

ESTUDIOS DASOMETRICOS EN *Pinus caribaea* VAR. *caribaea*. I. TABLAS DE VOLUMEN

H. GRA¹, K. LOCKOW², A. VIDAL³, J. RODRIGUEZ³, M. ECHEVARRIA⁴
Y C. FIGUEROA³

RESUMEN

Se presentan tablas de volúmenes con corteza de todo el árbol y a diferentes diámetros en la rabiza, para las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la Empresa Forestal Integral de Macurijes. Estos datos pueden ser utilizados para la especie a nivel nacional.

INTRODUCCION

Malleux y Montenegro (1971), identifican las tablas de volumen como una representación matemática y gráfica de la relación existente entre uno o más parámetros cuantitativos de los árboles (diámetro y altura) con el volumen.

Manuscrito recibido para su publicación 3 de febrero de 1988

¹Investigador auxiliar, ³investigadores aspirantes y ⁴técnico medio
Instituto de Investigaciones Forestales
Calle 174 No. 1723 entre 17 B y 17 C. Siboney,
Playa, La Habana. Cuba

²Doctor en Ciencias Forestales
Instituto de Investigaciones Forestales
República Democrática Alemana

volumen de los mismos, con la finalidad de facilitar el cálculo y resumirlos en un documento fácil de ser utilizado.

En Cuba se han elaborado varias tablas de volumen para el Pinus caribaea var. caribaea, las cuales se refieren al volumen total (Burley et al., (1971); de Nacimiento, 1975; de Nacimiento et al., (1983).

Las tablas que se presentan en el informe no sólo son las de volumen total, sino que se muestran también tres tablas de volúmenes maderables con diferentes diámetros en la rabiza (3,0; 6,0 y 13,0 cm).

MATERIALES Y METODOS

En plantaciones de Pinus caribaea var. caribaea de la Empresa Forestal Integral Macurijes, provincia de Pinar del Río, Municipio de Guane, se cubicaron 337 árboles distribuidos al azar en las mismas. En ellos se consideraron los diámetros a 1,30 m sobre el nivel del suelo, los diámetros a la mitad de las secciones de 1,0 m de longitud, la altura total y las alturas donde se encontraron los diámetros de 3,0; 6,0 y 13,0 cm.

Los volúmenes de cada árbol fueron calculados con la fórmula:

$$V = \frac{3 \cdot 1416 d^2}{4} \cdot I + \text{más rabiza}$$

donde:

V = Volumen en m^3

d^2 = Diámetro al cuadrado en m

I = Longitud de la sección en m

Para el cálculo del volumen de la rabiza se empleó la siguiente fórmula:

$$V_{\text{rabiza}} = 1/3 \cdot b \cdot I$$

donde:

V_{rabiza} = Volumen de la rabiza en m^3

$1/3$ = Constante

I = Longitud de la rabiza en m

b = Área basal de la base de la rabiza en m^2

El procedimiento de los datos para determinar las constantes de la ecuación del volumen, las constantes **UF** para los diámetros (3,0; 6,0 y 13,0 cm) y los errores cometidos fue desarrollado por medios automatizados en el Instituto de Investigaciones Forestales de la RDA.

La ecuación para el cálculo del volumen total con corteza fue:

$$\log V = a + b \log d_{1,3} + c \log h \quad (1)$$

Para determinar los volúmenes maderables a diferentes diámetros en la rabiza se utilizó la siguiente ecuación:

$$\log V = (a + b \log d_{1,3} + c \log h) \cdot UF \quad (2)$$

Los errores que se determinaron fueron: error medio (EM), porcentaje del error medio (% EM), error medio absoluto (EM_a) y porcentaje medio absoluto (% EM_a), con el empleo de las siguientes fórmulas:

$$EM = 1/n \sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i) \quad (3) \quad \% EM = 1/n \sum_{i=1}^n 100 (\bar{y}_i - y_i) / \bar{y}_1 \quad (4)$$

$$EM_a = 1/n \sum_{i=1}^n \bar{y}_i - y_i \quad (5) \quad \% EM_a = 1/n \sum_{i=1}^n 100 \bar{y}_i / \bar{y}_1 \quad (6)$$

En este trabajo

$d_{1,3}$ = Diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo en cm

h = Altura total en m.

V = Volumen en m^3 .

a, b, c, d = Constantes

UF = Relación entre el volumen maderable con su respectivo volumen total.

$\log$ = Logaritmo base 10

n = Número de muestras.

y_i = Valor calculado del volumen en m^3

$\bar{y}_i$ = Valor individual de cada volumen en m^3 .

Los suelos de esta región se clasifican morfológicamente como miembros de la familia Guane; genéticamente pueden ubicarse dentro del tipo Ferralítico, Cuarcítico, Rojo, Amarillento, derivados de materiales geológicos pertenecientes a la formación San Cayetano como el esquistos cuarcítico y arenisca cuarcítica metamorfoseada.

Este suelo presenta un pobre drenaje interno y externo, de textura loam o loam Arenosa en los horizontes superficiales y loam arcilloso en profundidad, con profundidades variables de acuerdo con la intensidad de erosión que han sufrido. Desde el punto de vista químico son muy pobres en materia orgánica, nitrógeno asimilable, fósforo y potasio, así como en los nutrientes cambiables; el pH es ácido debido, fundamentalmente, al intenso proceso de lavado que han sufrido.

La temperatura media anual es de **25,5°C**, mientras que la precipitación promedio asciende a 1 300 - 1 500 mm anuales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Lockow et al. (1982) trabajaron con la misma especie pero con 140 árboles en los cuales probaron cuatro ecuaciones. De ellas, se empleó en este informe la que presentó el menor error de estimación.

Como resultado del trabajo y de los cálculos efectuados se obtuvieron tablas de volumen con corteza para el *Pinus caribaea* (4), las cuales son de doble entrada (d₁₃ y altura total), y ofrecen el volumen total y los volúmenes maderables, ambos con corteza, y diámetros de 3,0; 6,0 y 13,0 cm en la rabiza (Tablas 1, 2, 3 y 4).

La relación entre el volumen maderable con diferentes diámetros en la rabiza con respecto al volumen total UF se informa en la Tabla 5.

El error de estimación del volumen total con corteza mediante la ecuación fue el siguiente (1):

$$\begin{array}{ll} EM = 1,1215 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} & \% EM = -0,83 \% \\ EM_a = 6,8747 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} & \% EM_a = 6,96 \% \end{array}$$

El error medio expresado en porcentaje (absoluto) nos indica que los datos tienen un 93 % de confiabilidad, y que puede esperarse un error en la estimación del volumen de $\pm 0,001 \text{ m}^3$.

TABLA 1. Volumen total con corteza, P , carbón, EFI Macur'jes.

d-1,3 m (cm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4	0,00319	0,00383	0,00487	0,00540														
5	0,00482	0,00594	0,00705	0,00815	0,00925													
6	0,00575	0,00632	0,00688	0,01142	0,01295	0,01447												
7	0,00697	0,01107	0,01314	0,01519	0,01722	0,01924	0,02125											
8	0,01416	0,01682	0,01944	0,02205	0,02463	0,02720	0,02975	0,03269	0,03539									
9		0,02091	0,02417	0,02741	0,03062	0,03381	0,03699	0,04014	0,04324									
10			0,02837	0,03330	0,03720	0,04108	0,04494	0,04877	0,05259	0,05639								
11				0,03503	0,03972	0,04437	0,04900	0,05360	0,05817	0,06272	0,06725	0,07176	0,07626					
12					0,04665	0,05211	0,05755	0,06295	0,06832	0,07367	0,07899	0,08424	0,08956					
13						0,06043	0,06672	0,07299	0,07921	0,08541	0,09156	0,09773	0,10385					
14							0,06930	0,07652	0,08370	0,09084	0,09795	0,10503	0,11207	0,11909	0,12609			
15								0,08693	0,09509	0,10320	0,11128	0,11931	0,12732	0,13529	0,14324			
16									0,10713	0,11620	0,12538	0,13443	0,14345	0,15243	0,16139	0,17030	0,17920	
17										0,13007	0,14024	0,15037	0,16046	0,17051	0,18052	0,19050	0,20044	
18											0,14456	0,15587	0,16713	0,17834	0,18951	0,20064	0,21173	0,22278
19												0,15976	0,17226	0,18470	0,19709	0,20943	0,22173	0,23396
20													0,17564	0,18939	0,20307	0,21669	0,23026	0,24378
21														0,19222	0,20726	0,22223	0,23714	0,25199
22															0,20948	0,22587	0,24219	0,25844
23																0,22742	0,24522	0,26393
24																	0,24604	0,26529
25																		0,26532

$$\lg y = A_1 1760 + 1,8465 \lg d + 1,3 + 0,94116 \lg h$$

y = Volumen. lg = Logaritmo base (10)

h = Altura total d 1,3 = Diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo

TABLA 2. Volumen con corteza hasta un diámetro de 3,0 cm en la raza P. caribaea. EFT Macurijes.

d-1,3 m (cm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4	0,00281	0,00346	0,00411	0,00475														
5	0,00448	0,00553	0,00656	0,00758	0,00860													
6	0,00641	0,00791	0,00939	0,01085	0,01231	0,01375												
7	0,00870	0,01073	0,01274	0,01473	0,01671	0,01867	0,02061											
8		0,01398	0,01648	0,01905	0,02160	0,02414	0,02665	0,02915										
9			0,02070	0,02383	0,02713	0,03031	0,03347	0,03662	0,03974									
10				0,02907	0,03297	0,03683	0,04067	0,04449	0,04829	0,05206	0,05582							
11					0,03493	0,03932	0,04351	0,04759	0,05159	0,05558	0,05954	0,06344	0,06734	0,07125	0,07516			
12						0,04618	0,05159	0,05697	0,06232	0,06764	0,07293	0,07820	0,08344	0,08867				
13							0,05982	0,06606	0,07226	0,07842	0,08456	0,09067	0,09675	0,10281				
14								0,06930	0,07652	0,08370	0,09084	0,09795	0,10503	0,11207	0,11909	0,12609		
15									0,08693	0,09509	0,10320	0,11128	0,11931	0,12732	0,13529	0,14324		
16										0,10713	0,11628	0,12538	0,13443	0,14345	0,15243	0,16139	0,17030	0,17920
17											0,11984	0,13007	0,14024	0,15037	0,16046	0,17051	0,18052	0,19050
18												0,14456	0,15887	0,16713	0,17834	0,18951	0,20064	0,21173
19													0,15976	0,17226	0,18470	0,19709	0,20943	0,22173
20														0,17564	0,18939	0,20307	0,21669	0,23025
21															0,19223	0,20726	0,22223	0,23714
22																0,20948	0,22567	0,24219
23																	0,22742	0,24522
24																		0,26532
25																		

$$Iq y = (-4,1760 + 1,8766 Iq d 1,3 + 0,9416 Iq N) \cdot L^2$$

V = Volumen Iq = logaritmo Base (10)

h = Altura total d 1,3 - Diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo

TABLE 3. Volumen con corteza hasta un diámetro de 6,0 cm en la fábica *P. caribaea*. EFL Macurijes.

d = 1,3 m (cm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4	0,00131	0,00161	0,00191	0,00221														
5	0,00250	0,00309	0,00367	0,00424	0,00481													
6	0,00412	0,00508	0,00603	0,00697	0,00790	0,00883												
7	0,00628	0,00775	0,00920	0,01063	0,01206	0,01347	0,01487											
8	0,01105	0,01312	0,01516	0,01720	0,01921	0,02121	0,02320	0,02520										
9		0,01777	0,02055	0,02330	0,02603	0,02874	0,03144	0,03412	0,03680	0,03948	0,04216	0,04484	0,04752	0,05019	0,05287	0,05555	0,05823	0,06091
10			0,02614	0,02964	0,03311	0,03656	0,04000	0,04341	0,04680	0,05019	0,05352	0,05680	0,06017	0,06354	0,06691	0,07028	0,07365	0,07702
11				0,03222	0,03654	0,04082	0,04509	0,04931	0,05352	0,05770	0,06187	0,06602	0,07016	0,07430	0,07844	0,08258	0,08672	0,09086
12					0,04385	0,04899	0,05409	0,05917	0,06422	0,06925	0,07425	0,07923	0,08419	0,08915	0,09411	0,09907	0,10403	0,10899
13						0,05801	0,06406	0,07007	0,07605	0,08200	0,08792	0,09382	0,09969	0,10556	0,11143	0,11730	0,12317	0,12904
14							0,06722	0,07422	0,08119	0,08812	0,09501	0,10189	0,10877	0,11562	0,12247	0,12932	0,13617	0,14302
15								0,08519	0,09319	0,10114	0,10905	0,11693	0,12477	0,13259	0,14037	0,14816	0,15590	0,16361
16									0,10499	0,11395	0,12287	0,13174	0,14058	0,14939	0,15816	0,16690	0,17561	0,18430
17										0,11744	0,12747	0,13744	0,14737	0,15725	0,16710	0,17691	0,18669	0,19644
18											0,14312	0,15431	0,16546	0,17656	0,18762	0,19863	0,20961	0,22055
19												0,15816	0,17053	0,18285	0,19512	0,20734	0,21951	0,23168
20													0,17389	0,18749	0,20104	0,21452	0,22796	0,24134
21														0,19030	0,20519	0,22001	0,23477	0,24947
22															0,20739	0,22362	0,23977	0,25585
23																0,22515	0,24277	0,26030
24																	0,24358	0,26264
25																		0,26267

$\ln V = \ln 4,1760 + 1,8495 \lg d + 1,3 + 0,94116 \lg h$ U.F. 6,0

V = Volumen $\lg$ = Logaritmo base (10)

h = Altura total d = 1,3 = Diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo

TABLA 4. Volumen con corteza hasta un diámetro de 13,0 cm en la cabiza P. caribaea, EFL Macurijes.

d-1,3 m (cm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		

$lg y = (-4,1760 + 1,9485 \lg d + 1,3 + 0,94116 \lg n) L F_{13,0}$
 $y =$ Volumen $d 1,3 =$ Diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo
 $n =$ Altura total $lg =$ Logaritmo base 10

**TABLA 5. Relación entre el volumen made-
rable y el volumen total.**

Clase diámet.	UF _{3,0}	UF _{6,0}	UF _{13,0}
4,0	0,88	0,41	
5,0	0,93	0,52	
6,0	0,95	0,61	
7,0	0,97	0,71	
8,0	0,98	0,78	
9,0	0,99	0,85	
10,0	0,99	0,89	0,15
11,0	0,99	0,92	0,19
12,0	0,99	0,94	0,28
13,0	0,99	0,96	0,37
14,0	1,00	0,97	0,45
15,0	1,00	0,98	0,53
16,0	1,00	0,98	0,60
17,0	1,00	0,98	0,67
18,0	1,00	0,99	0,74
19,0	1,00	0,99	0,80
20,0	1,00	0,99	0,84
21,0	1,00	0,99	0,87
22,0	1,00	0,99	0,90
23,0	1,00	0,99	0,93
24,0	1,00	0,99	0,94
25,0	1,00	0,99	0,96

Comparación entre tablas

Anterior a estas tablas de volumen se informan tres por la bibliografía y una inédita (Burley et al., 1971; Lockow et al., 1982; de Nacimiento, 1983).

Con excepción de la segunda cita, que empleó la misma ecuación que en este estudio los otros autores se apoyaron en las siguientes: Burley et al. (1971) utilizaron la ecuación:

$$V = a + b d_{1,3}^2 h + d_{1,3} h \text{ con los datos de 196 árboles.}$$

Nacimiento et al. (1983) informan la siguiente ecuación:

$$V = a + b d_{1,3}^2 h \text{ con los datos de 113 árboles. De}$$

Nacimiento en su trabajo inédito, con el empleo de 140 árboles aplicó la fórmula:

$$V = b d_{1,3}^2 h$$

Para comparar los datos de cada una de las tablas, se empleó la información de 280 árboles de esta especie, cubcados en la provincia de Matanzas, totalmente ajenos a los utilizados en cualquiera de las tablas mencionadas y se compararon los volúmenes reales con los que brinda cada una de las tablas. Los valores medios obtenidos fueron:

Real	Burley <u>et al.</u> (1971)	Lockow <u>et al.</u> (1982)	Gra <u>et al.</u> (1988)	de Nacimiento <u>et al.</u> (1983)
100%	92,5%	91,6 %	92,4 %	139,9 %

CONCLUSIONES

Se recomienda el empleo de las tablas de este informe, por ser éstas las únicas que brindan información sobre los volúmenes con corteza a diferentes diámetros en la rabiza y por la comprobación efectuada en el campo, donde se demostró que mediante ellas se obtienen valores con un 92 % del volumen real y un error medio de estimación de $\pm 0,001 \text{ m}^3$.

ABSTRACT

STUDIES ON MENSURATION FACTORS OF Pinus caribaea VAR caribaea I. LOG VOLUME TABLE

Whole log volume tables with bark and at different diameter from the top are given for plantations of Pinus caribaea var. caribaea in the Integrated Forest Enterprise of Macurijes. Data of the species can be applied nationwide.

BIBLIOGRAFIA

- BURLEY, J., H.L. WRIGHT y E. MATOS. Tabla de volumen para el Pinus caribaea var. caribaea en Cajalbana, Cuba. Revista Forestal Baracoa 7 (1): 7-15, 1971.
- LOCKOW, K.W., E. HAFEMANN und H. GRA. SCHAFHOLZVOLUMEN und 'schaftholzformzahltafel' für Pinus caribaea (Morelet) auf Kuba. Beiträge für die Forstwirtschaft 2: 87-89, 1982.
- MALLEUX, J. y M. MONTENEGRO. Manual de dasonomía. -- Manual de dasonomía. -- Lima: Universidad Nacional Agraria, 1971.
- NACIMIENTO, J. de. Tabla local de volumen para Pinus caribaea. Pinar del Río, 1975. (inédito)
- NACIMIENTO, J. de., O. GONZALEZ y M. BENITEZ. Tabla preliminar de rendimiento para Pinus caribaea. Pinar del Río. Revista Forestal Baracoa 13 (2): 103-124, 1983.