

ESTUDIOS DASOMETRICOS EN *Casuarina equisetifolia*. I. TABLAS DE VOLUMEN

R. BAEZ¹ Y H. GRAZ

RESUMEN

De una muestra de 490 árboles de *Casuarina equisetifolia* cortados y cubicados por el método de Huber en áreas de plantaciones de la especie en la Empresa Forestal integral (EFI) Ariguanabo, provincia de La Habana, se probaron varias ecuaciones para la estimación del volumen total con corteza y sin ella.

Los datos obtenidos se procesaron por medios automatizados, empleando un sistema de cálculo estadístico, definiéndose el modelo de regresión.

Volumen con corteza (VCC)

$$\log V_{cc} = -4,4134 + 1,7953 \log d_{1,3} + 1,1293 \log h$$

$$\text{Coeficiente de determinación } (r^2) = 0,993 \text{ }^2$$

Manuscrito recibido para su publicación 22 de julio de 1988

¹Especialista principal

Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques
Belascoaín y Virtudes, Ciudad de La Habana, Cuba

²Investigador auxiliar

Instituto de Investigaciones Forestales
Calle 174 No. 1723 entre 17B y 17C,
Siboney, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

Coefficiente de correlación (r) = 0,996 6

Indice de Furnival = 0,002 4

Volumen sin coneza (VSC)

$$\log V_{sc} = -4,5 \cdot d^2 + 1,758 \cdot 2 \log d + 1,2218 \log h$$

Coefficiente de determinación (r^2) = 0,992 8

Coefficiente de correlación (r) = 0,996 4

Indice de Furnival = 0,002 2

La calidad de las ecuaciones permite recomendarlas para sustituir la fórmula de uso actual en la práctica del inventario del volumen de las plantaciones **de Casuarina equisetifolia** de la EFI Ariguanabo.

INTRODUCCION

Las plantaciones de Casuarina equisetifolia tienen un peso importante en la economía forestal de la EFI Ariguanabo, ya que dicha especie garantiza la leña y el carbón para el consumo industrial y de la población en dicha zona.

Esta especie tiene amplias perspectivas de uso, pues ya se estudian las posibilidades de obtener carbón activado a partir de ella.

Es por ello que se necesita de tablas de volúmenes con la suficiente precisión para poder estimar las cantidades de materia prima.

El presente informe contiene las tablas de volumen total del árbol con corteza, y sin ella, sin incluir el tocón.

MATERIALES Y METODOS

En plantaciones de Casuarina equisetifolia de la Empresa Forestal Integral Ariguanabo, provincia de La Habana, municipio de Güira de Melena, se cubicaron 490 árboles distribuidos al azar, en un rango de 3,0 a 17,0 cm en el diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo con corteza y de 5 a 24 m de altura total.

Donde 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 en dichos puntos se midió el grosor de la corteza, la altura total y las alturas donde se encontraron los diámetros de 3,0; 6,0 y 13,0 cm con corteza.

Para el cálculo de los volúmenes de cada árbol se empleó la siguiente fórmula:

$$V = 0,7854 \cdot d^2 \cdot l \text{ rabiza}$$

d^2 = diámetro al cuadrado expresado en m

l = longitud de la sección en m

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

$$V_{\text{rabiza}} = 1/3 \cdot g \cdot l$$

donde:

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

l = longitud de la rabiza en m

g = área basal de la base de la rabiza en m^2 .

Los datos obtenidos se procesaron por medios automatizados, empleando un sistema de cálculo estadístico, y se probaron 13 modelos de regresión 7 sin transformación, 4 con transformación logarítmica natural y dos con transformación logarítmica neperiana (Tabla 1)

1, 2 y 3.

Para la comparación de las ecuaciones nos basamos en el coeficiente de determinación y el índice de Furnival (1 y 4).

Además, se determinó el error medio (EM), porcentaje del error medio absoluto (% E M A) la desviación global (DG) 4 y 5.

Se emplearon las siguientes fórmulas en cada caso:

$$EM = 1/n \sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)$$

$$\% E M A = 1/n \sum_{i=1}^n \cdot /100 \left(\frac{Y_i - \tilde{Y}_i}{Y_i} \right) /$$

$$DG = \frac{\sum V - \sum \tilde{V}}{\sum \tilde{V}} \cdot 100$$

donde:

n = número de observaciones

Y_i = volumen real de cada observación

TABLA 1. Modelos matemáticos empleados.

Ecuaciones utilizadas	Volumen con corteza				Volumen sin corteza			
	S	r ²	r	I.F.	S	r ²	r	I.F.
$V = a + b d_{1,3} + c d_{1,3}^2 h$	0,004 4	0,989 2	0,994 6	0,004 4	0,004 3	0,987 2	0,993 6	0,004 3
$V = a + b d_{1,3}^2 h$	0,004 4	0,989 1	0,994 5	0,004 4	0,004 3	0,987 0	0,993 5	0,004 3
$V = a + b d_{1,3}^2$	0,007 1	0,971 1	0,985 4	0,007 1	0,006 9	0,969 0	0,984 4	0,006 9
$V = a + b d_{1,3} + c d_{1,3}^2 + d d_{1,3} h e d_{1,3}^2 h + f h$	0,003 9	0,991 6	0,995 8	0,003 9	0,003 8	0,990 1	0,995 0	0,003 8
$V = a + b d_{1,3} + c d_{1,3}^2 + d d_{1,3} h + c d_{1,3}^2 h$	0,003 9	0,991 2	0,995 6	0,003 9	0,003 9	0,989 5	0,994 7	0,003 9
$V = a + b d_{1,3}^2 + c h + d d_{1,3}^2 h$	0,004 1	0,980 7	0,995 3	0,004 1	0,004 0	0,988 8	0,994 4	0,004 0
$V = a + b d_{1,3}^2 + c d_{1,3}^2 h + d d_{1,3} h^2 + c h^2$	0,003 8	0,991 7	0,995 8	0,003 8	0,003 8	0,990 2	0,995 1	0,003 8
$\log V = a + b \log d_{1,3} + c \log^2 d_{1,3} + d \log h + t e \log^2 h$	0,036 5	0,993 4	0,996 7	0,002 4	0,037 5	0,993 2	0,996 6	0,002 7
$\log V = a + b \log d_{1,3}^2 h$	0,037 7	0,992 9	0,996 5	0,002 4	0,039 9	0,992 3	0,996 1	0,002 3
$\log V = a + b \log d_{1,3} + c \log h$	0,037 0	0,993 2	0,996 6	0,002 4	0,038 4	0,992 8	0,996 4	0,002 2
$\log V = a + b \log d_{1,3}$	0,060 7	0,981 6	0,990 8	0,003 9	0,064 7	0,979 6	0,989 7	0,003 7
$\ln V = a + b \ln d_{1,3} + c \ln h$	0,085 3	0,993 2	0,996 6	0,002 4	0,088 5	0,992 8	0,996 4	0,002 2
$\ln V = a + b \ln d_{1,3}$	0,139 8	0,981 6	0,990 8	0,003 9	0,149 0	0,979 6	0,989 7	0,003 7

$\bar{V}_i$ = volumen calculado de cada observación

V = volumen real total

$\bar{V}$ = volumen calculado total.

En este trabajo:

$d_{1,3}$ = diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo con corteza en cm.

h = altura total en m

V_{cc} = volumen total con corteza en m^3

V_{sc} = volumen total sin corteza en m^3

$a, b,$
 c, d = constantes

n = número de muestras

$\log$ = logaritmo base 10

$\ln$ = logaritmo neperiano

RESULTADOS Y DISCUSION

De los 13 modelos empleados, tanto para la estimación del volumen con corteza como sin ella, la que presentó mejor ajuste fue la de transformación logarítmica al diámetro y a la altura total como variables independientes; los valores obtenidos para cada ecuación fueron:

Volumen con corteza (V_{cc})

$$\log V_{cc} = -4,4134 + 1,7953 \log d_{1,3} + 1,1293 \log h$$

Coefficiente de determinación (r^2) = 0,993 2

Coefficiente de correlación (r) = 0,996 6

Indice de Furnival (IF) = 0,0024

Volumen sin corteza (V_{sc})

$$\log V_{sc} = -4,5432 + 1,7582 \log d_{1,3} + 1,2218 \log h$$

Coefficiente de determinación (r^2) = 0,992 8

Coefficiente de correlación (r) = 0,996 4

Indice de Furnival (IF) = 0,002 2

En la Tabla 1 se informan los coeficientes de determinación y correlación, la desviación estándar residual y el índice de Furnival para cada uno de los modelos empleados.

Fara determinar el error que se comete **con** el empleo de las tablas en el presente informe, se calculó el error medio, porcentaje del error medio absoluto y desviación global de los datos obtenidos por la tabla y el método en uso actual (6).

Los resultados obtenidos para el volumen con corteza y sin ella fueron los siguientes:

Error	Volumen con corteza		Volumen sin corteza	
	Tabla	Actual	Tabla	.Actual
EM	0,001 04m ³	0,00996m ³	0,000 87m ³	0,008 98m ³
% EMA	9,7	% 21,0	10,6	% 21,21
DG	2, 4	% 29,0	2, 3	% 29,4

Según los datos informados no cabe la menor duda de que con el uso de las tablas elaboradas por nosotros se obtiene una precisión mayor al momento de estimar los volúmenes.

TABLA 2. Volumen total con corteza EFI Ariguanabo Casuarina equisetifolia Cajío 1987.

A l t u r a s e n m e t r o s												
CD	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
3	0,00171	0,00210	0,00250	0,00290	0,00332	0,00374						
4		0,00352	0,00419	0,00487	0,00556	0,00626	0,00697					
5			0,00625	0,00727	0,00830	0,00935	0,01041	0,01149	0,01257			
6				0,01008	0,01151	0,01297	0,01444	0,01593	0,01744			
7					0,01519	0,01710	0,01905	0,2101	0,02300			
8						0,02174	0,02421	0,02671	0,02923			
9							0,02991	0,03300	0,03612			
10							0,03614	0,03987	0,04364			
11								0,04731	0,05178			
12									0,06054			
13												
14												
15												
16												
17												

TABLA 2. (Continuación)

Alturas en metros											
CD	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3											
4											
5											
6	0,01896	0,02050									
7	0,02501	0,02704	0,02908	0,03114							
8	0,03179	0,03436	0,03696	0,03958	0,04222	0,04488					
9	0,03927	0,04245	0,04566	0,04890	0,05216	0,05544	0,05875				
10	0,04745	0,05129	0,05517	0,05908	0,06302	0,06699	0,07098	0,07500	0,07905	0,08312	0,08721
11	0,05630	0,06087	0,06547	0,07011	0,07478	0,07949	0,08423	0,08900	0,09380	0,09863	0,10349
12	0,06582	0,07116	0,07654	0,08196	0,08742	0,09293	0,09847	0,10405	0,10966	0,11531	0,12098
13	0,07599	0,08215	0,08836	0,09463	0,10093	0,10729	0,11369	0,12013	0,12661	0,13313	0,13968
14		0,09384	0,10094	0,10809	0,11530	0,12256	0,12987	0,13722	0,14462	0,15207	0,15956
15			0,11425	0,12234	0,13050	0,13872	0,14699	0,15532	0,16369	0,17212	0,18060
16				0,13737	0,14653	0,15576	0,16505	0,17440	0,18380	0,19327	0,20278
17					0,16338	0,17367	0,18403	0,19445	0,20494	0,21549	0,22610

TABLA 3. Volumen total con corteza EFI Ariguanabo Casuarina equisetifolia Cajío 1987.

CD	A l t u r a s e n m e t r o s													
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
3	0,00141	0,00176	0,00213	0,00251	0,00289	0,00329								
4		0,00292	0,00353	0,00416	0,00480	0,00546	0,00613							
5			0,00523	0,00615	0,00711	0,00808	0,00908	0,01010	0,01114					
6				0,00848	0,00979	0,01114	0,01251	0,01392	0,01534	0,01680				
7					0,01284	0,01460	0,01641	0,01825	0,02012	0,02203				
8						0,01847	0,02075	0,02308	0,02545	0,02786				
9							0,02552	0,02839	0,03130	0,03427				
10							0,03072	0,03416	0,03767	0,04124				
11								0,04039	0,04454	0,04877				
12									0,05191	0,05683				
13										0,06541				
14														
15														
16														
17														

TABLA 3. (Continuación)

CD	Alturas en metros									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3										
4										
5										
6	0,01828									
7	0,02397	0,02593	0,02793							
8	0,03031	0,03279	0,03532	0,03787	0,04046					
9	0,03728	0,04034	0,04344	0,04658	0,04977	0,05298				
10	0,04487	0,04855	0,05228	0,05607	0,05989	0,06377	0,06768	0,07164	0,07564	0,07968
11	0,05305	0,05741	0,06182	0,06629	0,07082	0,07540	0,08003	0,08471	0,08944	0,09421
12	0,06183	0,06690	0,07204	0,07725	0,08253	0,08786	0,09326	0,09872	0,10423	0,10979
13	0,07117	0,07701	0,08293	0,08893	0,09500	0,10114	0,10736	0,11363	0,11998	0,12638
14	0,08107	0,08772	0,09447	0,10130	0,10822	0,11522	0,12230	0,12945	0,13667	0,14397
15		0,09904	0,10665	0,11437	0,12218	0,13008	0,13807	0,14614	0,15430	0,16253
16			0,11947	0,12811	0,13686	0,14571	0,15466	0,16370	0,17284	0,18206
17				0,14252	0,15225	0,16210	0,17205	0,18212	0,19228	0,20254

CONCLUSIONES

La calidad de las ecuaciones permite recomendarlas para sustituir la fórmula de uso actual en la práctica del inventario del volumen de las plantaciones de Casuarina equisetifolia.

ABSTRACT

MENSURATION STUDIES ON Casuarina equisetifolia. I. VOLUMETABLEC

Four hundred and ninety trees of Casuarina equisetifolia were sampled, cut and measured following Hubber's method in plantation of the Integral Forest Enterprise of Ariguanabo, province of Havana. Different equations were trialed to estimate total volume with and without bark.

Data was processed on computer systems to define the regression model.

Volume with bark (Vb)

$$\log Vb = - 4,4134 + 1,7953 \log d_{1,3} + 1,1293 \log h$$

$$\text{Coefficient of determination } (r^2) = 0,993 \ 2$$

$$\text{Coefficient of correlation } (r) = 0,996 \ 6$$

$$\text{Furnival index} = 0,002 \ 4$$

Volume without bark (Vnb)

$$\log Vnb = - 4,543 \ 2 + 1,758 \ 2 \log d_{1,3} + 1,221 \ 8 \log h$$

$$\text{Coefficient of correlation } (r) = 0,996 \ 4$$

$$\text{Coefficient of determination } (r^2) = 0,992 \ 8$$

$$\text{Furnival index} = 0,002 \ 2$$

Fitness of equations allows to recommend them in substitution of the formula which are used at present in practice for volume inventories in plantations of Casuarina equisetifolia in the Forest Enterprise of Ariguanabo.

BIBLIOGRAFIA

1. 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.
2. LOETSCH, F., F. ZOHRER and K.E. HALLER. Forest inventory.--
En Volume and weight as measure of inventory results.--
München: Gebr. Farcus KG, 1973. -- 2 p. 135-189.
3. LOCKOW, K. W., E. HAFEMANN und H. GRA. Cchaf holsvolumen und schftholzformzahltafel für Pinus caribaea (Morelet) auf Kuba. Beitrage für die Forstwirtschaft. 2: 87-89, 1982.
4. FAO. Estimaciódel volumen forestal y predicción del rendimiento.--
Roma: (Estudios FAO:Montes; 22/1 y 22/2), 1980.
5. GRA, H., K. LOCKOW, A. VIDAL, J. RODRIGUEZ, M. ECHEVARRIA y C. FIGUEROA. Estudios dasométricos en Pinus caribaea var. caribaea. I. Tablas de volúmenes. Revista Forestal Baracoa 18 (I), 1988.
6. MONTAÑA, A. y A. EREMEEV. Método para determinar los volúmenes de madera en los bosques de Cuba. Revista Forestal Baracoa 1-2: 18-30, 1977.