en árboles con dap pequeño lo cual produce factores más grandes debido a la menor diferencia entre el volumen real y el aparente.

Cuadro 7. Promedios para las clases diamétricas 8 a 12 cm, 13 a 17 cm, 18 a 22 cm, 23 a 27 cm y 28 a 32 cm de los factores volumétricos según Tukey 5%

Clase	Factor	Clase	Factor	Clase	Factor	Clase	Factor	Clase	Factor
dap	pro-	dap	pro-	dap	pro-	dap	pro-	dap	pro-
8-12 ca	medio	13-17 ca	medio	18-22 ca	medio	23-27 ca	medio	28-32 ca	medio
	Tukey		Tukey		Tukey		Tukey		Tukey
MORF	0,83	GIR	0,69	GIR	0,75	GIR	0,70	GIR	0,68
GIR	0,66	MORF	0,56	MORF	0,52	CVK	0,47	CVK	0,46
ABS	0,56	CVK	0,51	CVK	0,50	NAT	0,46	NAT	0,46
CVK	0,50	NAT	0,47	ABS	0,49	MORF	0,43	MORF	0,42
CVH	0,49	ABS	0,46	ART	0,48	CVH	0,41	CVP	0,41
ART	0,45	CVH	0,43	NAT	0,47	ABS	0,41	CVH	0,38
CVP	0,44	ART	0,42	CVH	0,47	CVP	0,41	ART	0,38
SCH	0,43	CVP	0,41	CVP	0,44	ART	0,41	ABS	0,38
NAT	0,41	SCH	0,40	SCH	0,43	SCH	0,40	SCH	0,35

Cuadro 8. Promedios para las clases diamétricas 33 a 37 cm, 38 a 42 cm, 43 a 47 cm, 48 a 52 cm, 53 a 57 cm y 58 a 62 cm de los factores volumétricos según Tukey 5%

Clase	Factor	Clase	Factor	Clase	Factor	Clase	Factor	Clase	Factor
dap	pro-	dap	pro-	dap	pro-	dap	pro-	dap	pro-
33-37 ca	medio	38-42 ca	medio	43-47 ca	medio	48-52 ca	medio	53-57 ca	medio
	Tukey		Tukey		Tukey		Tukey		Tukey
GIR	0,66	GIR	0,63	GIR	0,65	GIR	0,62	GIR	0,58
CVK	0,46	CVK	0,43	NAT	0,40	NAT	0,40	NAT	0,35
NAT	0,44	NAT	0,43	CVK	0,38	CVK	0,36	CVK	0,34
CVP	0,40	CVP	0,39	CVP	0,36	CVP	0,33	CVP	0,30
MORF	0,39	MORF	0,36	MORF	0,33	ART	0,32	ART	0,27
ABS	0,37	CVH	0,34	CVH	0,33	CVH	0,31	CVH	0,26
CVH	0,36	ABS	0,33	ART	0,33	ABS	0,30	MORF	0,26
ART	0,35	ART	0,33	ABS	0,31	MORF	0,27	ABS	0,24
SCH	0,34	SCH	0,31	SCH	0,29	SCH	0,26	SCH	0,21

Igual sucede con el coeficiente de Prodan CVK y los siete factores volumétricos restantes que presentan también una relación inversamente proporcional con respecto al dap.

La causa principal de esta tendencia que presentan todos los factores volumétricos estudiados es debida a la característica del ahusamiento de la especie en estudio. Árboles con menor dap presentan un grado de ahusamiento menor, es decir, son más cilíndricos que los que tienen mayor dap.

El ahusamiento es directamente proporcional al dap. Por esta razón se produce un mayor volumen en el numerador del coeficiente volumétrico con respecto al volumen del denominador, en árboles con dap menor que en árboles con dap mayor.

Dada la tendencia común que presentan todos los factores volumétricos estudiados con respecto al dap, la alternativa para su análisis fue seleccionar los factores que no presentaran diferencias significativas con el factor mórfico a través de todas las clases diamétricas.

Los resultados de las pruebas de rangos múltiples según Tukey 5% por clases diamétricas se presenta en el Cuadro 9. Como se puede observar en la clase diamétrica más pequeña (8 a 12 cm) todos los factores volumétricos presentaron diferencias significativas con respecto al factor mórfico. En la clase siguiente (13 a 17 cm) fue el factor de Prodan el único que no presentó diferencias significativas. En las clases más pequeñas la mayoría de factores probados tienden a subestimar el volumen real lo que implica una menor relación resultante al ser dividido por el volumen aparente correspondiente.

Cuadro 9. Resumen de los resultados de las diferencias no significativas por clase diamétrica entre el factor mórfico y los ocho factores restantes

Clase dap cm	Factor mórfico promedio	CVK	NAT	CVP	CVH	ABS	ART	SCH	GIR
8-12	0,83								
13-17	0,56	X							
18-22	0,52	X	X	X	X	X	X	X	
23-27	0,43	X	X	X	X	X	X	X	
28-32	0,42	X	X	X	X	X	X		
33-37	0,39		X	X	X	X	X	X	
38-42	0,36			X	X	X	X	X	
43-47	0,33	X		X	X	X	X	X	
48-52	0,27			X	X	X	X	X	
53-57	0,26	X	X	X	X	X	X	X	
58-62	0,26	X	X	X	X	X	X	X	

X = no sign.

Factores volumétricos de forma

CVK = de Prodan
 NAT = natural de Hohenadl
 CVP = derivado de Pressler
 CVH = derivado de Hossfeld
 ABS = absoluto
 ART = artificial de Hohenadl
 SCH = de Schiffel
 GIR = de Girard

En las demás clases con la excepción de los factores de Girard, de Schiffel, de Prodan y el natural de Hohenadl, todos los demás factores no presentaron diferencias significativas con respecto a MORF (factor mórfico).

El factor de Prodan (CVK) presentó diferencias significativas en las clases de 33 a 37 cm, 38 a 42 cm y 48 a 52 cm. El factor natural de Hohenadl (NAT) presentó diferencias significativas en las clases de 38 a 42 cm, 43 a 47 cm y 48 a 52

cm. El de Schiffel presentó diferencias significativas en la clase 28 a 32 cm y el factor de Girard en todas las clases.

Las diferencias detectadas entre los factores CVK y NAT con respecto al MORF pueden ser atribuidas a que en estas clases el grado de ahusamiento es intermedio. Por tanto, las fórmulas que utilizan ambos factores diamétricos para calcular el volumen real en el numerador, se pueden considerar eficientes. Así que la diferencia entre los promedios de los factores CVK y NAT, y el promedio del factor MORF, radica en la estimación del volumen aparente en el denominador de sus fórmulas ($f = \text{Vol. real}/\text{Vol. aparente}$). En los tres factores el volumen aparente es el contenido por un cilindro. En los factores CVK y NAT, el cilindro tiene como diámetro el correspondiente al diámetro tomado a un 10% de la altura del fuste. Esto implica que el volumen aparente para un fuste dado será menor en estos dos factores que en el factor MORF, debido a que este último factor utiliza al dap como diámetro del cilindro para obtener el volumen aparente en lugar del diámetro a un 10% de la altura total que es utilizado por los otros dos factores mencionados.

Por tanto, los valores de los factores volumétricos (coeficientes) CVK y NAT son mayores que el valor del coeficiente MORF en estas clases diamétricas. La causa es que el volumen real en el numerador de los tres coeficientes es dividido por un volumen aparente menor en CVK y NAT que en MORF.

Resumiendo, las diferencias entre los promedios de los valores de CVK y NAT y el factor MORF, fueron suficientes para que se detectaran diferencias significativas en las clases mencionadas. Razones similares produjeron las correspondientes diferencias detectadas en los otros factores por clase con respecto al MORF.

El factor volumétrico de forma de Girard (GIR) presentó diferencias significativas en todas las clases, lo cual indica que el coeficiente diamétrico de Girard transformado a factor volumétrico, como se muestra en el Anexo 3, no es eficiente como para utilizarlo en esta especie por sobreestimar el volumen real de los árboles.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de los promedios de los nueve factores volumétricos de forma obtenidos en este estudio mostrando la presencia o no de diferencias significativas, así como la tendencia general presentada por los factores de forma con respecto al dap: a mayor dap menor factor de forma. El factor mórfico (MORF) presenta la relación inversa más proporcional al dap por ser el factor que mejor representa la forma a través de todas las clases diamétricas. Esto debido a que el MORF en este estudio fue calculado utilizando como volumen real, el volumen obtenido por medio del cálculo por secciones de longitud fija (1 m) que es el método más preciso de los utilizados para estimar volúmenes.

Con el objeto de comparar el factor de forma o mórfico MORF con corteza y sin corteza obtenidos por medio del cálculo del volumen por secciones de longitud fija con otros factores mórficos, se calcularon dos factores mórficos con corteza y dos sin corteza con el uso de ecuaciones (ver Anexo 11) hechas para el desarrollo de tablas de volumen por cuatro autores citados por Greaves (16):

La Ecuación 1 construida por Sandrasegaran para bosques de melina en la parte peninsular de Malasia. La Ecuación 2 de Sharma y Jain para el desarrollo de tablas de volumen estándar basados en datos de Tripura, India, en la cual el cálculo del volumen de los árboles utilizados en el análisis de regresión fue realizado por medio de un factor de forma y no por mediciones directas. La Ecuación 3 de Chaturvedi y la Ecuación 4 de Greaves para tablas de volumen sin corteza para

árboles de bosques de melina en India y Nigeria, respectivamente.

Cuadro 10. Resumen de los resultados de los promedios de los nueve factores volumétricos de forma por clases diamétricas

Clase ca diamétrica	MORF	GIR	ABS	CVK	CVH	ART	CVP	SCH	NAT *
8 - 12	0,83	0,66	0,56	0,50	0,49	0,45	0,44	0,43	0,41
13 - 17	0,56	0,69	0,46	<u>0,51</u>	0,43	0,42	0,41	0,40	0,47
18 - 22	0,52	0,75	<u>0,49</u>	<u>0,50</u>	<u>0,47</u>	<u>0,48</u>	<u>0,44</u>	<u>0,43</u>	<u>0,47</u>
23 - 27	0,43	0,70	<u>0,41</u>	<u>0,47</u>	<u>0,41</u>	<u>0,41</u>	<u>0,41</u>	<u>0,40</u>	<u>0,46</u>
28 - 32	0,42	0,68	<u>0,38</u>	<u>0,46</u>	<u>0,38</u>	<u>0,38</u>	0,41	0,35	<u>0,46</u>
33 - 37	0,39	0,66	<u>0,37</u>	0,46	<u>0,36</u>	<u>0,35</u>	<u>0,40</u>	0,34	<u>0,44</u>
38 - 42	0,36	0,63	<u>0,33</u>	0,43	<u>0,34</u>	<u>0,33</u>	<u>0,39</u>	<u>0,31</u>	0,43
43 - 47	0,33	0,65	<u>0,31</u>	<u>0,38</u>	<u>0,33</u>	<u>0,33</u>	<u>0,36</u>	<u>0,29</u>	0,40
48 - 52	0,27	0,62	<u>0,30</u>	0,36	<u>0,31</u>	<u>0,32</u>	<u>0,33</u>	<u>0,26</u>	0,40
53 - 57	0,26	0,58	<u>0,24</u>	<u>0,34</u>	<u>0,26</u>	<u>0,27</u>	<u>0,30</u>	<u>0,21</u>	<u>0,35</u>
58 - 62	0,26	0,61	<u>0,24</u>	<u>0,35</u>	<u>0,26</u>	<u>0,24</u>	<u>0,32</u>	<u>0,23</u>	<u>0,35</u>

Lo promedios subrayados no presentaron diferencias significativas

* Factores de forma

MORF = mórfico
 GIR = de Girard
 ABS = absoluto
 CVK = de Prodan
 CVH = derivado de Hossfeld
 ART = artificial de Hohenadl
 CVP = derivado de Pressler
 SCH = de Schiffel
 NAT = natural de Hohenadl

Además otros dos factores mórficos fueron calculados para efectos de comparación, a partir de dos modelos probados y seleccionados por Salazar y Palmer (40) con una muestra de 60 árboles de la plantación analizada en el presente estudio: la Ecuación 5 para el cálculo del volumen total con corteza y

la Ecuación 6 para el cálculo del volumen total sin corteza, ver Anexo 11.

Los promedios obtenidos para los factores mórficos calculados con el uso de las seis ecuaciones mencionadas, así como los respectivos MORF con y sin corteza se pueden ver en el Cuadro 11 y los datos necesarios para realizar la comparación de los mismos se presentan en el Anexo 12.

Cuadro 11. Promedios obtenidos de los factores mórficos calculados con las ecuaciones para el cálculo de volumen con y sin corteza mostrando los respectivos factores mórficos de la muestra en estudio

Factores mórficos comparados

Con corteza	Promedio	Sin corteza	Promedio
FM.Ecuación 1	0,44	FM.Ecuación 3	0,34
FM.Ecuación 2	0,45	FM.Ecuación 4	0,34
MORF cc	0,43	MORF sc	0,31
FM.Ecuación 5	0,38	FM.Ecuación 5	0,32

El análisis de varianza de los factores mórficos con corteza determinó que no existe evidencia de efecto diferencial en los factores mórficos comparados (ver Anexo 13).

Aparentemente las ecuaciones que originaron los FM de las Ecuaciones 1 y 2 son muy eficientes tanto para estimar volúmenes promedio con corteza en las poblaciones de los árboles que les dieron su origen como para estimarlos en las plantaciones de Manila, pero sólo si el volumen total calculado por las ecuaciones representa el volumen total con corteza hasta un índice de utilización de 5 cm con corteza. Dado que el mencionado volumen es el que corresponde al MORF cc, el cual opera como testigo en la comparación. En caso de que el volumen total con corteza calculado por las Ecuaciones 1 y 2 (Anexo 11) fuera el total del árbol

incluyendo la copa, se podría concluir en que ambos FM derivados, al ser usados, subestimaron los volúmenes totales a calcular. Desafortunadamente no se contó con la suficiente información a partir de los resúmenes que presentan los autores de las ecuaciones en la compilación de Greaves (16).

El FM de la Ecuación 5 obtenido con el uso de la ecuación de Salazar y Palmer (40) fue igual a 0,38 como se observa en el Cuadro 11, este valor es muy similar al obtenido por estos autores en su propio estudio y que corresponde a 0,39. Lo anterior confirma que la ecuación del modelo seleccionado tiende a subestimar el volumen total con corteza lo cual produce un factor mórfico más bajo con respecto al producido por las otras ecuaciones utilizadas. Dos posibles causas de la subestimación son las técnicas de medición empleadas como el uso de forcipula para medir diámetros con y sin corteza a lo largo del fuste y el uso de únicamente 60 árboles para cubrir un rango diamétrico tan amplio como fue desde aproximadamente 15 cm hasta 49 cm (34 clases diamétricas de 1 cm). Sin embargo, la causa principal de la subestimación fue el asumir por medio del programa "VOLPROG" que la forma del tronco en esta especie es cónica desde la altura del índice de utilización de 10 cm hacia arriba hasta la punta de la copa, lo cual no es así. A pesar de lo anterior, el ANDEVA no detectó diferencias significativas incluido este factor, pero su uso podría producir cálculos subestimados de volumen.

Por otro lado, el análisis de varianza de los factores mórficos sin corteza tampoco detectó diferencias significativas (ver Anexo 14), entre los factores analizados.

Los factores mórficos sin corteza se comportaron de tal forma que el FM.Ecuación 3 es muy eficiente ya que puede calcular volúmenes promedio sin corteza hasta un índice de utilización de 5 cm tanto en su población de origen como en las plantaciones de Manila, dado a que el volumen real utilizado

es el mismo que utiliza el MORF sc que es el factor que opera como testigo en la comparación, la diferencia en los promedios es muy baja, ver Cuadro 11.

El factor FM.Ecuación 4 obtuvo el mismo promedio redondeado que el MORF sc calculado para las plantaciones de Manila, por tanto se puede considerar muy eficiente tanto para calcular volúmenes en las poblaciones que representa como en Manila. Sin embargo, en el resumen del autor responsable de esta ecuación no se menciona si la ecuación es para el cálculo del volumen total sin corteza o si es para el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 5 cm. Por tanto, el FM.Ecuación 4 es eficiente si ocurriera la segunda condición. Si se tratara de la primera condición, la Ecuación 4 subestimaría los volúmenes sin corteza a calcular.

El FM.Ecuación 6 de Salazar y Palmer (40) produjo un valor muy similar al MORF sc, pero en vista de que la Ecuación 6 corresponde al cálculo del volumen total sin corteza se deduce que también esta fórmula subestima los volúmenes calculados.

Lo anterior debido a que es MORF sc utiliza el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 5 cm, por tanto el FM.Ecuación 6 debía ser mayor.

En resumen basándose en los análisis de varianza de los factores mórficos con y sin corteza, y bajo las condiciones antes expuestas se puede concluir que los factores mórficos obtenidos MORF cc y MORF sc para las plantaciones de Manila, no difieren de los factores mórficos con y sin corteza respectivamente calculados con las ecuaciones para desarrollar tablas de volumen en Malasia Peninsular, en Nigeria y en algunas regiones de la India. Asimismo, tampoco difieren de los factores mórficos con y sin corteza calculados por medio de las dos ecuaciones de Salazar y Palmer (40) aún cuando ambas subestiman el volumen total con y sin corteza.

4.3 Tabla de volumen para ramas o ejes

La especie en estudio está caracterizada por la pérdida de la dominancia del eje central y por la formación de ramas o ejes en el fuste o eje central.

105 árboles (35%) del total de 302 árboles de la muestra presentaron ramas o ejes en su fuste. Es decir, no presentaron un fuste único libre de ramas vivas y dobles o triples ejes. En su lugar presentaron ramas gruesas que afectaban la forma del fuste central, o más de un eje a partir de cierta altura del fuste comercial. Algunos árboles presentaron más de una bifurcación a lo largo del fuste, 13 árboles (12%) presentaron dos y dos árboles (2%) presentaron tres. La altura promedio de bifurcación fue de 14,13 m con una desviación estándar de 5,14 m. La altura mínima de bifurcación fue de 0,7 m y la máxima de 25 m. La baja incidencia del número de bifurcación por árbol, de ejes por bifurcación y de ramas se debe a la autopoda en esta plantación de 19 años de edad con más de 15 años a libre crecimiento.

Tal característica hizo necesario que se determine una tabla de volumen para las ramas o ejes con corteza.

La ecuación de regresión obtenida del volumen de las ramas o ejes, así como el análisis de regresión se pueden ver en el Anexo 15.

La tabla de volumen de las ramas o ejes con corteza se presenta en el apéndice 4 y tiene dos entradas.

Una entrada es el DM, que es el diámetro ubicado a un metro de la unión de la rama o eje con el fuste central. Este diámetro es de fácil medición en árboles en pie por medio de un relascopio.

La otra entrada es la longitud de la rama, definida por la distancia entre la unión de la rama o eje con el fuste o eje central (o bien puede ser el punto de bifurcación) y el lugar del tronco de la rama o eje donde se ubica un diámetro de cinco centímetros, en el extremo libre de la rama.

Esta tabla es complemento de la tabla de volumen con corteza del Apéndice 10 para calcular el volumen total de árboles bifurcados.

4.4 Tablas de conicidad o ahusamiento

Se construyeron dos tablas de ahusamiento, una con corteza y otra sin corteza.

4.4.1 Tabla de ahusamiento con corteza

Se utilizó el 65% de 302 árboles disponibles, los cuales correspondieron a los árboles sin bifurcaciones asumiendo que no existen diferencias en el volumen de los fustes entre árboles bifurcados y no bifurcados.

La ecuación de regresión obtenida para los coeficientes diamétricos con corteza (d_i/d_{ap}) basada en 197 árboles no bifurcados, fue la siguiente:

$$COFCC = 0,8803 - 0,0374 \times ALTF + 0,0006474 \times ALTOT$$

En donde:

COFcc = Coeficiente diamétrico con corteza en metros

ALTF = Altura fija intermedia a cada metro de altura sobre el fuste, en metros

ALTOT = Altura total en metros = H_t

El análisis de varianza para la regresión puede observarse en el Anexo 16.

Partiendo de esta ecuación se construyó una tabla de ahusamiento o de coeficientes diamétricos con corteza con dos entradas: altura intermedia a cada metro desde el nivel del suelo (cero metros) hasta la altura máxima observada definida por un diámetro mínimo de cinco centímetros en el extremo superior del fuste, y como segunda entrada, a la altura total a cada metro, desde la altura total mínima, hasta la máxima observada. La tabla se presenta en el Apéndice 2.

Fue necesario condicionar la ecuación de ahusamiento con corteza para calcular los coeficientes diamétricos correspondientes a las alturas de cero metros y de un metro. El procedimiento para realizar tal acondicionamiento se explica en el anexo 4 y es debido a que la ecuación de regresión explica la relación existente a partir de un alto porcentaje de coeficientes (d_i/d_{ap}) ubicados arriba de la altura del d_{ap} (1,3 m) y por tanto son menores que la unidad.

Así se obtuvieron los correspondientes coeficientes diamétricos mayores que la unidad para las primeras dos columnas de la tabla.

4.4.2 Tabla de ahusamiento sin corteza

En vista de la importancia de derivar información del ahusamiento sin corteza, que permita predecir diámetros a diferentes alturas del fuste de la especie en estudio, se construyó una tabla de ahusamiento sin corteza.

La ecuación de regresión obtenida para los coeficientes diamétricos (d_i/dap) sin corteza basada en los 302 árboles disponibles fue la siguiente:

$$COFsc = 0,9357 - 0,038 \times ALTF + 0,0005725 \times ALTOT$$

COFsc = Coeficiente diamétrico sin corteza d_i/dap

ALTF = Alturas fijas intermedias a cada metro sobre el fuste, en metros

ALTOT = Altura total en metros = H_t

El ANDEVA se puede observar en el Anexo 17.

La tabla fue construida siguiendo la misma metodología utilizada para crear la tabla de ahusamiento con corteza.

La tabla de ahusamiento sin corteza se presenta en el Apéndice 3. El acondicionamiento de la ecuación de regresión para calcular los coeficientes diamétricos sin corteza (d_i/dap) se describe en el Anexo 5.

4.5 Tablas de volumen para varios usos

Cinco tablas fueron creadas para calcular el volumen sin corteza y una para calcular volumen con corteza. Las tablas tienen dos entradas, dap sin corteza en centímetros y altura total en metros. En la tabla de volumen con corteza la entrada del dap es con corteza.

En el contenido de cada una de las tablas se marcó entre líneas el ámbito o rango de datos que tuvieron representación en la toma de datos en el campo. De tal manera que los volúmenes que están contenidos dentro de las líneas corresponden a dap y alturas totales que tuvieron representación en el juego de datos tomados en el campo. Con este juego de datos se calcularon las regresiones de los coefi-

cientes diamétricos con que se construyeron las tablas de ahusamiento.

Para entrar en cualquiera de las cinco tablas partiendo de un dap con corteza medido en el campo, se debe buscar su respectivo dap sin corteza en la tabla de dap sin corteza del Apéndice 1.

1. Tabla de volumen total sin corteza para aserrío hasta un índice de utilización de 25 cm.

La tabla se expone en el apéndice 5 y por medio de esta se puede calcular el volumen útil de un árbol para ser aprovechado como madera para aserrío, deducida la corteza y el volumen del tocón. La industria del aserrío se está proyectando a reducir los índices de utilización en el aprovechamiento de la madera con el fin de consumir plantaciones de esta especie. Altura de tocón 30 cm.

2. Tabla de volumen total sin corteza para pulpa hasta un índice de utilización de 10 cm.

Esta tabla proporciona el volumen total sin corteza contenido en un árbol desde 30 cm arriba del nivel del suelo hasta una altura en donde el fuste tiene un diámetro de 10 cm. Dicho volumen es el utilizado actualmente en Costa Rica para cada árbol aprovechando para la industria de papeles absorbentes. La tabla se puede observar en el apéndice 6.

3. Tabla de volumen total sin corteza para pulpa y/o postes hasta un índice de utilización de cinco centímetros.

Dependiendo del objetivo de la plantación, el volumen total comercial de los árboles pueden ser utilizados hasta el índice de utilización de cinco centímetros (ver tabla en apéndice 7). Se dedujo el volumen del tocón hasta una altura de 30 cm.

Dependiendo de los alcances tecnológicos en el aprovechamiento de la madera una tabla de este tipo es de gran utilidad.

4. Tabla de volumen sin corteza sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm para pulpa.

Puede observarse que en esta tabla (Apéndice 8) todos los valores son constantes con respecto a la altura total, a un dap fijo.

Lo anterior es debido a que esta tabla fue calculada por diferencia entre el volumen total sin corteza hasta un índice de utilización de 10 cm y el volumen sin corteza hasta un índice de utilización de 25 cm.

El volumen total sin corteza comprendido entre los índices de utilización de 25 cm y 10 cm es inversamente proporcional al dap, debido a que los árboles más delgados tienen un menor volumen de madera para aserrío.

Esta tabla es complemento de la tabla de volumen comercial sin corteza hasta un índice de utilización de 25 cm.

5. Tabla de volumen sin corteza sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm para pulpa y/o postes.

Se obtuvo por diferencia entre los volúmenes totales sin corteza de los índices de utilización de 5 cm y 10 cm, una tabla para el volumen comprendido entre ambos índices. En el Apéndice 9 se puede observar.

Al igual que la tabla anterior calculada con diferencia, el volumen representa una relación inversa con respecto al dap que es constante en todas las clases altimétricas.

Esta tabla es complemento de las tablas para los índices de utilización de hasta 25 cm y de entre 25 y 10 cm.

6. Tabla de volumen con corteza hasta un índice de utilización de 5 cm para leña.

Esta tabla es de gran utilidad en las plantaciones con fines energéticos. La tabla se presenta en el Apéndice 10 y debe complementarse con la tabla de volumen con corteza para ramas del Apéndice 4 para el cálculo del volumen total del fuste con corteza de árboles bifurcados. En esta tabla se dedujo el volumen del tocón.

4.6 Productos a obtener con la tesis

Con el objeto de mostrar cómo se puede usar la tabla de ahusamiento sin corteza y sacar provecho de esta, a continuación se expone un ejemplo:

- Se tiene un árbol de melina de 52 cm de dap con corteza y 32 m de altura total. Se desea saber cuántas trozas de tres metros de largo se pueden obtener de este árbol, siempre que el extremo más delgado de las trozas no sea menor que 30 cm, además se pide considerar el volumen total sin corteza de las trozas que se puedan obtener. No se pide considerar pérdidas por los cortes de la motosierra.

Solución

1. Para obtener el dapsc, se usa la tabla del apéndice 1.

Para un dap con corteza de 52 cm corresponde un dap sin corteza de 48 cm.

2. Con la ayuda de la tabla de ahusamiento sin corteza del apéndice, se hace un cálculo del diámetro del árbol cada tres metros de altura multiplicando el dap sin corteza por los coeficientes que corresponden a esas alturas intermedias.

La entrada a la tabla se hace por medio de la altura total. Se busca la fila de coeficientes ubicados a la derecha de la altura total de 32 m y se buscan las columnas que corresponden a 3, 6, 9, 12, ... y se va multiplicando el coeficiente encontrado en cada columna por el dap sin corteza hasta que el diámetro resultante sea menor que 30 cm.

Altura intermedia		
m	multiplicación	resultado
3	0,8399 x 48	40,32
6	0,7259 x 48	34,84
9	0,6119 x 48	29,37
12	0,4979 x 48	23,90

Como se puede observar únicamente se pueden obtener 2 trozas de tres metros con las características deseadas: la primera y la segunda troza.

- Para calcular el volumen de ambas trozas, se aplica la fórmula del apéndice 1.

Se calculan los diámetros a cada metro desde el nivel del suelo multiplicando el dap sc por los coeficientes respectivos.

Altura (m)	coeficiente x dap sc (m)	diámetro del tronco (m)
0	1,2682 x 0,48	0,6087
1	1,0759 x 0,48	0,5164
2	0,8779 x 0,48	0,4214
3	0,8399 x 0,48	0,4032
4	0,8019 x 0,48	0,3849
5	0,7639 x 0,48	0,3667
6	0,7259 x 0,48	0,3484

Se aplica la fórmula en su expresión más sencilla por tenerse una longitud de las trozas sin fracciones:

$$\text{VOLF} = 0,3927 \times (0,6087^2 + 0,3484^2) + 0,7854 \times (0,5164^2 + 0,4214^2 + 0,4032^2 + 0,3849^2 + 0,3667^2)$$

$$\text{VOLF} = 0,1932 + 0,6886$$

$$\text{VOLF} = 0,8918 \text{ m}^3$$

Es necesario calcular el volumen del tocón para deducirlo del volumen total. Este volumen se puede calcular asumiendo una altura de tocón de 0,3 m, el diámetro del tocón corresponde al resultado de la multiplicación del dapsc (0,48 m) por el coeficiente diamétrico a cero metros y a que la metodología utilizada (punto 3.3.4.4) da el valor del diámetro del tocón al diámetro al nivel del suelo (cero metros), utilizando la fórmula de cilindro: $0,7854 \times (0,48 \text{ m} \times 1,2682)^2 \times 0,3 \text{ m} = 0,087 \text{ m}^3$, el volumen total sin corteza a obtener de las dos trozas, deducido el volumen del tocón, será: $0,8918 - 0,087 = 0,8048 \text{ m}^3$. En este caso el volumen del tocón está incluido en el volumen útil de la primera troza.

Nota:

Cualquier altura de índice de aprovechamiento (ALTX) puede ser calculado por medio de la ecuación de ahusamiento (con corteza o sin corteza) con sólo sustituir el diámetro del índice de utilización o aprovechamiento (d_i) y la altura total (ALTOT) a la cual corresponde el índice de utilización:

$$\text{ALTX} = ((d_i/\text{dap}) - 0,9357 - 0,00057 \times \text{ALTOT}) / -0,038$$

Con la fórmula anterior se puede calcular cuál es la altura fija (ALTF) en el fuste para un índice de aprovechamiento de 30 cm (sin corteza).

$$ALTX = ((30 \text{ cm}/48 \text{ cm}) - 0,9357 - 0,00057 \times 32 \text{ m}) / -0,038$$

$$ALTX = 8,66 \text{ m}$$

Como se puede notar la ecuación de ahusamiento confirma que el diámetro de 30 cm sin corteza ocurre antes de que se defina la tercera troza de tres metros, por lo que sólo se pueden obtener dos trozas con diámetros sin corteza que no sean menores que 30 cm.

Si se necesitara que las trozas del ejemplo anterior tuviesen todo su volumen útil, es decir que el volumen del tocón no se dedujese del volumen de la primera troza y así no afectase el volumen total sin corteza de las dos trozas, con la misma ecuación de ahusamiento se pueden calcular los diámetros sin corteza a 2,3 m; 3,3 m; 4,3 m; 5,3 m y 6,3 m, expresada en términos del diámetro superior sin corteza (d_i) a la respectiva altura fija dada (ALTF):

$$d_{isc} = d_{apsc} (0,9357 - 0,038 \times ALTF + 0,00057 \times ALTOT)$$

Por definición en la metodología del diámetro al nivel del suelo (cero metros) es el correspondiente al diámetro del tocón: $0,48 \text{ m} \times 1,2682 = 0,6087 \text{ m}$.

El diámetro a 1,3 m es de $d_{apsc} = 0,48 \text{ m}$.

Advertencia:

No se debe utilizar ninguna de las ecuaciones de ahusamiento (con y sin corteza) para cálculos abajo de 1,3 m de altura (ver anexos 4 y 5).

Como se mencionó con el uso de la ecuación para ALTF a cada metro se obtiene la totalidad de diámetros correspondientes a las dos trozas de tres metros.

ALTF (m)	d _{isc} (m)
0,3	0,6087
1,3	0,4800
2,3	0,4159
3,3	0,3977
4,3	0,3794
5,3	0,3612
6,3	0,3429

Ahora, se utiliza la fórmula del apéndice 1:

$$\text{VOLF} = 0,3927 \times (0,6087^2 + 0,3429^2) + 0,7854 \times (0,48^2 + 0,4159^2 + 0,3977^2 + 0,3794^2 + 0,3612^2)$$

$$\text{VOLF} = 0,8482 \text{ m}^3$$

Este es el volumen total sin corteza de las dos trozas del árbol de 52 cm de dapcc y 32 m de altura total luego de apeado el árbol.

5. Conclusiones

1. Se encontró relación de los coeficientes diamétricos (d_i/d_{ap}) con corteza y sin corteza a cada metro de altura de los fustes con respecto a las alturas intermedias de ubicación de los coeficientes diamétricos y a la altura total.
2. Se determinó que el factor mórfico, el factor volumétrico de Prodan y el coeficiente natural de la forma de Hohenadl son los factores de forma que se ajustaron de manera precisa a la forma de Gmelina arborea Roxb. en el área de estudio para la totalidad de los datos de la muestra.
3. Se determinaron dos tablas de ahusamiento para Gmelina arborea, una con corteza y otra sin corteza.
4. Con el uso de las tablas de ahusamiento se establecieron seis tablas de volumen del fuste comercial para varios usos de Gmelina arborea Roxb:

Se construyeron tres tablas de volumen sin corteza para los índices de utilización de 25 cm, 10 cm y 5 cm, para aserrío, pulpa y pulpa y/o postes respectivamente.

Por diferencia entre las tablas correspondientes se establecieron dos tablas más, una para el volumen comercial sin corteza del fuste sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm para pulpa, y la otra, para el volumen comercial del fuste sin corteza sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de utilización de 5 cm para pulpa y/o postes.

Una sexta tabla fue construida para el volumen comercial del fuste con corteza hasta un índice de utilización de 5 cm.

5. Se construyó una tabla de volumen con corteza para ramas en función del diámetro de la rama a un metro del fuste y del largo de la rama hasta un índice de utilización de 5 cm.

6. Recomendaciones

1. Probar la eficiencia del factor mórfico obtenido por clase diamétrica, así como el factor volumétrico de Prodan (CVK) y el coeficiente natural de la forma de Hohenadl con respecto al factor mórfico (MORF) en otras localidades, con especial atención al CVK que es el más práctico de obtener en árboles en pie con el uso de relascopios.

2. Se recomienda probar las dos ecuaciones de ahusamiento originadas en este estudio en otras localidades donde crece melina en plantaciones con lo cual podrían regionalizarse las tablas de volumen para varios usos obtenidas en este estudio.

3. Probar la tabla de volumen con corteza para ramas o ejes en plantaciones de otras localidades. Esta tabla es de mucha importancia para el uso de esta especie como pulpa, postes y leña.

4. Es recomendable y muy importante aplicar la metodología utilizada en este estudio para obtener ecuaciones y tablas de ahusamiento para otras especies plantadas en el país, dado que está próximo el momento de los aprovechamientos en estas plantaciones y no existen tablas de volumen con y sin corteza para índices de utilización definidas en la mayor parte de estas especies.

5. Es conveniente profundizar las investigaciones sobre la forma de los árboles con bifurcaciones y sin

5. Se construyó una tabla de volumen con corteza para ramas en función del diámetro de la rama a un metro del fuste y del largo de la rama hasta un índice de utilización de 5 cm.

6. Recomendaciones

1. Probar la eficiencia del factor mórfico obtenido por clase diamétrica, así como el factor volumétrico de Prodan (CVK) y el coeficiente natural de la forma de Hohenadl con respecto al factor mórfico (MORF) en otras localidades, con especial atención al CVK que es el más práctico de obtener en árboles en pie con el uso de relascopios.

2. Se recomienda probar las dos ecuaciones de ahusamiento originadas en este estudio en otras localidades donde crece melina en plantaciones con lo cual podrían regionalizarse las tablas de volumen para varios usos obtenidas en este estudio.

3. Probar la tabla de volumen con corteza para ramas o ejes en plantaciones de otras localidades. Esta tabla es de mucha importancia para el uso de esta especie como pulpa, postes y leña.

4. Es recomendable y muy importante aplicar la metodología utilizada en este estudio para obtener ecuaciones y tablas de ahusamiento para otras especies plantadas en el país, dado que está próximo el momento de los aprovechamientos en estas plantaciones y no existen tablas de volumen con y sin corteza para índices de utilización definidas en la mayor parte de estas especies.

5. Es conveniente profundizar las investigaciones sobre la forma de los árboles con bifurcaciones y sin

bifurcaciones, las diferencias en el contenido de sus volúmenes del fuste y la representación cuantitativa de cada uno de estos dos tipos de árboles en la población total de las plantaciones con el fin de mejorar la contabilidad de los inventarios de la plantaciones. Sobre todo en plantaciones bajo condiciones mínimas de manejo o totalmente sin estas.

BIBLIOGRAFIA

1. BARRANTES, J.A.; LIAO, A.; ROSALES, A. 1985. Atlas climatológico de Costa Rica. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Esc. 1:1.600.000. (24) p. Color.
2. BASURCO, F. 1973. Apuntes de dasometria, Proyecto PNUD/FAO/COL/65/516. Medellín, Colombia, Centro de Publicaciones Universidad Nacional. 121 p.
3. BOSHIER, D.H. 1982. Descripción del experimento 188 DRNR. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 9 p. (mimeografiado).
4. BIGING, G.S. 1984. Taper equations for second growth mixed conifers of Northern California. Forest science (EE.UU.) 30(4):1103-1117.
5. BRUCE, D.; SCHUMACHER, B.S. 1965. Medición forestal. Primera edición español. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. 475 p.
6. CAILLEZ, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con especial referencia a los trópicos; estimación del volumen. Trad. por Noel Ogaya. Roma, FAO. V. 1, 92 p.
7. CHAPMAN, H.H.; MEYER, W.H. 1949. Medición forestal. New York, McGraw Hill. 522 p.
8. CLAUGTON-WALLIN, H. 1918. The absolute form quotient. Journal of Forestry (EE.UU.) 16(5):523-534.
9. DE HOOGH, R.J.; DIETRICH, A.B.; AHRENS, S. 1978. Classificação de sitio, tabelas de volume e de produção para povoamentos artificiais de Araucaria angustifolia. Brazil Florestal (Bra.) 9(36):58-82.
10. DEMAERSCHALK, J.P. 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. Forest Science (EE.UU.) 18(3):241-245.
11. DILWORTH, J.R. 1971. Log scaling and timber cruising. Corvallis, Or., EE.UU. Oregon State University. 470 p.
12. FAO (Italia). 1974. Manual de inventario forestal; con especial referencia a los bosques mixtos tropicales. Roma, Italia. 195 p.

13. FIERROS GONZALEZ, A. 1980. Raleos iniciales en plantaciones de Gmelina arborea Roxb. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 92 p.
14. FOX, J.E.D. 1967. The growth and yield of Gmelina arborea Roxb. (Yemane) in Sierra Leone. Commonwealth Forestry Review (U.K.) 46(2):138-144.
15. GREAVES, A. 1981. Gmelina arborea. Forestry Abstracts (England) 42(6)237-258.
16. GREAVES, A., comp. 1980. Gmelina arborea, annotated bibliography n° F20-1832-1979. Oxford, England, Commonwealth Agricultural Bureaux. 63 p.
17. HENNING, N. 1972. Mediciones1, Curso de Dendrometria, Proyecto PNUD/FAO/HOND/68/505. Siguatepeque, Honduras, Esnacifor. 103 p.
18. HOLDRIDGE, L.R. 1979. Ecología; basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez Saa. Ed. rev. San José, C.R., IICA. 216 p.
19. INSTITUTO GEOGRAFICO DE COSTA RICA. 1962. Matina, Costa Rica. San José, C.R. Esc. 1:50.000. Color. (IGCR, hoja cartográfica n° 3546 III).
20. INSTITUTO GEOGRAFICO DE COSTA RICA. 1962. Parismina, Costa Rica. San José, C.R. Esc. 1: 50.000. Color. (IGCR, hoja cartográfica n° 3546 IV).
21. JADAN, S.V. 1975. Tablas de volúmenes de algunas especies del Nor-occidente Ecuatoriano. Quito, Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganaderia. 33 p.
22. KOSAK, A.; MUNRO, D.; SMITH, J. 1969. Taper functions and their application in forest inventories. The Forestry Chronicle (EE.UU.) n°45. pp. 136-138.
23. LAMB, A.F.A. 1970. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropica: Gmelina arborea. Trad. de la 1a ed. en inglés por el Centro de Documentación y Publicaciones del I.F.L.A.I.C., Mérida, Venezuela. Boletín Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) n° 33/34:21-51.
24. LARSON, P.R. 1963. Stem form development of forest trees. Forest Science, monograph 5 (EE.UU.) 42 p.

25. LEGA ROUND, F.F. 1976. Elaboración de una tabla de volúmenes para bosque tropical mixto natural en la zona de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Tesis Das. Siguatepeque, Honduras, Esnacifor. 68 p.
26. LOJAN, L. 1966. Apuntes del curso de dasometría; primera parte, mediciones de árboles individuales. Turrialba, Costa Rica, IICA. 106 p.
27. MATNEY, T.G.; SULLIVAN, A.D. 1982. Variable top volume and hieght predictors for slash pine trees. Forest Science (EE.UU.) 28(2):274-282.
28. MAX, T.A.; BURKART, H.E. 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. Forest science (EE.UU.) 22(3):283-289.
29. MONSERUD, R.A. 1981. Estimating truncated tree volumes with the Behre hyperbolid and existing total volume equations. Forest Science (EE.UU.) 27(2):253-265.
30. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Firewood crops, shrub and tree species for energy production. Washington, D.C., EE.UU., National Academy Press. 237 p.
31. PALM, R. 1982. Estimation du profil des arbres et calcul des assortiments. Bulletin des Researches Agronomiques de Gembloux (Francia) 17(3):251-262.
32. PARDE, J. 1961. Dendrométrie. Nancy, Francia, Ecole nationale des Eaux et Forêt. 350 p.
33. PEREZ, S.; VAN GINNKEN, P. 1978. Mapa de capacidad de uso del suelo. San José, C.R., Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. Esc. 1:200.000. Color.
34. _____; ALVARADO, A.; RAMIREZ, E. 1978. Mapa sobre asociación de subsuelos de Costa Rica. San José, C.R., Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. Esc. 1:200.000. Color (preliminar).
35. _____; RAMIREZ, E.; ALVARADO, A.; KNOX, E.G. 1979. manual descriptivo del mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. San José, C.R., Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. Esc. 1:200.000. 236 p.
36. PETERS, R. 1977. Tablas de volúmenes para las especies coníferas de Guatemala, Proyecto PNUD/FAO/GUA/72/006. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 162 p.

37. REED, D.D.; GREEN, E.J. 1984. Compatible stem taper and volume ration equations. *Forest Science* (EE.UU.) 30(4):977-990.
38. _____.; BYRNE, J. 1985. A simple, variable form volume estimation system. *The Forestry Chronicle* (EE.UU.). pp. 87-90.
39. ROBINSON, G.H.; STRIKER, M.M. 1951. Monteverde soil map, Costa Rica. S.L., USDA. Bureau of Plant Industry.
40. SALAZAR, R.; PALMER, H.J. 1982. Tabla de volumen para Gmelina arborea Roxb. en manila, Siquirres. Turrialba, C.R., CATIE. 12 p.
41. STAHL, P.H. 1973. Mediciones 2, Curso de Dasometría, Proyecto PNUD/FAO/HOND/68/505. Siguatepeque, Honduras, Esnacifor. 54 p.
42. STERVA, H. 1980. Stem curves, a review of the literature. *Forestry Abstracts* (EE.UU.) 41(4):141-145.
43. TOSI JUNIOR, J.A. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. San José, C.R., Centro Científico Tropical. Esc. 1:750.000. Color.
44. VALERIO, J. 1986. Evaluación de nueve procedencias de Gmelina arborea Roxb. en Turrialba, Costa Rica., Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 92 p.
45. WEBB, D. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, Inglaterra, Administración del Desarrollo de Ultramar. 270 p.

APENDICES

Cuadro 1A. Tabla de diámetros a la altura del pecho sin corteza (DAPsc) para Gmelina arborea en función del diámetro a la altura del pecho con corteza (DAPcc), mostrando el doble grosor de la corteza. Valores redondeados a enteros

DAPcc	DOBLE CORTEZA	DAPsc	DAPcc	DOBLE CORTEZA	DAPsc
cm	cm	cm	cm	cm	cm
8	2	6	32	3	29
9	2	7	33	3	30
10	2	8	34	4	30
11	2	9	35	4	31
12	3	9	36	4	32
13	3	10	37	4	33
14	3	11	38	4	34
15	3	12	39	4	35
16	3	13	40	4	36
17	3	14	41	4	37
18	3	15	42	4	38
19	3	16	43	4	39
20	3	17	44	4	40
21	3	18	45	4	41
22	3	19	46	4	42
23	3	20	47	4	43
24	3	21	48	4	44
25	3	22	49	4	45
26	3	23	50	4	46
27	3	24	51	4	47
28	3	25	52	4	48
29	3	26	53	4	49
30	3	27	54	4	50
31	3	28	55	4	51

Tamaño de la muestra: 303 árboles
 Error est. del estimado: 0
 Coeficiente de determinación: 0.99

Cuadro 2A. Tabla de coeficientes diámétricos con corteza para árboles no bifurcados de Gmelina arborea en función de la altura total y las alturas intermedias a cada metro

Altura total (m)	Alturas intermedias (m)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	1,3490	1,0805	0,8120	0,7746	0,7372	0,6998	0,6624	0,6250	0,5876	0,5502		
11	1,3497	1,0812	0,8127	0,7753	0,7379	0,7004	0,6631	0,6257	0,5883	0,5509	0,5135	
12	1,3503	1,0818	0,8133	0,7759	0,7385	0,7011	0,6637	0,6263	0,5889	0,5515	0,5141	0,4767
13	1,3510	1,0825	0,8140	0,7766	0,7392	0,7018	0,6644	0,6270	0,5895	0,5522	0,5148	0,4774
14	1,3516	1,0831	0,8146	0,7772	0,7398	0,7024	0,6650	0,6276	0,5902	0,5528	0,5154	0,4780
15	1,3523	1,0838	0,8153	0,7779	0,7405	0,7031	0,6657	0,6283	0,5909	0,5535	0,5160	0,4787
16	1,3529	1,0844	0,8159	0,7785	0,7411	0,7037	0,6663	0,6289	0,5915	0,5541	0,5167	0,4793
17	1,3536	1,0851	0,8166	0,7792	0,7418	0,7044	0,6670	0,6296	0,5922	0,5548	0,5174	0,4800
18	1,3542	1,0857	0,8172	0,7798	0,7424	0,7050	0,6676	0,6302	0,5928	0,5554	0,5180	0,4806
19	1,3549	1,0864	0,8179	0,7805	0,7431	0,7057	0,6682	0,6309	0,5935	0,5561	0,5187	0,4813
20	1,3555	1,0870	0,8185	0,7811	0,7437	0,7063	0,6689	0,6315	0,5941	0,5567	0,5193	0,4819
21	1,3562	1,0877	0,8192	0,7818	0,7444	0,7070	0,6696	0,6322	0,5948	0,5573	0,5200	0,4826
22	1,3568	1,0883	0,8198	0,7824	0,7450	0,7076	0,6702	0,6328	0,5954	0,5580	0,5206	0,4832
23	1,3575	1,0890	0,8205	0,7831	0,7457	0,7083	0,6709	0,6335	0,5961	0,5587	0,5213	0,4839
24	1,3581	1,0896	0,8211	0,7837	0,7463	0,7089	0,6715	0,6341	0,5967	0,5593	0,5219	0,4845
25	1,3588	1,0903	0,8218	0,7844	0,7470	0,7095	0,6722	0,6348	0,5974	0,5600	0,5226	0,4852
26	1,3594	1,0909	0,8224	0,7850	0,7476	0,7102	0,6728	0,6354	0,5980	0,5606	0,5232	0,4858
27	1,3601	1,0916	0,8231	0,7857	0,7483	0,7109	0,6735	0,6361	0,5986	0,5613	0,5239	0,4865
28	1,3607	1,0922	0,8237	0,7863	0,7489	0,7115	0,6741	0,6367	0,5993	0,5619	0,5245	0,4871
29	1,3614	1,0929	0,8244	0,7870	0,7496	0,7122	0,6748	0,6374	0,6000	0,5626	0,5251	0,4878
30	1,3620	1,0935	0,8250	0,7876	0,7502	0,7128	0,6754	0,6380	0,6006	0,5632	0,5258	0,4884
31	1,3627	1,0942	0,8257	0,7883	0,7508	0,7135	0,6761	0,6387	0,6013	0,5639	0,5265	0,4891
32	1,3633	1,0948	0,8263	0,7889	0,7515	0,7141	0,6767	0,6393	0,6019	0,5645	0,5271	0,4897
33	1,3640	1,0955	0,8270	0,7896	0,7522	0,7148	0,6774	0,6399	0,6026	0,5652	0,5278	0,4904

Tamaño de la muestra: 197 árboles (4478 coeficientes diámétricos)

Coefficiente de determinación: 0.92

Coefficiente de variación: 20.05 %

PR > F = 0.001

Cuadro 2A. Continuación ...

Altura total (m)	Alturas intermedias (m)												
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
10													
11													
12													
13	0,4400												
14	0,4406	0,4032											
15	0,4413	0,4028	0,3664										
16	0,4419	0,4045	0,3671	0,3297									
17	0,4426	0,4052	0,3677	0,3303	0,2929								
18	0,4432	0,4058	0,3684	0,3310	0,2936	0,2562							
19	0,4439	0,4064	0,3690	0,3316	0,2942	0,2568	0,2194						
20	0,4445	0,4071	0,3697	0,3323	0,2949	0,2575	0,2201	0,1827					
21	0,4452	0,4077	0,3704	0,3329	0,2955	0,2581	0,2207	0,1833	0,1459				
22	0,4458	0,4084	0,3710	0,3336	0,2962	0,2588	0,2214	0,1840	0,1466	0,1092			
23	0,4465	0,4090	0,3716	0,3342	0,2968	0,2594	0,2220	0,1846	0,1472	0,1098	0,0724		
24	0,4471	0,4097	0,3723	0,3349	0,2975	0,2601	0,2227	0,1853	0,1479	0,1105	0,0731	0,0357	
25	0,4478	0,4104	0,3729	0,3355	0,2981	0,2607	0,2233	0,1859	0,1485	0,1111	0,0737	0,0363	
26	0,4484	0,4110	0,3736	0,3362	0,2988	0,2614	0,2240	0,1866	0,1492	0,1118	0,0744	0,0370	
27	0,4491	0,4117	0,3742	0,3368	0,2994	0,2620	0,2246	0,1872	0,1498	0,1124	0,0750	0,0376	
28	0,4497	0,4123	0,3749	0,3375	0,3001	0,2627	0,2253	0,1879	0,1505	0,1131	0,0757	0,0383	
29	0,4504	0,4130	0,3755	0,3381	0,3007	0,2633	0,2259	0,1885	0,1511	0,1137	0,0763	0,0389	
30	0,4510	0,4136	0,3762	0,3388	0,3014	0,2640	0,2266	0,1892	0,1518	0,1144	0,0770	0,0396	
31	0,4517	0,4143	0,3768	0,3394	0,3020	0,2646	0,2272	0,1898	0,1524	0,1150	0,0776	0,0402	
32	0,4523	0,4149	0,3775	0,3401	0,3027	0,2653	0,2279	0,1905	0,1531	0,1157	0,0783	0,0409	
33	0,4530	0,4156	0,3781	0,3407	0,3033	0,2659	0,2285	0,1911	0,1537	0,1163	0,0789	0,0415	

Cuadro 3A. Tabla de coeficientes diamétricos sin corteza para árboles bifurcados y no bifurcados de Gmelina arborea en función de la altura total y las alturas intermedias a cada metro

Altura total (a)	Alturas intermedias (a)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	1,2557	1,0634	0,8654	0,8274	0,7894	0,7514	0,7134	0,6754	0,6374			
11	1,2563	1,0640	0,8660	0,8280	0,7900	0,7520	0,7140	0,6760	0,6380	0,6000		
12	1,2568	1,0645	0,8665	0,8285	0,7905	0,7525	0,7145	0,6765	0,6385	0,6005	0,5625	
13	1,2574	1,0651	0,8671	0,8291	0,7911	0,7531	0,7151	0,6771	0,6391	0,6011	0,5631	0,5251
14	1,2580	1,0657	0,8677	0,8297	0,7917	0,7537	0,7157	0,6777	0,6397	0,6017	0,5637	0,5257
15	1,2586	1,0663	0,8683	0,8303	0,7923	0,7543	0,7163	0,6783	0,6403	0,6023	0,5643	0,5263
16	1,2591	1,0668	0,8688	0,8308	0,7928	0,7548	0,7168	0,6788	0,6408	0,6028	0,5648	0,5268
17	1,2597	1,0674	0,8694	0,8314	0,7934	0,7554	0,7174	0,6794	0,6414	0,6034	0,5654	0,5274
18	1,2603	1,0680	0,8700	0,8320	0,7940	0,7560	0,7180	0,6800	0,6420	0,6040	0,5660	0,5280
19	1,2608	1,0685	0,8705	0,8325	0,7945	0,7565	0,7185	0,6805	0,6425	0,6045	0,5665	0,5285
20	1,2614	1,0691	0,8711	0,8331	0,7951	0,7571	0,7191	0,6811	0,6431	0,6051	0,5671	0,5291
21	1,2620	1,0697	0,8717	0,8337	0,7957	0,7577	0,7197	0,6817	0,6437	0,6057	0,5677	0,5297
22	1,2625	1,0702	0,8722	0,8342	0,7962	0,7582	0,7202	0,6822	0,6442	0,6062	0,5682	0,5302
23	1,2631	1,0708	0,8728	0,8348	0,7968	0,7588	0,7208	0,6828	0,6448	0,6068	0,5688	0,5308
24	1,2637	1,0714	0,8734	0,8354	0,7974	0,7594	0,7214	0,6834	0,6454	0,6074	0,5694	0,5314
25	1,2643	1,0720	0,8740	0,8360	0,7980	0,7600	0,7220	0,6840	0,6460	0,6080	0,5700	0,5320
26	1,2649	1,0725	0,8745	0,8365	0,7985	0,7605	0,7225	0,6845	0,6465	0,6085	0,5705	0,5325
27	1,2654	1,0731	0,8751	0,8371	0,7991	0,7611	0,7231	0,6851	0,6471	0,6091	0,5711	0,5331
28	1,2660	1,0737	0,8757	0,8377	0,7997	0,7617	0,7237	0,6857	0,6477	0,6097	0,5717	0,5337
29	1,2665	1,0742	0,8762	0,8382	0,8002	0,7622	0,7242	0,6862	0,6482	0,6102	0,5722	0,5342
30	1,2671	1,0748	0,8768	0,8388	0,8008	0,7628	0,7248	0,6868	0,6488	0,6108	0,5728	0,5348
31	1,2677	1,0754	0,8774	0,8394	0,8014	0,7634	0,7254	0,6874	0,6494	0,6114	0,5734	0,5354
32	1,2682	1,0759	0,8779	0,8399	0,8019	0,7639	0,7259	0,6879	0,6499	0,6119	0,5739	0,5359
33	1,2688	1,0765	0,8785	0,8405	0,8025	0,7645	0,7265	0,6885	0,6505	0,6125	0,5745	0,5365

Tamaño de la muestra: 302 árboles (6921 coeficientes diamétricos)

Coefficiente de determinación: 0.83

Coefficiente de variación: 20.23 %

PR > F = 0.0001

Cuadro 3A. Continuación ...

Altura total (m)	Alturas intermedias (m)												
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
10													
11													
12													
13													
14	0,4877												
15	0,4883	0,4503											
16	0,4888	0,4508	0,4128										
17	0,4894	0,4514	0,4134	0,3754									
18	0,4900	0,4520	0,4140	0,3760	0,3380								
19	0,4905	0,4525	0,4145	0,3765	0,3385	0,3005							
20	0,4911	0,4531	0,4151	0,3771	0,3391	0,3011	0,2631						
21	0,4917	0,4537	0,4157	0,3777	0,3397	0,3017	0,2637	0,2257					
22	0,4922	0,4542	0,4162	0,3782	0,3402	0,3022	0,2642	0,2262	0,1882				
23	0,4928	0,4548	0,4168	0,3788	0,3408	0,3028	0,2648	0,2268	0,1888	0,1508			
24	0,4934	0,4554	0,4174	0,3794	0,3414	0,3034	0,2654	0,2274	0,1894	0,1514	0,1134		
25	0,4940	0,4560	0,4180	0,3800	0,3420	0,3040	0,2660	0,2280	0,1900	0,1520	0,1140	0,0760	
26	0,4945	0,4565	0,4185	0,3805	0,3425	0,3045	0,2665	0,2285	0,1905	0,1525	0,1145	0,0765	
27	0,4951	0,4571	0,4191	0,3811	0,3431	0,3051	0,2671	0,2291	0,1911	0,1531	0,1151	0,0771	
28	0,4957	0,4577	0,4197	0,3817	0,3437	0,3057	0,2677	0,2297	0,1917	0,1537	0,1157	0,0777	
29	0,4962	0,4582	0,4202	0,3822	0,3442	0,3062	0,2682	0,2302	0,1922	0,1542	0,1162	0,0782	
30	0,4968	0,4588	0,4208	0,3828	0,3448	0,3068	0,2688	0,2308	0,1928	0,1548	0,1168	0,0788	
31	0,4974	0,4594	0,4214	0,3834	0,3454	0,3074	0,2694	0,2314	0,1934	0,1554	0,1174	0,0794	
32	0,4979	0,4599	0,4219	0,3839	0,3459	0,3079	0,2699	0,2319	0,1939	0,1559	0,1179	0,0799	
33	0,4985	0,4605	0,4225	0,3845	0,3465	0,3085	0,2705	0,2325	0,1945	0,1565	0,1185	0,0805	

Cuadro 4A. Tabla de volumen comercial en metros cúbicos con corteza para ramas o ejes de Gmelina arborea según secciones de longitud fija de un metro. Longitud de las ramas desde la base hasta un diámetro mínimo de 5 cm. Diámetro mayor (dm) a un metro de la base de la rama

DM (m)	LONGITUD DE LAS RAMAS O EJES EN METROS HASTA UN DIAMETRO DE CINCO CENTIMETROS												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	---	0,0057	0,0158	0,0258	0,0358	0,0458	0,0558	0,0658	0,0758	0,0858	0,0958	0,1058	0,1158
11	0,0031	0,0302	0,0341	0,0380	0,0419	0,0458	0,0497	0,0536	0,0575	0,0614	0,0653	0,0692	0,0731
12	0,0104	0,0396	0,0435	0,0474	0,0513	0,0552	0,0591	0,0630	0,0669	0,0708	0,0747	0,0786	0,0825
13	0,0178	0,0490	0,0529	0,0568	0,0607	0,0646	0,0685	0,0724	0,0763	0,0802	0,0841	0,0880	0,0919
14	0,0251	0,0584	0,0623	0,0662	0,0701	0,0740	0,0779	0,0818	0,0857	0,0896	0,0935	0,0974	0,1013
15	0,0324	0,0677	0,0716	0,0755	0,0794	0,0833	0,0872	0,0911	0,0950	0,0989	0,1028	0,1067	0,1106
16	0,0398	0,0771	0,0810	0,0849	0,0888	0,0927	0,0966	0,1005	0,1044	0,1083	0,1122	0,1161	0,1200
17	0,0471	0,0865	0,0904	0,0943	0,0982	0,1021	0,1060	0,1099	0,1138	0,1177	0,1216	0,1255	0,1294
18	0,0544	0,0959	0,0998	0,1037	0,1076	0,1115	0,1154	0,1193	0,1232	0,1271	0,1310	0,1349	0,1388
19	0,0618	0,1052	0,1091	0,1130	0,1169	0,1208	0,1247	0,1286	0,1325	0,1364	0,1403	0,1442	0,1481
20	0,0691	0,1146	0,1185	0,1224	0,1263	0,1302	0,1341	0,1380	0,1419	0,1458	0,1497	0,1536	0,1575
21	0,0764	0,1240	0,1279	0,1318	0,1357	0,1396	0,1435	0,1474	0,1513	0,1552	0,1591	0,1630	0,1669
22	0,0838	0,1334	0,1373	0,1412	0,1451	0,1490	0,1529	0,1568	0,1607	0,1646	0,1685	0,1724	0,1763
23	0,0911	0,1427	0,1466	0,1505	0,1544	0,1583	0,1622	0,1661	0,1700	0,1739	0,1778	0,1817	0,1856
24	0,0984	0,1521	0,1560	0,1599	0,1638	0,1677	0,1716	0,1755	0,1794	0,1833	0,1872	0,1911	0,1950
25	0,1058	0,1615	0,1654	0,1693	0,1732	0,1771	0,1810	0,1849	0,1888	0,1927	0,1966	0,2005	0,2044

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Tamaño de la muestra: 117 ramas
 Error estándar del estimado: 0.0211
 Coeficiente de determinación: 0.88

Cuadro 5A. Tabla de volumen sin corteza para aserrio en metros cúbicos para Gmelina arborea hasta un índice de utilización de 25 cm

DAP (ca)	ALTURA TOTAL EN METROS											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
30	0,1885	0,1894	0,1904	0,1913	0,1923	0,1932	0,1942	0,1951	0,1961	0,1971	0,1980	0,1990
31	0,2371	0,2382	0,2392	0,2402	0,2412	0,2422	0,2432	0,2443	0,2453	0,2463	0,2473	0,2484
32	0,2863	0,2874	0,2885	0,2896	0,2907	0,2917	0,2928	0,2939	0,2950	0,2961	0,2972	0,2983
33	0,3361	0,3372	0,3384	0,3395	0,3407	0,3418	0,3430	0,3441	0,3453	0,3465	0,3476	0,3488
34	0,3864	0,3876	0,3888	0,3901	0,3913	0,3925	0,3938	0,3950	0,3962	0,3974	0,3987	0,3999
35	0,4374	0,4387	0,4400	0,4413	0,4426	0,4439	0,4452	0,4465	0,4478	0,4491	0,4504	0,4518
36	0,4892	0,4905	0,4919	0,4933	0,4946	0,4960	0,4974	0,4988	0,5002	0,5015	0,5029	0,5043
37	0,5417	0,5431	0,5444	0,5460	0,5475	0,5489	0,5504	0,5518	0,5533	0,5547	0,5562	0,5577
38	0,5949	0,5965	0,5980	0,5995	0,6010	0,6026	0,6041	0,6056	0,6072	0,6087	0,6103	0,6118
39	0,6490	0,6506	0,6523	0,6539	0,6555	0,6571	0,6587	0,6603	0,6620	0,6636	0,6652	0,6668
40	0,7040	0,7057	0,7074	0,7091	0,7108	0,7125	0,7142	0,7159	0,7176	0,7193	0,7210	0,7227
41	0,7598	0,7616	0,7634	0,7652	0,7670	0,7688	0,7705	0,7723	0,7741	0,7759	0,7777	0,7795
42	0,8166	0,8185	0,8203	0,8222	0,8241	0,8259	0,8278	0,8297	0,8316	0,8334	0,8353	0,8372
43	0,8743	0,8762	0,8782	0,8801	0,8821	0,8840	0,8860	0,8880	0,8899	0,8919	0,8939	0,8959
44	0,9329	0,9349	0,9370	0,9390	0,9411	0,9431	0,9452	0,9472	0,9493	0,9514	0,9534	0,9555
45	0,9925	0,9946	0,9968	0,9989	1,0010	1,0032	1,0054	1,0075	1,0097	1,0118	1,0140	1,0162
46	1,0530	1,0553	1,0575	1,0598	1,0620	1,0642	1,0665	1,0687	1,0710	1,0733	1,0755	1,0778
47	1,1146	1,1169	1,1193	1,1216	1,1239	1,1263	1,1286	1,1310	1,1333	1,1357	1,1381	1,1404
48	1,1772	1,1796	1,1820	1,1845	1,1869	1,1893	1,1918	1,1942	1,1967	1,1992	1,2016	1,2041
49	1,2407	1,2433	1,2458	1,2483	1,2509	1,2534	1,2560	1,2585	1,2611	1,2637	1,2662	1,2688
50	1,3054	1,3080	1,3106	1,3133	1,3159	1,3186	1,3212	1,3239	1,3266	1,3292	1,3319	1,3346
51	1,3710	1,3738	1,3765	1,3793	1,3820	1,3848	1,3876	1,3903	1,3931	1,3959	1,3987	1,4015
52	1,4378	1,4406	1,4435	1,4463	1,4492	1,4521	1,4549	1,4578	1,4607	1,4636	1,4665	1,4694
53	1,5055	1,5085	1,5115	1,5144	1,5174	1,5204	1,5234	1,5264	1,5294	1,5324	1,5354	1,5384
54	1,5744	1,5775	1,5806	1,5836	1,5867	1,5898	1,5929	1,5960	1,5991	1,6023	1,6054	1,6085
55	1,6443	1,6475	1,6507	1,6539	1,6571	1,6604	1,6636	1,6668	1,6700	1,6732	1,6765	1,6797

Los volúmenes fueron calculados por secciones de 1 m de longitud utilizando la fórmula de Smalian.

Los diámetros de cada sección fueron calculados por medio de la Tabla de Coeficientes diamétricos sin corteza presentados en el Cuadro 3A. Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 cm.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 5A. Continuación ...

DAP (cm)	ALTURA TOTAL EN METROS											
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
30	0,1999	0,2009	0,2019	0,2028	0,2038	0,2048	0,2058	0,2067	0,2077	0,2087	0,2097	0,2106
31	0,2494	0,2504	0,2515	0,2525	0,2535	0,2546	0,2556	0,2566	0,2577	0,2587	0,2598	0,2608
32	0,2994	0,3005	0,3016	0,3027	0,3038	0,3049	0,3060	0,3071	0,3082	0,3093	0,3104	0,3115
33	0,3590	0,3511	0,3523	0,3535	0,3546	0,3558	0,3570	0,3582	0,3593	0,3605	0,3617	0,3629
34	0,4012	0,4024	0,4036	0,4049	0,4061	0,4074	0,4086	0,4099	0,4111	0,4124	0,4136	0,4149
35	0,4531	0,4544	0,4557	0,4570	0,4583	0,4597	0,4610	0,4623	0,4636	0,4650	0,4663	0,4676
36	0,5057	0,5071	0,5085	0,5099	0,5113	0,5127	0,5141	0,5155	0,5169	0,5183	0,5197	0,5211
37	0,5591	0,5606	0,5621	0,5635	0,5650	0,5665	0,5680	0,5695	0,5709	0,5724	0,5739	0,5754
38	0,6134	0,6149	0,6165	0,6180	0,6196	0,6211	0,6227	0,6242	0,6258	0,6274	0,6289	0,6305
39	0,6685	0,6701	0,6717	0,6734	0,6750	0,6766	0,6783	0,6799	0,6816	0,6832	0,6849	0,6865
40	0,7244	0,7262	0,7279	0,7296	0,7313	0,7330	0,7348	0,7365	0,7382	0,7399	0,7417	0,7434
41	0,7813	0,7831	0,7849	0,7867	0,7885	0,7903	0,7921	0,7940	0,7958	0,7976	0,7994	0,8012
42	0,8391	0,8410	0,8429	0,8448	0,8467	0,8486	0,8505	0,8524	0,8543	0,8562	0,8581	0,8600
43	0,8978	0,8998	0,9018	0,9038	0,9058	0,9078	0,9098	0,9118	0,9138	0,9158	0,9178	0,9198
44	0,9576	0,9597	0,9617	0,9638	0,9659	0,9680	0,9701	0,9722	0,9743	0,9764	0,9785	0,9806
45	1,0183	1,0205	1,0227	1,0248	1,0270	1,0292	1,0314	1,0336	1,0358	1,0379	1,0401	1,0423
46	1,0800	1,0823	1,0846	1,0869	1,0891	1,0914	1,0937	1,0960	1,0983	1,1005	1,1028	1,1051
47	1,1428	1,1451	1,1475	1,1499	1,1523	1,1546	1,1570	1,1594	1,1618	1,1642	1,1666	1,1690
48	1,2065	1,2090	1,2115	1,2140	1,2164	1,2189	1,2214	1,2239	1,2264	1,2289	1,2314	1,2339
49	1,2714	1,2739	1,2765	1,2791	1,2817	1,2843	1,2869	1,2894	1,2920	1,2946	1,2972	1,2998
50	1,3373	1,3399	1,3426	1,3453	1,3480	1,3507	1,3534	1,3561	1,3588	1,3615	1,3642	1,3669
51	1,4042	1,4070	1,4098	1,4126	1,4154	1,4182	1,4210	1,4238	1,4266	1,4295	1,4323	1,4351
52	1,4723	1,4752	1,4781	1,4810	1,4839	1,4868	1,4897	1,4926	1,4955	1,4985	1,5014	1,5043
53	1,5414	1,5444	1,5474	1,5504	1,5534	1,5565	1,5595	1,5625	1,5656	1,5686	1,5716	1,5747
54	1,6116	1,6147	1,6179	1,6210	1,6241	1,6273	1,6304	1,6336	1,6367	1,6399	1,6430	1,6462
55	1,6830	1,6862	1,6894	1,6927		1,6992	1,7025	1,7057	1,7090	1,7123	1,7156	1,7188

Los volúmenes fueron calculados por secciones de 1 a de longitud utilizando la fórmula de Sealian.

Los diámetros de cada sección fueron calculados por medio de la Tabla de Coeficientes diámetros sin corteza presentados en el Cuadro 3A. Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 cm.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 6A. Tabla de volumen sin corteza para pulpa en metros cúbicos para Gmelina arborea hasta un índice de utilización de 10 cm altura total en metros

DAP (cm)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11	0,0172	0,0175	0,0179	0,0182	0,0186	0,0189	0,0193	0,0196	0,0200	0,0204	0,0207	0,0211
12	0,0302	0,0303	0,0305	0,0306	0,0308	0,0309	0,0311	0,0312	0,0314	0,0315	0,0317	0,0318
13	0,0498	0,0500	0,0501	0,0503	0,0505	0,0507	0,0509	0,0510	0,0512	0,0514	0,0516	0,0518
14	0,0700	0,0702	0,0704	0,0706	0,0708	0,0710	0,0712	0,0714	0,0717	0,0719	0,0721	0,0723
15	0,0909	0,0911	0,0914	0,0916	0,0919	0,0921	0,0923	0,0926	0,0928	0,0931	0,0933	0,0935
16	0,1126	0,1129	0,1132	0,1135	0,1137	0,1140	0,1143	0,1145	0,1148	0,1151	0,1154	0,1156
17	0,1352	0,1356	0,1359	0,1362	0,1365	0,1368	0,1371	0,1374	0,1377	0,1380	0,1383	0,1386
18	0,1588	0,1591	0,1595	0,1598	0,1602	0,1605	0,1609	0,1612	0,1615	0,1619	0,1622	0,1626
19	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833	0,1833
20	0,2089	0,2093	0,2097	0,2101	0,2105	0,2110	0,2114	0,2118	0,2123	0,2127	0,2131	0,2135
21	0,2354	0,2359	0,2364	0,2368	0,2373	0,2378	0,2382	0,2387	0,2392	0,2397	0,2401	0,2406
22	0,2631	0,2636	0,2641	0,2646	0,2651	0,2657	0,2662	0,2667	0,2672	0,2677	0,2682	0,2688
23	0,2918	0,2924	0,2930	0,2935	0,2941	0,2946	0,2952	0,2958	0,2963	0,2969	0,2975	0,2980
24	0,3217	0,3223	0,3229	0,3235	0,3241	0,3247	0,3253	0,3260	0,3266	0,3272	0,3278	0,3284
25	0,3526	0,3533	0,3540	0,3546	0,3553	0,3559	0,3566	0,3573	0,3579	0,3586	0,3593	0,3599
26	0,3847	0,3854	0,3862	0,3869	0,3876	0,3883	0,3890	0,3897	0,3905	0,3912	0,3919	0,3926
27	0,4180	0,4187	0,4195	0,4203	0,4210	0,4218	0,4226	0,4234	0,4241	0,4249	0,4257	0,4265
28	0,4523	0,4532	0,4540	0,4548	0,4556	0,4565	0,4573	0,4581	0,4590	0,4598	0,4607	0,4615
29	0,4879	0,4887	0,4896	0,4905	0,4914	0,4923	0,4932	0,4941	0,4950	0,4959	0,4968	0,4977
30	0,5245	0,5255	0,5265	0,5274	0,5284	0,5293	0,5303	0,5312	0,5322	0,5331	0,5341	0,5351
31	0,5624	0,5634	0,5644	0,5654	0,5665	0,5675	0,5685	0,5695	0,5706	0,5716	0,5726	0,5736
32	0,6014	0,6025	0,6036	0,6047	0,6058	0,6068	0,6079	0,6090	0,6101	0,6112	0,6123	0,6134
33	0,6416	0,6428	0,6439	0,6451	0,6462	0,6474	0,6486	0,6497	0,6509	0,6520	0,6532	0,6544
34	0,6830	0,6842	0,6855	0,6867	0,6879	0,6891	0,6904	0,6916	0,6928	0,6941	0,6953	0,6965
35	0,7256	0,7269	0,7282	0,7295	0,7308	0,7321	0,7334	0,7347	0,7360	0,7373	0,7386	0,7399
36	0,7693	0,7707	0,7720	0,7734	0,7748	0,7762	0,7775	0,7789	0,7803	0,7817	0,7831	0,7845
37	0,8142	0,8157	0,8171	0,8186	0,8200	0,8215	0,8229	0,8244	0,8259	0,8273	0,8288	0,8303
38	0,8604	0,8619	0,8634	0,8650	0,8665	0,8680	0,8696	0,8711	0,8726	0,8742	0,8757	0,8773
39	0,9077	0,9093	0,9109	0,9125	0,9141	0,9157	0,9174	0,9190	0,9206	0,9222	0,9238	0,9255
40	0,9562	0,9579	0,9596	0,9613	0,9630	0,9647	0,9664	0,9681	0,9698	0,9715	0,9732	0,9749
41	1,0059	1,0077	1,0094	1,0112	1,0130	1,0148	1,0166	1,0184	1,0202	1,0220	1,0237	1,0255
42	1,0568	1,0587	1,0605	1,0624	1,0643	1,0661	1,0680	1,0699	1,0718	1,0736	1,0755	1,0774
43	1,1089	1,1108	1,1128	1,1148	1,1167	1,1187	1,1207	1,1226	1,1246	1,1266	1,1285	1,1305
44	1,1622	1,1642	1,1663	1,1683	1,1704	1,1725	1,1745	1,1766	1,1786	1,1807	1,1828	1,1848
45	1,2167	1,2188	1,2210	1,2231	1,2253	1,2274	1,2296	1,2317	1,2339	1,2361	1,2382	1,2404
46	1,2724	1,2746	1,2769	1,2791	1,2814	1,2836	1,2859	1,2881	1,2904	1,2926	1,2949	1,2971
47	1,3293	1,3316	1,3340	1,3363	1,3387	1,3410	1,3434	1,3457	1,3481	1,3504	1,3528	1,3551
48	1,3874	1,3898	1,3923	1,3947	1,3972	1,3996	1,4021	1,4045	1,4070	1,4094	1,4119	1,4143
49	1,4467	1,4493	1,4518	1,4543	1,4569	1,4594	1,4620	1,4645	1,4671	1,4697	1,4722	1,4748
50	1,5072	1,5099	1,5125	1,5152	1,5178	1,5205	1,5231	1,5258	1,5285	1,5311	1,5338	1,5365
51	1,5690	1,5717	1,5745	1,5772	1,5800	1,5827	1,5855	1,5883	1,5910	1,5938	1,5966	1,5994
52	1,6319	1,6348	1,6376	1,6405	1,6433	1,6462	1,6491	1,6520	1,6549	1,6577	1,6606	1,6635
53	1,6960	1,6990	1,7020	1,7050	1,7079	1,7109	1,7139	1,7169	1,7199	1,7229	1,7259	1,7289
54	1,7614	1,7645	1,7676	1,7707	1,7737	1,7768	1,7799	1,7830	1,7862	1,7893	1,7924	1,7955
55	1,8280	1,8312	1,8344	1,8376	1,8408	1,8440	1,8472	1,8504	1,8536	1,8569	1,8601	1,8633

Los volúmenes fueron calculados por secciones de 1 m de longitud utilizando la fórmula de Smalian.

Los diámetros de cada sección fueron calculados por medio de la tabla de coeficientes diométricos sin corteza presentada en el Cuadro 3A. Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 cm.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 6A. Continuación ...

DAP (ca)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
10												
11	0,0214	0,0218	0,0221	0,0225	0,0229	0,0232	0,0236	0,0239	0,0243	0,0247	0,0250	0,0254
12	0,0320	0,0321	0,0323	0,0325	0,0326	0,0328	0,0329	0,0331	0,0332	0,0334	0,0335	0,0337
13	0,0519	0,0521	0,0523	0,0525	0,0527	0,0528	0,0530	0,0532	0,0534	0,0536	0,0538	0,0539
14	0,0725	0,0727	0,0729	0,0731	0,0733	0,0735	0,0738	0,0740	0,0742	0,0744	0,0746	0,0748
15	0,0938	0,0940	0,0943	0,0945	0,0947	0,0950	0,0952	0,0955	0,0957	0,0960	0,0962	0,0964
16	0,1159	0,1162	0,1165	0,1167	0,1170	0,1173	0,1176	0,1178	0,1181	0,1184	0,1187	0,1189
17	0,1389	0,1392	0,1396	0,1399	0,1402	0,1405	0,1408	0,1411	0,1414	0,1417	0,1420	0,1424
18	0,1629	0,1633	0,1636	0,1640	0,1643	0,1647	0,1650	0,1654	0,1657	0,1661	0,1664	0,1668
19	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832	0,1832
20	0,2140	0,2144	0,2148	0,2152	0,2157	0,2161	0,2165	0,2170	0,2174	0,2178	0,2183	0,2187
21	0,2411	0,2415	0,2420	0,2425	0,2430	0,2434	0,2439	0,2444	0,2449	0,2453	0,2458	0,2463
22	0,2693	0,2698	0,2703	0,2708	0,2714	0,2719	0,2724	0,2729	0,2734	0,2740	0,2745	0,2750
23	0,2986	0,2991	0,2997	0,3003	0,3009	0,3014	0,3020	0,3026	0,3031	0,3037	0,3043	0,3049
24	0,3290	0,3296	0,3303	0,3309	0,3315	0,3321	0,3327	0,3334	0,3340	0,3346	0,3352	0,3359
25	0,3606	0,3613	0,3620	0,3626	0,3633	0,3640	0,3646	0,3653	0,3660	0,3667	0,3673	0,3680
26	0,3934	0,3941	0,3948	0,3955	0,3963	0,3970	0,3977	0,3984	0,3992	0,3999	0,4006	0,4014
27	0,4273	0,4280	0,4288	0,4296	0,4304	0,4312	0,4320	0,4327	0,4335	0,4343	0,4351	0,4359
28	0,4623	0,4632	0,4640	0,4649	0,4657	0,4665	0,4674	0,4682	0,4691	0,4699	0,4708	0,4716
29	0,4986	0,4995	0,5004	0,5013	0,5022	0,5031	0,5040	0,5049	0,5058	0,5067	0,5077	0,5086
30	0,5360	0,5370	0,5380	0,5389	0,5399	0,5409	0,5418	0,5428	0,5438	0,5448	0,5457	0,5467
31	0,5747	0,5757	0,5767	0,5778	0,5788	0,5798	0,5809	0,5819	0,5829	0,5839	0,5850	0,5861
32	0,6145	0,6156	0,6167	0,6178	0,6189	0,6200	0,6211	0,6222	0,6233	0,6244	0,6255	0,6266
33	0,6555	0,6567	0,6579	0,6590	0,6602	0,6614	0,6626	0,6637	0,6649	0,6661	0,6673	0,6684
34	0,6978	0,6990	0,7002	0,7015	0,7027	0,7040	0,7052	0,7065	0,7077	0,7090	0,7102	0,7115
35	0,7412	0,7425	0,7438	0,7451	0,7465	0,7478	0,7491	0,7504	0,7517	0,7531	0,7544	0,7557
36	0,7858	0,7872	0,7886	0,7900	0,7914	0,7928	0,7942	0,7956	0,7970	0,7984	0,7998	0,8012
37	0,8317	0,8332	0,8347	0,8361	0,8376	0,8391	0,8405	0,8420	0,8435	0,8450	0,8465	0,8480
38	0,8788	0,8804	0,8819	0,8835	0,8850	0,8866	0,8881	0,8897	0,8912	0,8928	0,8944	0,8959
39	0,9271	0,9287	0,9304	0,9320	0,9336	0,9353	0,9369	0,9385	0,9402	0,9418	0,9435	0,9451
40	0,9766	0,9783	0,9800	0,9818	0,9835	0,9852	0,9869	0,9887	0,9904	0,9921	0,9938	0,9956
41	1,0273	1,0291	1,0310	1,0328	1,0346	1,0364	1,0382	1,0400	1,0418	1,0436	1,0455	1,0473
42	1,0793	1,0812	1,0831	1,0850	1,0869	1,0888	1,0907	1,0926	1,0945	1,0964	1,0983	1,1002
43	1,1325	1,1345	1,1365	1,1384	1,1404	1,1424	1,1444	1,1464	1,1484	1,1504	1,1524	1,1544
44	1,1869	1,1890	1,1911	1,1931	1,1952	1,1973	1,1994	1,2015	1,2036	1,2057	1,2078	1,2099
45	1,2426	1,2447	1,2469	1,2491	1,2513	1,2534	1,2556	1,2578	1,2600	1,2622	1,2644	1,2666
46	1,2994	1,3017	1,3039	1,3062	1,3085	1,3108	1,3131	1,3153	1,3176	1,3199	1,3222	1,3245
47	1,3575	1,3599	1,3622	1,3646	1,3670	1,3694	1,3717	1,3741	1,3765	1,3789	1,3813	1,3837
48	1,4168	1,4193	1,4218	1,4242	1,4267	1,4292	1,4317	1,4342	1,4366	1,4391	1,4416	1,4441
49	1,4774	1,4799	1,4825	1,4851	1,4877	1,4903	1,4928	1,4954	1,4980	1,5006	1,5032	1,5058
50	1,5391	1,5418	1,5445	1,5472	1,5499	1,5526	1,5553	1,5580	1,5607	1,5634	1,5661	1,5688
51	1,6022	1,6050	1,6077	1,6105	1,6133	1,6161	1,6189	1,6217	1,6246	1,6274	1,6302	1,6330
52	1,6664	1,6693	1,6722	1,6751	1,6780	1,6809	1,6839	1,6868	1,6897	1,6926	1,6956	1,6985
53	1,7319	1,7349	1,7379	1,7409	1,7440	1,7470	1,7500	1,7531	1,7561	1,7591	1,7622	1,7652
54	1,7986	1,8018	1,8049	1,8080	1,8112	1,8143	1,8174	1,8206	1,8237	1,8269	1,8301	1,8332
55	1,8666	1,8698	1,8731	1,8763	1,8796	1,8828	1,8861	1,8894	1,8927	1,8959	1,8992	1,9025

Los volúmenes fueron calculados por secciones de 1 a de longitud utilizando la fórmula de Saalian.

Los diámetros de cada sección fueron calculados por medio de la tabla de coeficientes diaométricos sin corteza presentada en el Cuadro 3A. Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 ca.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 7A. Tabla de volumen sin corteza para pulpa y/o postes en metros cúbicos para Gmelina arborea hasta un índice de utilización de 5 cm

dap (cm)	ALTURA TOTAL EN METROS											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
10	0,0522	0,0523	0,0524	0,0525	0,0526	0,0527	0,0528	0,0530	0,0531	0,0532	0,0533	0,0534
11	0,0658	0,0659	0,0660	0,0662	0,0663	0,0664	0,0665	0,0667	0,0668	0,0669	0,0671	0,0672
12	0,0804	0,0806	0,0807	0,0809	0,0810	0,0812	0,0813	0,0815	0,0816	0,0818	0,0819	0,0821
13	0,0962	0,0964	0,0965	0,0967	0,0969	0,0971	0,0973	0,0974	0,0976	0,0978	0,0990	0,0982
14	0,1131	0,1133	0,1135	0,1137	0,1139	0,1141	0,1143	0,1145	0,1147	0,1150	0,1152	0,1154
15	0,1311	0,1314	0,1316	0,1319	0,1321	0,1323	0,1326	0,1328	0,1330	0,1333	0,1335	0,1338
16	0,1504	0,1506	0,1509	0,1512	0,1514	0,1517	0,1520	0,1523	0,1525	0,1528	0,1531	0,1533
17	0,1708	0,1711	0,1714	0,1717	0,1720	0,1723	0,1726	0,1729	0,1732	0,1735	0,1738	0,1741
18	0,1923	0,1927	0,1930	0,1934	0,1937	0,1940	0,1944	0,1947	0,1951	0,1954	0,1958	0,1961
19	0,2151	0,2155	0,2159	0,2162	0,2166	0,2170	0,2174	0,2178	0,2182	0,2185	0,2189	0,2193
20	0,2390	0,2395	0,2399	0,2403	0,2407	0,2412	0,2416	0,2420	0,2424	0,2429	0,2433	0,2437
21	0,2642	0,2647	0,2651	0,2656	0,2661	0,2665	0,2670	0,2675	0,2679	0,2684	0,2689	0,2694
22	0,2905	0,2911	0,2916	0,2921	0,2926	0,2931	0,2936	0,2941	0,2947	0,2952	0,2957	0,2962
23	0,3181	0,3187	0,3192	0,3198	0,3203	0,3209	0,3215	0,3220	0,3226	0,3232	0,3237	0,3243
24	0,3469	0,3475	0,3481	0,3487	0,3493	0,3499	0,3505	0,3511	0,3517	0,3524	0,3530	0,3536
25	0,3768	0,3775	0,3781	0,3788	0,3795	0,3801	0,3808	0,3814	0,3821	0,3828	0,3834	0,3841
26	0,4080	0,4087	0,4094	0,4101	0,4108	0,4116	0,4123	0,4130	0,4137	0,4144	0,4152	0,4159
27	0,4403	0,4411	0,4419	0,4427	0,4434	0,4442	0,4450	0,4458	0,4465	0,4473	0,4481	0,4489
28	0,4739	0,4748	0,4756	0,4764	0,4773	0,4781	0,4789	0,4798	0,4806	0,4814	0,4823	0,4831
29	0,5087	0,5096	0,5105	0,5114	0,5123	0,5132	0,5141	0,5150	0,5159	0,5168	0,5177	0,5186
30	0,5447	0,5457	0,5466	0,5476	0,5485	0,5495	0,5504	0,5514	0,5524	0,5533	0,5543	0,5552
31	0,5819	0,5829	0,5840	0,5850	0,5860	0,5870	0,5880	0,5891	0,5901	0,5911	0,5921	0,5932
32	0,6203	0,6214	0,6225	0,6236	0,6247	0,6258	0,6269	0,6280	0,6290	0,6301	0,6312	0,6323
33	0,6600	0,6611	0,6623	0,6634	0,6646	0,6658	0,6669	0,6681	0,6692	0,6704	0,6715	0,6727
34	0,7008	0,7020	0,7033	0,7045	0,7057	0,7069	0,7082	0,7094	0,7106	0,7119	0,7131	0,7143
35	0,7429	0,7442	0,7455	0,7468	0,7481	0,7494	0,7507	0,7520	0,7533	0,7546	0,7559	0,7572
36	0,7862	0,7875	0,7889	0,7903	0,7916	0,7930	0,7944	0,7958	0,7971	0,7985	0,7999	0,8013
37	0,8306	0,8321	0,8335	0,8350	0,8364	0,8379	0,8393	0,8408	0,8422	0,8437	0,8452	0,8466
38	0,8763	0,8779	0,8794	0,8809	0,8824	0,8840	0,8855	0,8870	0,8886	0,8901	0,8917	0,8932
39	0,9232	0,9248	0,9265	0,9281	0,9297	0,9313	0,9329	0,9345	0,9361	0,9378	0,9394	0,9410
40	0,9714	0,9731	0,9747	0,9764	0,9781	0,9798	0,9815	0,9832	0,9849	0,9866	0,9884	0,9901
41	1,0207	1,0225	1,0243	1,0260	1,0278	1,0296	1,0314	1,0332	1,0350	1,0368	1,0386	1,0404
42	1,0713	1,0731	1,0750	1,0769	1,0787	1,0806	1,0825	1,0843	1,0862	1,0881	1,0900	1,0919
43	1,1230	1,1250	1,1269	1,1289	1,1309	1,1328	1,1348	1,1367	1,1387	1,1407	1,1427	1,1446
44	1,1760	1,1781	1,1801	1,1822	1,1842	1,1863	1,1883	1,1904	1,1924	1,1945	1,1966	1,1986
45	1,2302	1,2323	1,2345	1,2366	1,2388	1,2409	1,2431	1,2452	1,2474	1,2496	1,2517	1,2539
46	1,2856	1,2879	1,2901	1,2923	1,2946	1,2968	1,2991	1,3013	1,3036	1,3059	1,3081	1,3104
47	1,3423	1,3446	1,3469	1,3493	1,3516	1,3540	1,3563	1,3587	1,3610	1,3634	1,3657	1,3681
48	1,4001	1,4025	1,4050	1,4074	1,4099	1,4123	1,4147	1,4172	1,4197	1,4221	1,4246	1,4270
49	1,4592	1,4617	1,4642	1,4668	1,4693	1,4719	1,4744	1,4770	1,4795	1,4821	1,4847	1,4872
50	1,5194	1,5221	1,5247	1,5274	1,5300	1,5327	1,5353	1,5380	1,5406	1,5433	1,5460	1,5487
51	1,5809	1,5837	1,5864	1,5892	1,5919	1,5947	1,5975	1,6002	1,6030	1,6058	1,6085	1,6113
52	1,6436	1,6465	1,6493	1,6522	1,6551	1,6579	1,6608	1,6637	1,6666	1,6695	1,6723	1,6752
53	1,7075	1,7105	1,7135	1,7165	1,7194	1,7224	1,7254	1,7284	1,7314	1,7344	1,7374	1,7404
54	1,7727	1,7758	1,7788	1,7819	1,7850	1,7881	1,7912	1,7943	1,7974	1,8005	1,8037	1,8068
55	1,8390	1,8422	1,8454	1,8486	1,8518	1,8551	1,8583	1,8615	1,8647	1,8679	1,8712	1,8744

Los volúmenes fueron calculados por secciones de 1 m de longitud utilizando la fórmula de Smalian.

Los diámetros de cada sección fueron calculados por medio de la Tabla de Coeficientes diamétricos sin corteza presentados en el Cuadro 3A. Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 cm.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 7A. Continuación...

dap (ca)	ALTURA TOTAL EN METROS											
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
10	0,0535	0,0536	0,0537	0,0538	0,0539	0,0540	0,0541	0,0542	0,0544	0,0545	0,0546	0,0547
11	0,0673	0,0674	0,0676	0,0677	0,0678	0,0680	0,0681	0,0682	0,0684	0,0685	0,0686	0,0688
12	0,0823	0,0824	0,0826	0,0827	0,0829	0,0830	0,0832	0,0833	0,0835	0,0837	0,0838	0,0840
13	0,0983	0,0985	0,0987	0,0989	0,0991	0,0992	0,0994	0,0996	0,0998	0,1000	0,1002	0,1003
14	0,1156	0,1158	0,1160	0,1162	0,1164	0,1166	0,1168	0,1171	0,1173	0,1175	0,1177	0,1179
15	0,1340	0,1342	0,1345	0,1347	0,1350	0,1352	0,1355	0,1357	0,1359	0,1362	0,1364	0,1367
16	0,1536	0,1539	0,1542	0,1544	0,1547	0,1550	0,1553	0,1556	0,1558	0,1561	0,1564	0,1567
17	0,1744	0,1747	0,1751	0,1754	0,1757	0,1760	0,1763	0,1766	0,1769	0,1772	0,1776	0,1779
18	0,1965	0,1968	0,1972	0,1975	0,1979	0,1982	0,1986	0,1989	0,1993	0,1996	0,2000	0,2003
19	0,2197	0,2201	0,2205	0,2209	0,2213	0,2216	0,2220	0,2224	0,2228	0,2232	0,2236	0,2240
20	0,2442	0,2445	0,2450	0,2454	0,2459	0,2463	0,2467	0,2472	0,2476	0,2480	0,2485	0,2489
21	0,2698	0,2703	0,2708	0,2712	0,2717	0,2722	0,2727	0,2731	0,2736	0,2741	0,2746	0,2751
22	0,2967	0,2972	0,2978	0,2983	0,2988	0,2993	0,2999	0,3004	0,3009	0,3014	0,3019	0,3025
23	0,3249	0,3254	0,3260	0,3266	0,3271	0,3277	0,3283	0,3288	0,3294	0,3300	0,3305	0,3311
24	0,3542	0,3548	0,3554	0,3561	0,3567	0,3573	0,3579	0,3585	0,3592	0,3598	0,3604	0,3610
25	0,3848	0,3855	0,3861	0,3868	0,3875	0,3881	0,3888	0,3895	0,3902	0,3908	0,3915	0,3922
26	0,4166	0,4173	0,4181	0,4188	0,4195	0,4202	0,4210	0,4217	0,4224	0,4232	0,4239	0,4246
27	0,4497	0,4504	0,4512	0,4520	0,4528	0,4536	0,4544	0,4551	0,4559	0,4567	0,4575	0,4583
28	0,4839	0,4848	0,4856	0,4865	0,4873	0,4882	0,4890	0,4898	0,4907	0,4915	0,4924	0,4932
29	0,5195	0,5204	0,5213	0,5222	0,5231	0,5240	0,5249	0,5258	0,5267	0,5276	0,5285	0,5294
30	0,5562	0,5572	0,5581	0,5591	0,5601	0,5610	0,5620	0,5630	0,5640	0,5649	0,5659	0,5669
31	0,5942	0,5952	0,5963	0,5973	0,5983	0,5994	0,6004	0,6014	0,6025	0,6035	0,6045	0,6056
32	0,6334	0,6345	0,6356	0,6367	0,6378	0,6389	0,6400	0,6411	0,6422	0,6433	0,6444	0,6456
33	0,6739	0,6750	0,6762	0,6774	0,6786	0,6797	0,6809	0,6821	0,6833	0,6844	0,6856	0,6868
34	0,7156	0,7168	0,7181	0,7193	0,7205	0,7218	0,7230	0,7243	0,7255	0,7268	0,7280	0,7293
35	0,7585	0,7598	0,7611	0,7625	0,7638	0,7651	0,7664	0,7677	0,7691	0,7704	0,7717	0,7730
36	0,8027	0,8041	0,8055	0,8069	0,8082	0,8096	0,8110	0,8124	0,8138	0,8152	0,8166	0,8181
37	0,8481	0,8496	0,8510	0,8525	0,8540	0,8555	0,8569	0,8584	0,8599	0,8614	0,8628	0,8643
38	0,8948	0,8963	0,8978	0,8994	0,9010	0,9025	0,9041	0,9056	0,9072	0,9087	0,9103	0,9119
39	0,9426	0,9443	0,9459	0,9475	0,9492	0,9508	0,9525	0,9541	0,9557	0,9574	0,9590	0,9607
40	0,9918	0,9935	0,9952	0,9969	0,9986	1,0004	1,0021	1,0038	1,0056	1,0073	1,0090	1,0109
41	1,0422	1,0440	1,0458	1,0476	1,0494	1,0512	1,0530	1,0548	1,0566	1,0584	1,0603	1,0621
42	1,0938	1,0957	1,0976	1,0994	1,1013	1,1032	1,1051	1,1071	1,1090	1,1109	1,1128	1,1147
43	1,1466	1,1486	1,1506	1,1526	1,1546	1,1566	1,1586	1,1605	1,1625	1,1645	1,1666	1,1686
44	1,2007	1,2028	1,2049	1,2070	1,2090	1,2111	1,2132	1,2153	1,2174	1,2195	1,2216	1,2237
45	1,2561	1,2582	1,2604	1,2625	1,2648	1,2669	1,2691	1,2713	1,2735	1,2757	1,2779	1,2801
46	1,3126	1,3149	1,3172	1,3195	1,3217	1,3240	1,3263	1,3286	1,3309	1,3332	1,3355	1,3378
47	1,3705	1,3728	1,3752	1,3775	1,3800	1,3823	1,3847	1,3871	1,3895	1,3919	1,3943	1,3967
48	1,4295	1,4320	1,4344	1,4369	1,4394	1,4419	1,4444	1,4468	1,4493	1,4518	1,4543	1,4568
49	1,4898	1,4924	1,4949	1,4975	1,5001	1,5027	1,5053	1,5079	1,5105	1,5131	1,5157	1,5183
50	1,5513	1,5540	1,5567	1,5594	1,5621	1,5648	1,5675	1,5701	1,5728	1,5756	1,5783	1,5810
51	1,6141	1,6169	1,6197	1,6225	1,6253	1,6281	1,6309	1,6337	1,6365	1,6393	1,6421	1,6449
52	1,6781	1,6810	1,6839	1,6868	1,6897	1,6926	1,6956	1,6985	1,7014	1,7043	1,7073	1,7102
53	1,7434	1,7464	1,7494	1,7524	1,7555	1,7585	1,7615	1,7645	1,7676	1,7706	1,7737	1,7767
54	1,8099	1,8130	1,8161	1,8193	1,8224	1,8256	1,8287	1,8318	1,8350	1,8381	1,8413	1,8445
55	1,8776	1,8809	1,8841	1,8874	1,8906	1,8939	1,8971	1,9004	1,9037	1,9070	1,9102	1,9135

Los volúmenes fueron calculados por secciones de 1 m de longitud utilizando la fórmula de Saalian.

Los diámetros de cada sección fueron calculados por medio de la Tabla de Coeficientes diamétricos sin corteza presentados en el Cuadro 9A. Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 ca.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 8A. Tabla de volumen sin corteza para pulpa de Gmelina arborea sobre un índice de utilización de 25 cm y hasta un índice de utilización de 10 cm

dap (cm)	Alturas total (m)											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
30	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361
31	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253
32	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151
33	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056
34	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966
35	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881
36	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802
37	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726
38	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654	0,2654
39	0,2587	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586
40	0,2522	0,2521	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522
41	0,2461	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460
42	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402
43	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346
44	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293
45	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242
46	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194
47	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147
48	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103
49	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060
50	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019
51	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979
52	0,1941	0,1941	0,1941	0,1941	0,1941	0,1941	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942
53	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905
54	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870
55	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836

Los volúmenes fueron calculados por diferencia entre las tablas de volúmenes sin corteza hasta 10 cm, (Cuadro 6A) y hasta 25 cm (Cuadro 5A). Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 8A. Continuación ...

dap (ca)	Alturas total (m)											
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
30	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361	0,3361
31	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253	0,3253
32	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151	0,3151
33	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056	0,3056
34	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966	0,2966
35	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881	0,2881
36	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802	0,2802
37	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726	0,2726
38	0,2654	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655	0,2655
39	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586	0,2586
40	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522	0,2522
41	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460
42	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402	0,2402
43	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2346	0,2347	0,2347	0,2347	0,2347	0,2347
44	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293	0,2293
45	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2242	0,2243	0,2243	0,2243	0,2243	0,2243
46	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194
47	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147	0,2147
48	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103	0,2103
49	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060	0,2060
50	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019	0,2019
51	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979	0,1979
52	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942
53	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905	0,1905
54	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870	0,1870
55	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836

Los volúmenes fueron calculados por diferencia entre las tablas de volúmenes sin corteza hasta 10 cm, (Cuadro 6A) y hasta 25 cm (Cuadro 5A). Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 9A. Tabla de volumen sin corteza para pulpa y/o postes en metros cúbicos para *Gmelina arborea* sobre un índice de utilización de 10 cm y hasta un índice de 5 cm

dap (cm)	Alturas total (m)											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
10	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
11	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
12	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503
13	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464
14	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431
15	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402
16	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377
17	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355
18	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335
19	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318
20	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302
21	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288
22	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275
23	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263
24	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252
25	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242
26	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233
27	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224
28	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216
29	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209
30	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202
31	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195
32	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189
33	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183
34	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178
35	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173
36	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168
37	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
38	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160
39	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155
40	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152
41	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148
42	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145
43	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141
44	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138
45	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135
46	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132
47	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129
48	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127
49	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124
50	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122
51	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
52	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117
53	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
54	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113
55	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111

Los volúmenes fueron calculados por diferencia entre las tablas de volúmenes sin corteza hasta 5 cm (Cuadro 7A) y hasta 10 cm (Cuadro 6A). Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 9A. Continuación ...

dap	Alturas total (m)											
(ca)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
10												
11												
12	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503
13	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464	0,0464
14	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431	0,0431
15	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402
16	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377
17	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355	0,0355
18	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335	0,0335
19	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318	0,0318
20	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302	0,0302
21	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288
22	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275
23	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263
24	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252
25	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242
26	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233
27	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224	0,0224
28	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216
29	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209
30	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202	0,0202
31	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195
32	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189
33	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183
34	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178
35	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173
36	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168
37	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
38	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160	0,0160
39	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155	0,0155
40	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152
41	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148	0,0148
42	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145
43	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141
44	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138	0,0138
45	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135
46	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132
47	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129
48	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127
49	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124	0,0124
50	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122
51	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
52	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117
53	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
54	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113
55	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111

Los volúmenes fueron calculados por diferencia entre las tablas de volúmenes sin corteza hasta 5 cm (Cuadro 7A) y hasta 10 cm (Cuadro 6A). Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 10A. Tabla de volumen con corteza para leña en metros cúbicos para Gmelina arborea hasta un índice de utilización de 5 cm

DAP (cm)	ALTURA TOTAL EN METROS											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
10	0,0475	0,0516	0,0556	0,0593	0,0628	0,0661	0,0692	0,0722	0,0749	0,0776	0,0800	0,0824
11	0,0568	0,0618	0,0665	0,0709	0,0751	0,0790	0,0827	0,0862	0,0895	0,0926	0,0955	0,0983
12	0,0671	0,0729	0,0785	0,0837	0,0886	0,0932	0,0976	0,1016	0,1055	0,1091	0,1125	0,1158
13	0,0782	0,0850	0,0915	0,0975	0,1032	0,1086	0,1137	0,1184	0,1229	0,1271	0,1310	0,1347
14	0,0903	0,0981	0,1055	0,1125	0,1191	0,1252	0,1310	0,1365	0,1416	0,1464	0,1510	0,1552
15	0,1032	0,1122	0,1206	0,1286	0,1361	0,1431	0,1497	0,1559	0,1618	0,1673	0,1724	0,1772
16	0,1170	0,1272	0,1368	0,1458	0,1542	0,1622	0,1697	0,1767	0,1833	0,1895	0,1953	0,2008
17	0,1318	0,1432	0,1539	0,1641	0,1736	0,1825	0,1909	0,1988	0,2062	0,2132	0,2197	0,2258
18	0,1474	0,1601	0,1722	0,1835	0,1941	0,2041	0,2135	0,2223	0,2305	0,2383	0,2456	0,2524
19	0,1639	0,1781	0,1914	0,2040	0,2158	0,2269	0,2373	0,2471	0,2563	0,2648	0,2729	0,2805
20	0,1813	0,1970	0,2117	0,2256	0,2387	0,2509	0,2624	0,2732	0,2833	0,2928	0,3017	0,3101
21	0,1996	0,2168	0,2331	0,2483	0,2627	0,2762	0,2888	0,3007	0,3118	0,3223	0,3320	0,3412
22	0,2187	0,2377	0,2554	0,2722	0,2879	0,3027	0,3165	0,3295	0,3417	0,3531	0,3638	0,3739
23	0,2388	0,2595	0,2789	0,2971	0,3143	0,3304	0,3455	0,3597	0,3730	0,3854	0,3971	0,4080
24	0,2598	0,2822	0,3033	0,3232	0,3418	0,3594	0,3758	0,3912	0,4056	0,4191	0,4318	0,4437
25	0,2816	0,3060	0,3288	0,3504	0,3706	0,3895	0,4073	0,4240	0,4397	0,4543	0,4680	0,4809
26	0,3044	0,3307	0,3554	0,3786	0,4005	0,4210	0,4402	0,4582	0,4751	0,4909	0,5057	0,5195
27	0,3280	0,3563	0,3830	0,4080	0,4315	0,4536	0,4743	0,4937	0,5119	0,5289	0,5449	0,5598
28	0,3526	0,3830	0,4116	0,4385	0,4638	0,4875	0,5097	0,5306	0,5501	0,5684	0,5855	0,6016
29	0,3780	0,4106	0,4413	0,4701	0,4972	0,5226	0,5465	0,5688	0,5897	0,6093	0,6277	0,6449
30	0,4043	0,4392	0,4720	0,5028	0,5318	0,5590	0,5845	0,6083	0,6307	0,6516	0,6713	0,6897
31	0,4315	0,4687	0,5039	0,5367	0,5676	0,5966	0,6237	0,6492	0,6731	0,6954	0,7163	0,7360
32	0,4596	0,4993	0,5365	0,5716	0,6045	0,6354	0,6643	0,6914	0,7168	0,7406	0,7629	0,7838
33	0,4886	0,5308	0,5704	0,6076	0,6426	0,6754	0,7062	0,7350	0,7620	0,7873	0,8109	0,8331
34	0,5185	0,5632	0,6053	0,6448	0,6819	0,7167	0,7493	0,7799	0,8085	0,8353	0,8605	0,8840
35	0,5493	0,5966	0,6412	0,6830	0,7223	0,7592	0,7938	0,8261	0,8565	0,8849	0,9115	0,9364
36	0,5810	0,6310	0,6781	0,7224	0,7640	0,8029	0,8395	0,8737	0,9058	0,9358	0,9639	0,9903
37	0,6135	0,6664	0,7161	0,7629	0,8063	0,8479	0,8865	0,9227	0,9565	0,9882	1,0179	1,0457
38	0,6470	0,7027	0,7552	0,8045	0,8507	0,8941	0,9348	0,9729	1,0086	1,0420	1,0733	1,1026
39	0,6813	0,7400	0,7953	0,8472	0,8959	0,9416	0,9844	1,0245	1,0621	1,0973	1,1302	1,1611
40	0,7166	0,7783	0,8364	0,8910	0,9422	0,9902	1,0353	1,0775	1,1170	1,1540	1,1886	1,2210
41	0,7527	0,8176	0,8786	0,9359	0,9897	1,0401	1,0874	1,1319	1,1733	1,2121	1,2485	1,2825
42	0,7897	0,8578	0,9218	0,9819	1,0383	1,0913	1,1409	1,1874	1,2309	1,2717	1,3098	1,3455
43	0,8276	0,8989	0,9660	1,0290	1,0882	1,1436	1,1956	1,2444	1,2900	1,3327	1,3726	1,4101
44	0,8665	0,9411	1,0113	1,0773	1,1392	1,1972	1,2517	1,3027	1,3504	1,3951	1,4369	1,4761
45	0,9062	0,9842	1,0576	1,1266	1,1914	1,2521	1,3090	1,3623	1,4122	1,4590	1,5027	1,5437
46	0,9467	1,0283	1,1050	1,1771	1,2447	1,3081	1,3676	1,4233	1,4754	1,5243	1,5699	1,6127
47	0,9882	1,0734	1,1534	1,2286	1,2992	1,3654	1,4275	1,4856	1,5401	1,5910	1,6387	1,6833
48	1,0306	1,1194	1,2029	1,2813	1,3549	1,4240	1,4887	1,5493	1,6060	1,6592	1,7089	1,7555
49	1,0739	1,1664	1,2534	1,3351	1,4118	1,4837	1,5512	1,6143	1,6734	1,7288	1,7806	1,8291
50	1,1180	1,2143	1,3049	1,3900	1,4698	1,5447	1,6149	1,6807	1,7422	1,7998	1,8537	1,9042
51	1,1631	1,2633	1,3575	1,4460	1,5290	1,6070	1,6800	1,7484	1,8124	1,8723	1,9284	1,9809
52	1,2090	1,3132	1,4111	1,5031	1,5894	1,6704	1,7463	1,8174	1,8839	1,9462	2,0045	2,0591
53	1,2559	1,3640	1,4657	1,5613	1,6510	1,7351	1,8139	1,8878	1,9569	2,0216	2,0821	2,1388
54	1,3036	1,4159	1,5214	1,6206	1,7137	1,8010	1,8828	1,9595	2,0312	2,0983	2,1612	2,2200
55	1,3522	1,4687	1,5782	1,6811	1,7776	1,8682	1,9530	2,0325	2,1069	2,1766	2,2417	2,3028

Los volúmenes fueron calculados dividiendo la altura de los fustes en tres longitudes iguales y a cada sección definida se le aplicó la fórmula de Newton. Los diámetros de los extremos y del medio de cada sección fueron calculados por medio de la tabla de coeficientes diamétricos con corteza (Cuadro 2A).

Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 cm.

Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

Cuadro 10A. Continuación...

DAP (cm)	ALTURA TOTAL EN METROS												
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
10	0,0846	0,0867	0,0886	0,0905	0,0923	0,0941	0,0957	0,0973	0,0989	0,1004	0,1019	0,1034	
11	0,1009	0,1034	0,1057	0,1079	0,1100	0,1120	0,1140	0,1159	0,1177	0,1195	0,1212	0,1229	
12	0,1188	0,1217	0,1244	0,1269	0,1294	0,1317	0,1340	0,1362	0,1383	0,1403	0,1423	0,1443	
13	0,1382	0,1415	0,1447	0,1476	0,1505	0,1532	0,1557	0,1582	0,1606	0,1630	0,1653	0,1676	
14	0,1592	0,1630	0,1666	0,1700	0,1732	0,1763	0,1792	0,1821	0,1848	0,1875	0,1901	0,1927	
15	0,1818	0,1861	0,1902	0,1940	0,1976	0,2011	0,2044	0,2077	0,2108	0,2138	0,2168	0,2197	
16	0,2059	0,2108	0,2153	0,2197	0,2238	0,2277	0,2314	0,2350	0,2385	0,2419	0,2452	0,2485	
17	0,2316	0,2370	0,2421	0,2470	0,2516	0,2559	0,2601	0,2641	0,2680	0,2718	0,2756	0,2792	
18	0,2588	0,2649	0,2706	0,2759	0,2810	0,2859	0,2906	0,2950	0,2994	0,3036	0,3077	0,3118	
19	0,2876	0,2943	0,3006	0,3066	0,3122	0,3176	0,3227	0,3277	0,3325	0,3371	0,3417	0,3462	
20	0,3179	0,3253	0,3323	0,3388	0,3451	0,3510	0,3567	0,3621	0,3674	0,3725	0,3775	0,3825	
21	0,3498	0,3579	0,3656	0,3728	0,3796	0,3861	0,3923	0,3983	0,4041	0,4097	0,4152	0,4206	
22	0,3833	0,3921	0,4005	0,4084	0,4158	0,4229	0,4297	0,4363	0,4426	0,4487	0,4547	0,4606	
23	0,4183	0,4279	0,4370	0,4456	0,4538	0,4615	0,4689	0,4760	0,4828	0,4895	0,4960	0,5025	
24	0,4549	0,4653	0,4752	0,4845	0,4934	0,5017	0,5098	0,5175	0,5249	0,5321	0,5392	0,5462	
25	0,4930	0,5043	0,5150	0,5251	0,5346	0,5437	0,5524	0,5607	0,5687	0,5766	0,5842	0,5918	
26	0,5326	0,5449	0,5564	0,5673	0,5776	0,5874	0,5967	0,6057	0,6144	0,6228	0,6311	0,6393	
27	0,5739	0,5871	0,5995	0,6112	0,6223	0,6328	0,6428	0,6525	0,6618	0,6709	0,6798	0,6886	
28	0,6167	0,6308	0,6441	0,6567	0,6686	0,6799	0,6907	0,7010	0,7110	0,7208	0,7303	0,7397	
29	0,6610	0,6762	0,6904	0,7039	0,7166	0,7287	0,7403	0,7513	0,7621	0,7725	0,7827	0,7928	
30	0,7069	0,7231	0,7383	0,7527	0,7663	0,7792	0,7916	0,8034	0,8149	0,8260	0,8369	0,8477	
31	0,7544	0,7716	0,7879	0,8032	0,8177	0,8315	0,8446	0,8573	0,8694	0,8813	0,8929	0,9044	
32	0,8034	0,8217	0,8390	0,8554	0,8708	0,8854	0,8994	0,9129	0,9258	0,9384	0,9508	0,9630	
33	0,8539	0,8735	0,8918	0,9092	0,9256	0,9411	0,9560	0,9702	0,9840	0,9974	1,0105	1,0235	
34	0,9060	0,9268	0,9462	0,9646	0,9820	0,9985	1,0143	1,0294	1,0440	1,0582	1,0721	1,0858	
35	0,9597	0,9817	1,0023	1,0217	1,0401	1,0576	1,0743	1,0903	1,1057	1,1207	1,1355	1,1500	
36	1,0150	1,0381	1,0599	1,0805	1,0999	1,1184	1,1360	1,1529	1,1693	1,1851	1,2007	1,2161	
37	1,0717	1,0962	1,1192	1,1409	1,1614	1,1809	1,1995	1,2174	1,2346	1,2513	1,2678	1,2840	
38	1,1301	1,1559	1,1801	1,2030	1,2246	1,2452	1,2648	1,2836	1,3017	1,3194	1,3367	1,3537	
39	1,1900	1,2171	1,2427	1,2667	1,2895	1,3111	1,3317	1,3515	1,3706	1,3892	1,4074	1,4254	
40	1,2514	1,2800	1,3068	1,3321	1,3561	1,3788	1,4005	1,4212	1,4413	1,4608	1,4800	1,4989	
41	1,3145	1,3444	1,3726	1,3992	1,4243	1,4482	1,4709	1,4927	1,5138	1,5343	1,5544	1,5742	
42	1,3790	1,4105	1,4400	1,4679	1,4942	1,5192	1,5431	1,5660	1,5881	1,6096	1,6306	1,6514	
43	1,4451	1,4781	1,5090	1,5382	1,5658	1,5920	1,6170	1,6410	1,6642	1,6867	1,7087	1,7305	
44	1,5128	1,5473	1,5797	1,6103	1,6391	1,6666	1,6927	1,7178	1,7420	1,7656	1,7887	1,8115	
45	1,5821	1,6181	1,6520	1,6839	1,7141	1,7428	1,7701	1,7964	1,8217	1,8463	1,8704	1,8943	
46	1,6528	1,6905	1,7259	1,7592	1,7908	1,8207	1,8493	1,8757	1,9011	1,9258	1,9500	1,9739	
47	1,7252	1,7645	1,8014	1,8362	1,8691	1,9004	1,9302	1,9588	1,9864	2,0132	2,0395	2,0654	
48	1,7991	1,8401	1,8786	1,9149	1,9492	1,9817	2,0128	2,0426	2,0714	2,0993	2,1267	2,1538	
49	1,8746	1,9172	1,9573	1,9951	2,0309	2,0648	2,0972	2,1282	2,1582	2,1873	2,2159	2,2441	
50	1,9516	1,9960	2,0377	2,0771	2,1143	2,1496	2,1833	2,2156	2,2468	2,2771	2,3068	2,3362	
51	2,0301	2,0763	2,1198	2,1607	2,1994	2,2361	2,2712	2,3047	2,3372	2,3687	2,3996	2,4301	
52	2,1103	2,1583	2,2034	2,2460	2,2862	2,3243	2,3607	2,3957	2,4294	2,4621	2,4942	2,5259	
53	2,1919	2,2418	2,2887	2,3329	2,3746	2,4143	2,4521	2,4883	2,5233	2,5573	2,5907	2,6236	
54	2,2752	2,3269	2,3756	2,4214	2,4648	2,5059	2,5451	2,5828	2,6191	2,6544	2,6890	2,7232	
55	2,3600	2,4136	2,4641	2,5117	2,5566	2,5993	2,6400	2,6790	2,7166	2,7532	2,7891	2,8246	

Los volúmenes fueron calculados dividiendo la altura de los fustes en tres longitudes iguales y a cada sección definida se le aplicó la fórmula de Newton. Los diámetros de los extremos y del medio de cada sección fueron calculados por medio de la tabla de coeficientes diaamétricos con corteza (Cuadro 2A).

Se descontó el volumen del tocón con una altura de 30 ca. Los números entre líneas corresponden a la amplitud de los datos básicos.

ANEXOS

Anexo 1. Construcción de la fórmula para el cálculo del volumen por medio de secciones de longitud fija.

Se utilizó la fórmula de Smalian para el cálculo del volumen de cada sección.

$$\text{Vol.} = \frac{(\pi/4 D^2_1 + \pi/4 D^2_2)}{2} \times L$$

La cual se puede expresar así:

$$\text{Vol.} = \frac{0,7854}{2} (D^2_1 + D^2_2) \times L = 0,3927 (D^2_1 + D^2_2) \times L$$

En donde:

$$\pi/4 = 0,7854$$

$$0,7854 = 2 \times 0,3927$$

D_1 = diámetro en el extremo mayor de la sección (metros)

D_2 = diámetro en el extremo mayor de la sección (metros)

L = longitud de la sección (metros)

Los diámetros son con o sin corteza según sea el volumen total a calcular, volumen total con corteza con secciones de longitud fija (Vol Fcc) o volumen total sin corteza con secciones de longitud fija (Vol Fsc) respectivamente.

La construcción de la fórmula general para el cálculo del volumen total de cada fuste ya sea con corteza o sin corteza, tomando como ejemplo un árbol con un fuste comercial de 15,8 m definido por un diámetro mínimo con corteza de cinco centímetros en su extremo más delgado es la siguiente:

1) Cálculo del volumen de las secciones de un metro:

$$\begin{aligned} \text{VolF} = & B (D^2_0 + D^2_1) + B (D^2_1 + D^2_2) + B (D^2_2 + D^2_3) + \\ & B (D^2_3 + D^2_4) + B (D^2_4 + D^2_5) + B (D^2_5 + D^2_6) + \\ & B (D^2_6 + D^2_7) + B (D^2_7 + D^2_8) + B (D^2_8 + D^2_9) + \\ & B (D^2_9 + D^2_{10}) + B (D^2_{10} + D^2_{11}) + B (D^2_{11} + D^2_{12}) + \\ & B (D^2_{12} + D^2_{13}) + B (D^2_{13} + D^2_{14}) + B (D^2_{14} + D^2_{15}) \end{aligned}$$

En donde:

$$B = 0,3927 = 0,5 (\pi/4) = \frac{0,7854}{2}$$

Di = diámetros a cada metro desde la base (0 m)

L = 1 (se omite señalar la multiplicación por 1 (L) en cada miembro de la sumatoria)

Cada uno de los 15 miembros de la sumatoria anterior corresponde a cada una de las 15 secciones de un metro de longitud en que se dividió el fuste al realizar las mediciones metro a metro.

Al realizar las mediciones de las longitudes de las alturas comerciales, se procedió a medir las distancias desde el nivel del suelo (0 metros) tomando los diámetros y el grosor de corteza a cada metro hasta ir definiéndolas en los puntos del fuste con diámetros iguales a 25 cm, 10 cm y 5 cm.

Tales longitudes corresponden a las alturas máximas comerciales para aserrijo, pulpa y leña, generalmente esta no midió un número entero de metros. Por tanto, excedió en fracciones de metro al último punto de medición de las secciones de un metro. De esta manera, se definió una sección adicional más con una longitud menor de un metro.

2) Cálculo del volumen de la última sección del fuste. con longitud menor que un metro:

$$\text{Vol Fsecc} = \frac{0,7854}{2} \times (D^2_{15} + D^2_{15,8}) \times L'$$

$$\text{Vol Fsecc} = B \times (D^2_{15} + D^2_{15,8}) \times L'$$

En donde:

Vol Fsecc = Volumen de la última sección con longitud menor que un metro

$$B = \frac{0,7854}{2} = 0,3927$$

D15 = diámetro de última sección de un metro

D15,8 = diámetro mínimo de cinco centímetros

L' = longitud de la última sección del fuste menor que un metro

Unidas las fórmulas de ambos cálculos el volumen total del fuste se expresa de la siguiente manera:

$$\text{VolF} = B \times (D^2_0 + D^2_1) + 2 B \times (D^2_1 + D^2_2 + D^2_3 + D^2_4 + D^2_5 + D^2_6 + D^2_7 + D^2_8 + D^2_9 + D^2_{10} + D^2_{11} + D^2_{12} + D^2_{13} + D^2_{14}) + B \times (D^2_{15} + D^2_{15,8}) \times L'$$

Esta fórmula en términos generales se puede expresar así:

$$\text{Vol F} = 0,3927 \times (D^2_0 + D^2_n) + 0,7854 \times (D^2_1 + D^2_2 + D^2_3 + \dots + D^2_{n-1}) + 0,3927 \times (D^2_n + D^2_{n+2}) \times L'$$

En donde:

Di = diámetros medidos a cada metro desde el nivel del suelo

D_{n+2} = diámetro mínimo de utilización

L' = longitud entre el diámetro de la última sección de longitud fija de un metro y el punto de medición de la altura comercial para leña, en donde el diámetro del fuste es igual a cinco centímetros.

En tales términos, la fórmula anterior se transformó de la siguiente manera para realizar los cálculos con y sin corteza:

$$\text{Vol F} = 0,3927 \times (D^2_0 + D^2_n) + (0,3927 \times (D^2_n + D^2_{n+z}) \times L') \\ + 0,7854 \times (D^2_1 + D^2_2 + D^2_3 + \dots + D^2_{n-1})$$

$$\text{Vol F} = 0,3927 \times ((D^2_0 + D^2_n) + ((D^2_n + D^2_{n+z}) \times L')) + \\ 0,7854 \times (D^2_1 + D^2_2 + D^2_3 + \dots + D^2_{n-1})$$

En donde:

D_i = diámetros medidos de las secciones de un metro de longitud

D_n = diámetro menor de la última sección de un metro

D_{n+z} = diámetro mínimo igual a cinco centímetros que define la altura comercial para leña

L' = longitud de la última sección del fuste con cinco centímetros de diámetro en ambos extremos.

Anexo 2. Construcción de la fórmula para el cálculo del volumen por medio de secciones de longitud variable.

El principio de Hohenadl se fundamenta en la división del fuste en n secciones de igual longitud relativa. Esta longitud equivale a una relación o porcentaje de la longitud de cada sección con respecto a la altura o longitud completa del fuste o tronco del árbol a cubicar. Cada sección tiene un largo proporcional al del fuste.

Hohenadl utilizó la fórmula de Huber para calcular el volumen de cada sección y luego por sumatoria de los volúmenes de las n secciones obtener el volumen requerido.

$$\text{Vol}_i = \pi/4 \times \text{dm}_i^2 \times h \quad (\text{fórmula de Huber})$$

En donde:

Vol_i = volumen de la sección con longitud relativa

dm_i = diámetro en la mitad de la longitud relativa

h = longitud relativa

De acuerdo con el número n de secciones de longitud relativa en que se divida el fuste, la fórmula para el volumen total del mismo será:

$$\text{Vol.}_t. = (\pi/4 \times \text{dm}_1^2 \times h_1) + (\pi/4 \times \text{dm}_2^2 \times h_2) + \dots + (\pi/4 \times \text{dm}_n^2 \times h_n)$$

En donde:

$\text{Vol.}_t.$ = volumen total comercial

dm_i = diámetro en el centro de cada sección

h_i = longitud relativa, igual para cada sección y proporcional a la altura total del fuste

Es posible entonces factorizar:

$$\text{Vol.}_t. = \pi/4 \times h \times (dm^2_1 + dm^2_2 + dm^2_n)$$

En el presente trabajo se utilizó el principio de Hohenadl para calcular el volumen de los fustes divididos en cinco secciones, $n = 5$. Los que significó que la longitud relativa de cada sección correspondió a $L/5$ ó $0,2 \times L$. Basado en lo anterior se construyó la forma para el cálculo del volumen por medio de secciones de longitud variable:

$$\text{Vol.}_V = \frac{\pi}{4} \times h \times (dm^2_1 + dm^2_2 + dm^2_3 + dm^2_4 + dm^2_5)$$

Que corresponde a:

$$\text{Vol.}_V = \frac{\pi}{4} \times 0,2 \times L (d^2_{0,1L} + d^2_{0,3L} + d^2_{0,5L} + d^2_{0,7L} + d^2_{0,9L})$$

En donde:

Vol.V = volumen total comercial obtenido por secciones de longitud variable

h = $0,2 \times L$, longitud de cada una de las cinco secciones en que se divide el fuste

L = longitud de la altura total comercial

$d_{0,1L}$ = diámetro a la mitad de la primera sección de $0,2 \times L$ de longitud, ubicado a $0,1 \times L$

$d_{0,3L}$ = diámetro a la mitad de la segunda sección de $0,2 \times L$ de longitud, ubicado a $0,3 \times L$

$d_{0,5L}$ = diámetro a la mitad de la tercera sección de $0,2 \times L$ de longitud, ubicado a $0,5 \times L$

$d_{0,7L}$ = diámetro a la mitad de la cuarta sección de $0,2 \times L$ de longitud, ubicado a $0,7 \times L$

$d_{0,9L}$ = diámetro a la mitad de la quinta y última sección de $0,2 \times L$ de longitud, ubicado a $0,9 \times L$

Si multiplicamos toda la expresión anterior por $\frac{d^2_{0,1L}}{d^2_{0,1L}}$,
 lo cual no afecta por ser igual a 1, obtendremos:

$$\text{Vol.V} = \pi/4 \times D^2_{0,1L} \times 0,2 \times L \left(1 + \frac{d^2_{0,3L}}{d^2_{0,1L}} + \frac{d^2_{0,5L}}{d^2_{0,1L}} + \frac{d^2_{0,7L}}{d^2_{0,1L}} + \frac{d^2_{0,9L}}{d^2_{0,1L}} \right)$$

Anexo 3. Origen y desarrollo de las fórmulas de los factores volumétricos de forma objeto de estudio.

Se transformaron los coeficientes diamétricos a sus respectivos coeficientes volumétricos procediendo a calcular los volúmenes definidos por los diámetros referidos en cada coeficiente.

También se construyeron algunos factores volumétricos haciendo uso de fórmulas para el cálculo de volumen conocidas con respecto al volumen establecido con el uso del dap.

Fórmula 1

Coeficiente diamétrico de forma de Prodan

$$K_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{d'_{0,9}}$$

En donde:

$K_{0,5}$ = coeficiente de forma de Prodan

$d_{0,5}$ = diámetro ubicado a la mitad de la altura entre el punto ubicado a 1,3 m sobre el fuste (dap) y el extremo superior del mismo (altura total)

$d'_{0,9}$ = diámetro medido a una décima parte de la altura comercial desde el nivel del suelo ($0,1 \times h_c$)

Transformación

$$CVK_{0,5} = \frac{\pi/4 \times d_{0,5}^2 \times L}{\pi/4 \times d'^2_{0,9} \times L} = \frac{d_{0,5}^2}{d'^2_{0,9}} = \left[\frac{d_{0,5}}{d'_{0,9}} \right]^2$$

$CVK_{0,5}$ = coeficiente volumétrico de forma de Prodan

Fórmula 2

Coeficiente de forma normal o de Schiffel

$$\text{CV de Schiffel} = \frac{d_1}{dap}$$

En donde:

CV de Schiffel = coeficiente de forma

d_1 = diámetro a la mitad de la altura total

dap = diámetro a 1,3 m sobre el nivel del suelo

Transformación

$$\text{CV de Schiffel} = \frac{\pi/4 \times d_1^2 \times L}{\pi/4 \times dap^2 \times L} = \frac{d_1^2}{dap^2} = \left(\frac{d_1}{dap} \right)^2$$

CV Schiffel = coeficiente volumétrico de Schiffel

Fórmula 3

Coeficiente absoluto de forma

$$\text{CV absoluto} = \frac{d'm}{dap}$$

En donde:

CV absoluto = coeficiente de forma absoluto

$d'm$ = diámetro a la mitad de la distancia entre el punto de medición del dap y el extremo superior de la altura total ($d'm = d_{0,5}$)

dap = diámetro a la altura de pecho (1,3 m)

Transformación

$$CV \text{ absoluto} = \frac{\pi/4 \times d'm^2 \times L}{\pi/4 \times dap^2 \times L} = \frac{d'm^2}{dap^2} = \left[\frac{d'm}{dap} \right]^2$$

CV absoluto = coeficiente volumétrico absoluto

Fórmula 4

Coeficiente de forma de Girard

$$CV \text{ de Girard} = \frac{d_{16's.c.}}{dap}$$

En donde:

CV de Girard = coeficiente de forma

$d_{16's.c.}$ = diámetro sin corteza en el extremo superior de la primera troza de 16 pies (4,88 cm) en árboles derribados (17,3 pies en árboles en pie)

dap = diámetro a la altura de pecho (1,3 m)

Transformación

$$CV \text{ de Girard} = \frac{\pi/4 \times d_{16's.c.}^2 \times L}{\pi/4 \times dap^2 \times L} = \frac{d_{16's.c.}^2}{dap^2} = \left[\frac{d_{16's.c.}}{dap} \right]^2$$

Fórmula 5

Coeficiente natural comercial de la forma

$$f' = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g_{0,1} \times h}$$

En donde:

- f' = coeficiente natural comercial de la forma
- Vol. del fuste = volumen real comercial del fuste calculado por secciones de longitud relativa
- h = altura total
- $g_{0,1 h}$ = área basal de la sección del fuste a la altura de $0,1 \times h$ o según De Hoogh, Dietrik y Ahrens (11). Area basal a un 10% de la altura total del árbol o en la mitad de la primera sección $0,1 h$ según Hohenadl (2).

Transformación

No es necesario transformación ya que se trata de un factor volumétrico.

Fórmula 6

Coeficiente artificial comercial de la forma del fuste

$$f = \frac{\text{Vol. del fuste}}{g_R \times h}$$

En donde:

- f = coeficiente artificial comercial de la forma del fuste
- Vol. del fuste = volumen real comercial del fuste calculado por secciones de longitud relativa
- h = altura total
- g_R = área basal a la altura de referencia (1,3 m)

Transformación

No requiere transformación ser un coeficiente volumétrico.

Fórmula 7

Factor mórfico

$$FM = \frac{\text{Vol. del fuste}}{A \times L}$$

En donde:

FM = factor mórfico

Vol. del fuste = volumen real comercial del fuste calculado por secciones de longitud fija

A = área basal a la altura de 1,3 m

L = altura total del fuste

Transformación

No requiere transformación ser un coeficiente volumétrico.

Fórmula 8

Coeficiente volumétrico construido con la fórmula de Pressler

$$VF = \frac{2A \times L'}{3}$$

En donde:

VF = volumen del fuste

A = área basal a 1,3 m

L' = largo o altura en metros desde el nivel del suelo hasta donde el diámetro es la mitad del dap

Coefficiente volumétrico

$$CVP = \frac{2/3 \times A \times L'}{\pi/4 \times dap^2 \times L}$$

En donde:

CVP = coeficiente volumétrico con uso de la fórmula de Pressler

A = área basal a 1,3 m

L' = largo o altura en metros desde el nivel del suelo hasta donde el diámetro es la mitad del dap

dap = diámetro a la altura del pecho (1,3 m)

L = altura total del fuste

$$CVP = \frac{2/3 (\pi/4 \times dap^2) \times L'}{\pi/4 \times dap^2 \times L} = \frac{2/3 \times L'}{L} = \frac{2L'}{3L}$$

Fórmula 9

Coefficiente volumétrico construido con la fórmula de Hossfeld

$$VF = \frac{3A'' \times h}{4}$$

En donde:

VF = volumen del fuste

A = área basal tomada a 1/3 de L, midiendo desde el nivel del suelo (base)

h = altura total

Coefficiente volumétrico

$$CVH = \frac{3/4A'' \times h}{\pi/4 \times dap^2 \times h}$$

En donde:

CVH = coeficiente volúmetrico con el uso de la fórmula de Hossfeld

A'' = área basal tomada a 1/3 de L, midiendo desde el nivel del suelo (base)

h = altura total

dap = diámetro a 1,3 m

$$\begin{aligned} CVH &= \frac{3/4A'' \times h}{\pi/4 \times dap^2 \times h} = \frac{3/4 \times \pi/4 \times d_{1/3}^2 \times h}{\pi/4 \times dap^2 \times h} = \frac{3 \times d_{1/3}^2}{4 \times dap^2} \\ &= 0,75 \left[\frac{d_{1/3}}{dap} \right]^2 \end{aligned}$$

Anexo 4. Procedimiento para calcular los coeficientes diamétricos con corteza (COFCC) correspondientes a las alturas fijas (intermedias desde el nivel del suelo hacia arriba) de uno y cero metros

De acuerdo con la ecuación de ahusamiento obtenida con el análisis de regresión lineal realizado, se procedió a condicionar el valor de la constante a de la ecuación para calcular los coeficientes diamétricos con corteza ubicados a las alturas fijas (ALTF) correspondientes a uno y a cero metros.

Ecuación de ahusamiento: $COFCC = 0,8803 - 0,037 \times ALTF + 0,00065 \times H_t$

A. Cálculo de los coeficientes diamétricos con corteza (COFCC) cuando $ALTF = 1,0$ m:

1. Cuando la altura fija es igual a 1,3 m el coeficiente diamétrico con corteza (COFCC) se condiciona y es igual a la unidad:

Por definición: $COFCC_i = \frac{d_{i\ cc}}{d_{ap\ cc}}$, para $ALTF_i$

$d_{i\ cc}$ = diámetro con corteza medido a una $ALTF_i$

asi, $COFCC = \frac{d_{ap\ cc}}{d_{ap\ cc}}$, para $ALTF = 1,3$ m

2. Sustituyendo estos valores en la ecuación de ahusamiento, se despejó la constante a en función de la altura total (H_t), determinándose así la ecuación para calcular el valor condicionado de la constante a para una altura fija (ALTF) de 1,3 m:

$$COFCC = 0,8803 - 0,0374 \times ALTF + 0,00065 \times H_t$$

$$1 = a - 0,0374 \times 1,3 + 0,00065 \times H_t$$

$$a = 1,04862 - 0,00065 \times H_t$$

3. Luego se calculó el valor condicionado de la constante a para $ALTF = 1,3$, correspondiente a la altura total mínima de la tabla ($H_t = 10$ m):

$$a = 1,04862 - 0,00065 \times 10$$

$$a = 1,04862 - 0,0065$$

$$a = 1,04212$$

4. Se obtuvo el valor condicionado de la constante a para $ALTF = 1,0$ m y $H_t = 10$ m, partiendo de la diferencia entre la constante a condicionada para $ALTF = 1,3$ y la constante a para $ALTF = 2,0$ m (obtenida de la ecuación de ahusamiento):

$$a \text{ para } 1,3 \text{ m} = 1,0421 -$$

$$a \text{ para } 2,0 \text{ m} = \frac{0,8803}{0,1618}$$

El resultado es de 0,1618 para 0,7 m de diferencia en altura fija, lo que significa que la constante a condicionada varía a razón de 0,2311 por metro desde una $ALTF = 2,0$ m hacia el nivel del suelo.

Fácilmente se deduce que el valor condicionado de la constante a de la ecuación de ahusamiento es inversamente proporcional a la altura fija desde 2,0 m hacia abajo hasta el nivel del suelo (cero metros).

Se determinó entonces el valor condicionado de la constante a para $ALTF = 1,0$ m y $H_t = 10$ m, de la siguiente manera:

$$a = 1,0421 + (0,2311 \times 0,3)$$

$$a = 1,0421 + 0,06933$$

$$a = 1,1114, \text{ para } ALTF = 1,0 \text{ m y } H_t = 10 \text{ m}$$

El valor condicionado de a correspondiente a 0,3 m de diferencia entre $ALTF = 1,0$ m y $ALTF = 1,3$ m se le suma al valor condicionado de a para $ALTF = 1,3$ m dada la proporción inversa de la relación: a condicionada y $ALTF$.

5. Con el valor condicionado obtenido para la constante a a una $ALTF = 1,0$ m, es posible calcular el COFCC para $H_t = 10$ m y $ALTF = 1,0$ m:

$$COFCC = 1,1114 - 0,0374 \times 1 + 0,00065 \times 10$$

$$COFCC = 1,0740 + 0,0065$$

$$COFCC = 1,0805, \text{ para } ALTF = 1,0 \text{ m y } H_t = 10 \text{ m}$$

6. Para determinar los valores de todos y cada uno de los COFCC correspondientes a cada altura total de la tabla de ahusamiento y a una $ALTF = 1,0$ m, se tomó el valor constante en que varía el ahusamiento por efecto de altura total a un valor fijo de $ALTF$ y que corresponde al coeficiente 0,0006 de la altura total en la ecuación de regresión.

Esta variación es operada por la fórmula del punto 5 anterior:

$$COFCC = 1,074 + 0,00065 \times H_t$$

Dando los valores de la tabla a H_t en la fórmula anterior se obtuvieron los coeficientes diamétricos con corteza para $ALTF = 1,0$ m.

B Cálculo de los coeficientes diamétricos con corteza (COFCC) cuando $ALTF =$ cero metros.

1. Como se determinó en el punto 4 del procedimiento para calcular los coeficientes diamétricos con corteza para $ALTF = 1,0$ m, el valor condicionado de la constante a varía a razón de 0,2311 por metro

desde $ALTF = 2,0$ m hacia abajo y hasta el nivel del suelo y es inversamente proporcional a $ALTF$.

Basándose en la deducción anterior fue posible calcular el valor condicionado de a para $ALTF = 0$ m y $H_t = 10$ m, partiendo del valor condicionado de a para $ALTF = 1,0$ m:

1,1114 = valor condicionado de a para $ALTF = 1,0$ m

$$a = 1,1114 + (0,2311 \times 1)$$

$$a = 1,3425$$

2. Sustituyendo el valor condicionado de a para $ALTF = 0$ m y los valores de $ALTF = 0$ m y $H_t = 10$ m, en la ecuación de ahusamiento, fue posible calcular el COFCC para cero metros en función de las mencionadas variables y de a condicionada:

$$COFCC = 1,3425 - 0,0374 \times ALTF + 0,00065 \times H_t$$

$$COFCC = 1,3425 - 0,0374 \times 0 + 0,00065 \times 10$$

$$COFCC = 1,3425 + 0,0065$$

$$cofcc = 1,3490, \text{ para } ALTF = 0 \text{ m y } H_t = 10 \text{ m}$$

3. Sustituyendo H_t de la ecuación anterior por cada uno de los valores de la altura total de la tabla, se calcularon los correspondientes coeficientes diamétricos con corteza para $ALTF = 0$ m:

$$COFCC = 1,3425 + 0,00065 \times H_t$$

Anexo 5. Procedimiento para calcular los coeficientes diamétricos sin corteza (COFSC) correspondientes a las alturas fijas (intermedias desde el nivel del suelo hacia arriba) de uno y cero metros

De acuerdo con la ecuación de ahusamiento obtenida con el análisis de regresión lineal realizado, se procedió a condicionar el valor de la constante a de la ecuación para calcular los coeficientes diamétricos sin corteza ubicados a las alturas fijas (ALTF) correspondientes a uno y a cero metros.

Ecuación de ahusamiento

$$\text{COFSC} = 0,9357 - 0,038 \times \text{ALTF} + 0,00057 \times H_t$$

A Cálculo de los coeficientes diamétricos sin corteza (COFSC) cuando ALTF = 1,0 m:

1. Cuando la altura fija es igual a 1,3 m el coeficiente diamétrico sin corteza (COFSC) se condiciona y es igual a la unidad:

$$\text{Por definición, } \text{COFSC}_i = \frac{d_{isc}}{d_{ap sc}}, \text{ para ALTF}_i$$

$$d_i = \text{diámetro con corteza a ALTF}_i$$

$$\text{así, } \text{COFSC} = \frac{d_{ap sc}}{d_{ap sc}}, \text{ para ALTF} = 1,3 \text{ m}$$

2. Sustituyendo estos valores en la ecuación de ahusamiento, se dejó la constante a en función de la altura total H_t , determinándose así la ecuación para calcular el valor condicionado de la constante a para una altura fija ALTF de 1,3 m:

$$\text{COFSC} = 0,9357 - 0,038 \times \text{ALTF} + 0,00057 \times H_t$$

$$1 = a - 0,038 \times 1,3 + 0,00057 \times H_t$$

$$a = 1,0494 - 0,00057 \times H_t$$

3. Luego se calculó el valor condicionado de la constante a para ALTF = 1,3 m y para una altura

total $H_t = 10$ m que es la altura total mínima de la tabla de ahusamiento:

$$a = 1,0494 - 0,00057 \times 10$$

$$a = 1,0437, \text{ para ALTF} = 1,3 \text{ m}$$

4. Se obtuvo el valor condicionado de la constante \underline{a} para ALTF = 1,3 m y $H_t = 10$ m, partiendo de la diferencia entre la constante \underline{a} condicionada para ALTF = 1,3 m y la constante \underline{a} para ALTF = 2,0 m (obtenida de la ecuación de ahusamiento):

$$\underline{a} \text{ para } 1,3 \text{ m} = 1,0437 -$$

$$\underline{a} \text{ para } 2,0 \text{ m} = \frac{0,9357}{1,1080}$$

El resultado es de 0,108 para 0,7 m de diferencia en altura fija, lo que significa que la constante \underline{a} condicionada varía a razón de 0,1543 por metro desde una altura fija de 2,0 m hacia el nivel del suelo (hacia abajo).

Fácilmente se deduce que el valor condicionado de la constante \underline{a} de la ecuación de ahusamiento es inversamente proporcional a la altura fija en los primeros dos metros desde el nivel del suelo (cero metros) hacia arriba.

Se determinó entonces el valor condicionado de la constante \underline{a} para ALTF = 1,0 m y $H_t = 10$ m, de la siguiente manera:

$$\underline{a} = 1,0494 + (0,1543 \times 0,3)$$

$$\underline{a} = 1,0957, \text{ para ALTF} = 1,0 \text{ m} \times H_t = 10 \text{ m}$$

El valor condicionado de \underline{a} correspondiente a 0,3 m de diferencia entre ALTF = 1,0 m y ALTF = 1,3 m, se le suma al valor condicionado de \underline{a} para ALTF = 1,3 m, dada la proporción inversa de la relación: \underline{a} condicionada y ALTF.

5. Con el valor condicionado obtenido para la constante a a una ALTF = 1,0 m, es posible calcular el COFSC para $H_t = 10$ m y ALTF = 1,0 m:

$$\text{COFSC} = 1,0957 - 0,038 \times 1 + 0,00057 \times 10$$

$$\text{COFSC} = 1,0577 + 0,000 \times 10$$

$$\text{COFSC} = 1,0634, \text{ para ALTF} = 1,0 \text{ m y } H_t = 10 \text{ m}$$

6. Para determinar los valores de todos y cada uno de los COFSC correspondientes a cada altura total de la tabla de ahusamiento y a una ALTF = 1,0 m, se tomó el valor constante en que varía el ahusamiento por efecto de la altura total a un valor fijo de ALTF y que corresponde al coeficiente 0,00057 de la altura total en la ecuación de regresión.

Esta variación es operada por la fórmula utilizada en el punto 5. anterior:

$$\text{COFSC} = 1,0577 + 0,00057 \times H_t$$

Dando los valores de la tabla a H_t en la fórmula anterior, se obtuvieron los coeficientes diamétricos sin corteza para ALTF = 1,0 m.

B Cálculo de los coeficientes diamétricos sin corteza (COFSC) cuando ALTF = cero metros.

1. Como se determinó en 1 punto 4. del procedimiento para obtener los COFSC para ALTF = 1,0 m, el valor condicionado de la constante a varía a razón de 0,1543 por metro desde ALTF = 2,0 m hacia abajo y hasta el nivel del suelo, y es inversamente proporcional a ALTF.

Basándose en la deducción anterior fue posible calcular el valor condicionado de a para ALTF = 0 m y $H_t = 10$ m, partiendo del valor condicionado a para ALTF = 1,0 m:

1,0957 = valor condicionado de a para ALTF = 1,0 m y $H_t = 10$ m

$$a = 1,0957 + (0,1543 \times 1)$$

$$a = 1,2500$$

2. Sustituyendo el valor condicionado de a para ALTF = cero metros y los valores de 0 m para ALTF y de 10 m para H_t , en la ecuación de ahusamiento, fue posible calcular el COFSC para cero metros:

$$\text{COFSC} = 1,25 - 0,038 \times \text{ALTF} + 0,00057 \times H_t$$

$$\text{COFSC} = 1,25 - 0,038 \times 0 + 0,00057 \times 10$$

$$\text{COFSC} = 1,2557, \text{ para ALTF} = 0 \text{ m y } H_t = 10 \text{ m}$$

3. Sustituyendo H_t de la ecuación anterior por cada uno de los valores de la altura total de la tabla, se calcularon los correspondientes coeficientes sin corteza para ALTF = 0 m:

$$\text{COFCS} = 1,25 + 0,00057 \times H_t$$

Anexo 6. Errores estándar de los estimados de los análisis de regresión de las alturas de los índices de utilización estudiados y de la altura total

Relación	Error estándar del estimado			No. Observ.	Grados Libertad	R ²
	Y	Coef. X ₁	Coef. X ₂			
h25 = f(h)	3,34	0,08	-	224	222	0,57
h25 = f(dap)	3,02	2,12	-	224	222	0,65
h25 = f(dap, h)	2,71	2,68	0,09	224	221	0,72
h25 = f(h)	3,17	0,08	-	215	213	0,62
h25 = f(dap)	2,65	1,97	-	215	213	0,73
h25 = f(dap, h)	2,28	2,35	0,08	215	212	0,80
h10 = f(h)	2,44	0,03	-	301	299	0,85
h10 = f(dap)	3,70	1,72	-	301	299	0,65
h10 = f(dap, h)	2,42	2,14	0,06	301	298	0,85
h5 = f(h)	1,54	0,02	-	302	300	0,91
h5 = f(dap)	2,91	1,35	-	302	300	0,69
h5 = f(dap, h)	1,53	1,35	0,03	302	299	0,91
h = f(dap)	2,55	1,18	-	302	300	0,72

* Segundo análisis de regresión para h25

h25, h10, h5, h y dap expresados en metros

Anexo 7. Resultados del análisis de regresión lineal del diámetro a la altura del pecho sin corteza en función del diámetro a la altura de pecho con corteza

Relación	Error estándar y estimado	Coef. de X	No. observ.	Grados libertad	R ²
dapsc = f (dapcc)	0,5609	0,0026	303	301	0,9978

Constante = -1,9685

Coef. de X = 0,9543

Ecuación: $dapsc = 0,9543 \times dapcc - 1,9685$

Anexo 8. Análisis de varianza para los nueve factores volumétricos de forma estudiados

Fuente Variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada
Factores volumétricos	8	22,116	2,764	120,69***
Error	2707	72,0	0,023	
Total	2715	84,122		

PR > F = 0,0001

Factor promedio = 0,429

Anexo 9. Datos estadísticos de los nueve factores estudiados mostrando los promedios redondeados del total de las observaciones

Factor forma	Media	Desviac. estándar	Error estándar de la media	Variancia	Coef. de variación
GIR	0,67	0,1266	0,0073	0,0160	18,96
NAT	0,45	0,2090	0,0120	0,0437	46,91
CVK	0,44	0,1128	0,0065	0,0127	25,47
MORF	0,43	0,2448	0,0141	0,0599	56,67
CVP	0,41	0,2209	0,0127	0,0488	54,38
ART	0,38	0,1852	0,0107	0,0343	48,74
CVH	0,38	0,0954	0,0054	0,0091	25,18
ABS	0,38	0,1165	0,0067	0,0136	30,99
SCH	0,34	0,1057	0,0061	0,0111	30,77

GIR = Coeficiente volumétrico de Girard

NAT = Coeficiente natural de la forma

CVK = Coeficiente volumétrico de forma de Prodan

MORF = Coeficiente volumétrico de forma (factor mórfico)

CVP = Coeficiente volumétrico de Pressler

ART = Coeficiente artificial de la forma

CVH = Coeficiente volumétrico fórmula Hossfeld

ABS = Coeficiente volumétrico absoluto

SCH = Coeficiente volumétrico de Schiffel

Anexo 10. Cuadrado medio del error por clase diamétrica obtenido de los análisis de varianza para los nueve factores de forma estudiados, para ser utilizados en las pruebas de Tukey 5%

Clase diamétrica cm	Suma de cuadrados del error	Grados de libertad	Cuadrado medio del error
8 - 12	2,7309	116	0,025
13 - 17	1,7192	215	0,008
18 - 22	7,8306	260	0,031
23 - 27	2,0494	359	0,006
28 - 32	3,7446	395	0,010
33 - 37	2,1621	376	0,006
38 - 42	2,3534	341	0,007
43 - 47	1,6918	269	0,006
48 - 52	0,7449	188	0,004
53 - 57	0,8699	115	0,008
58 - 62	0,5672	62	0,010

Anexo 11. Ecuaciones de volumen con y sin corteza utilizadas en el cálculo de otros factores m3rficos para realizar comparaciones con el factor m3rfico con y sin corteza de las plantaciones de Manila, Siquirres

Ecuación

$$\begin{array}{l}
 1 \quad V_1 = -0,022424 + 0,000367 D^2_1 + 0,000451 H + 0,000021 D^2_1 H \\
 2 \quad V_2 = 0,007933 + 0,351543 D^2_2 H \\
 3 \quad V_3 = 0,0419 + 0,2779 D^2_3 H \\
 4 \quad V_4 = -10,8495 + 0,01259 D^2_4 + 0,8583 H + 0,02543 D^2_4 H \\
 5 \quad \ln V_5 = -9,6304 + 1,7847 (\ln D_5) + 0,985 (\ln H) \\
 6 \quad \ln V_6 = -9,9386 + 1,8535 (\ln D_6) + 0,9437 (\ln H)
 \end{array}$$

$V_1 = V_2 = V_5 =$ Volumen total con corteza en m^3

$V_3 =$ Volumen sin corteza hasta un diámetro de 5 cm cc en m^3

$V_4 =$ Volumen sin corteza en dm^3

$V_6 =$ Volumen total sin corteza en m^3

$D_1 = D_3 = D_4 = D_5 =$ dap con corteza en cm

$D_2 =$ dap con corteza en m

$D_6 =$ dap sin corteza en cm

$H =$ Altura total en m

Anexo 12. Resumen de los datos necesarios para los análisis de varianza de los factores mórficos con y sin corteza derivados de las ecuaciones de volumen

Factor mórfico	$\sum X_i$	\bar{X}	$\sum X_i^2$	$\sum (X_i - \bar{X})^2$
<u>con corteza</u>				
FM.Ecuación 1	133,14	0,4409	58,88	0,1783
FM.Ecuación 2	137,57	0,4505	62,67	18,5730
MORF cc	129,23	0,4279	59,19	3,8860
FM.Ecuación 5	115,83	0,3835	44,86	1,8592
Sumatorias	515,77	1,7028	225,60	24,4965
<u>sin corteza</u>				
FM.Ecuación 3	102,66	0,3399	35,02	0,1274
FM.Ecuación 4	101,59	0,3364	34,18	0,0099
MORF sc	92,52	0,3064	34,34	5,9892
FM.Ecuación 6	95,14	0,3150	30,14	0,1725
Sumatorias	391,91	1,2977	133,68	6,2990

Cálculos hechos con los dap y altura total de 302 árboles de la muestra analizada de las plantaciones de Manila, Siquirres

Anexo 13. Análisis de varianza de los factores de forma con corteza derivados de las ecuaciones de volumen y del MORF cc

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Factores	0,8786	301	0,0029	0,5835 N.S.
Error	4,5072	906	0,0050	
Total	5,3858	1207		

L = 0,05
r = 302
t = 4

Fc = 0,5835 < Ft = 1

Anexo 14. Análisis de varianza de los factores de forma sin corteza derivados de las ecuaciones de volumen y del MORF sc

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	
Factores	0,2380	301	0,0008	0,1159	N.S.
Error	6,2951	906	0,0069		
Total	6,5331	1207			

L = 0,05 Fc = 0,1159 < Ft = 1
 r = 302
 t = 4

Anexo 15. Análisis de regresión para el volumen (VOLRA) de 117 ramas de Gmelina arborea en función del diámetro mayor (DM) y del largo de la rama (LARRA)

Relación	Error estándar y estimado coef.	DM	Coef. LARRA	No. observ.	Grados libertad	R ²
VOLRA = f (DM, LARRA)	0,0211	0,0751	0,0001	117	114	0,98

Ecuación

$$\text{VOLRA} = -0,0976 + 0,7335 (\text{dm}) + 0,01 (\text{LARRA})$$

VOLRA = Volumen de ramas con corteza, en metros cúbicos

DM = Diámetro con corteza ubicado a un metro de la base de la rama, en metros

LARRA = Largo de la rama desde la base hasta el extremo donde su diámetro es igual a cinco centímetros; expresado en metros

Anexo 16. Análisis de varianza para la regresión del coeficiente diamétrico de forma con corteza de 197 árboles no bifurcados. Procedimiento GLM

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada
Factores	2	325,35	162,68	10,431,64**
Error	4476	69,80	0,0156	
Total	4478	395,15		

COFCC promedio = 0,6228
 PR > F = 0,001
 C V = 20,05%
 R² = 0,82

Ecuación de regresión

$$\text{COFCC} = 0,8803 - 0,0374 \times \text{ALTF} + 0,0006474 \times \text{ALTOT}$$

COFCC = Coeficiente diamétrico con corteza

ALTF = Altura fija intermedia a cada metro de altura, en metros

ALTOT = Altura total en metros = H_t

Anexo 17. Análisis de varianza para la regresión del coeficiente diamétrico de forma sin corteza de 302 árboles bifurcados y no bifurcados. Procedimiento GLM

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada
Factores	2	518,53	259,264	16,771,3**
Error	6,921	106,99	0,015	
Total	6,923	625,52		

COFCC promedio = 0,6146
 PR > F = 0,001
 C V = 20,23%
 R² = 0,83

Ecuación de regresión

$$\text{COFCC} = 0,9357 - 0,038 \times \text{ALTF} + 0,0005725 \times \text{ALTOT}$$

COFCC = Coeficiente diamétrico sin corteza

ALTF = Altura fija intermedia a cada metro de altura, en metros

ALTOT = Altura total en metros = H_t