

TABLAS DE CUBICACIÓN DE MADERA EN TROZAS PARA LAS ESPECIES DE CONÍFERAS DE PINAR DEL RÍO

¹ DR. PEDRO PABLO HENRY TORRIENTE, ² ING. OSVIEL SÁNCHEZ CORVO¹ Y DR. JUAN MANUEL GARCÍA DELGADO¹

¹ Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana.

² Estación Experimental Forestal Viñales. Carretera a Viñales, Km 20, Pinar del Río

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es elaborar una tabla de volumen de madera de trozas para las especies de coníferas de Pinar del Río, que a diferencia de otros estudiosos del tema la han elaborado para cada una de forma independiente.

Con el empleo de técnicas de correlación y regresión se determinó la ecuación de volumen de la madera en trozas, a partir de una muestra representada por un total de 1 114 trozas, de las cuales 1 034 fueron utilizadas para el ajuste y el resto para la validación.

Los resultados arrojaron que las ecuaciones logarítmicas definidas a partir del diámetro con corteza en el extremo menor de la troza y la longitud fueron seleccionadas para estimar el volumen sin corteza, ya que alcanzaron bondades de ajuste superiores al 95% del coeficiente de determinación y sesgos inferiores al 3%, además de su aplicación práctica por ser una variable de la ecuación de fácil medición. Al ser comparada con otras tablas y fórmulas de estimación de volúmenes utilizados en la producción, resultó ser de una mayor exactitud.

Palabras clave: tabla de volumen, cubicación, trozas, sesgo.

ABSTRACT

The objective of this work is to elaborate a volume table of log for the coniferous species, contrary to other specialists of the topic, which have determined the equations of volume for each species in an independent way.

Using of technical of correlation and regression was determined the equation of volume of the wood in log, starting from a sample represented by 1114 log, of which 1034 were used for the adjustment, and the rest for the validation.

The results gave that the logarithmic equations defined from the diameter with bark in the end smaller than the log and the longitude, they were selected to estimate the volume without bark, since they reached values of adjustment superiors to 95% of the coefficient of determination and inferior biases to 3%, besides their practical application to be the variables of the equation of easy measurement. When being compared with other methods and formulas of estimate of volume used in the production, turns out to be equally superior.

Key words: volume table, measurement, log, bias.

INTRODUCCIÓN

La estimación del volumen de las trozas con exactitud es un trabajo

complicado, debido a que son irregulares en toda su sección. El método

más exacto de medición es por desplazamiento de agua en un xilómetro, pero es muy engorroso y se considera poco práctico para ser utilizado en los aserraderos.

Uno de los métodos empleados para obtener estimaciones confiables, consiste en obtener a partir de una muestra el volumen real, y después relacionarlo con la variable deseada en la troza que sea de fácil medición (diámetro en el extremo menor). Posteriormente mediante ajustes matemáticos se obtiene una ecuación de volumen.

En Cuba ha sido muy estudiada la estimación de volúmenes para bolos y troza de las especies coníferas. García (1983) y Egas (1998) hicieron importantes contribuciones al determinar fórmulas para las especies *Pinus tropicalis*, *Pinus cubensis* y *Pinus caribaea* respectivamente. Estos estudios, que han sido la base para la estimación del volumen a partir de elementos matemáticos, no se han podido integrar para obtener una fórmula de volumen para trozas que responda a todas las especies que crecen en la parte occidental del país.

El objetivo de la presente investigación tiene como principal interés unificar en un solo documento normativo las tablas de volumen para las trozas de las coníferas de esa importante región del país, que garantiza dentro de los planes de producción más del 50% de la producción nacional de madera aserrada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en las empresas forestales integrales de la provin-

cia de Pinar del Río, que tienen en su conjunto una producción anual de madera aserrada de pinos que sobrepasa el 50% del volumen de producción nacional.

A partir de la toma de una muestra al azar en el patio de los aserraderos en algunos casos, y en otro en los acopiaderos de las empresas, se midieron un total de 1 114 trozas, de las cuales 1 034 fueron utilizadas en el ajuste (300 de *Pinus tropicalis* y 734 de *Pinus caribaea*), y 80 se dejaron para la validación del futuro modelo. Las mediciones del diámetro en las trozas se realizaron con forcípula en las secciones de 0,25 m con corteza y sin ella a partir de la base de la troza. El volumen de cada sección se determinó por medio de la fórmula de Smalian, y el real total por la sumatoria.

Para la obtención de la ecuación de volumen se utilizó el método de los mínimos cuadrados en el análisis de regresión, y se definió como variable dependiente el volumen de la troza con corteza y sin ella, y como variable independiente el diámetro en el extremo menor con corteza (Denc), la longitud de la troza (L), la conicidad (ConB) y la relación de los diámetros extremos (Rdndm). Utilizando el sistema estadístico SPSS versión 10.0, se desarrollaron ecuaciones de regresión de una, dos y tres entradas, y se emplearon modelos sin transformar y con transformación logarítmica, estos últimos con el objetivo de homogeneizar varianzas [Clark y Saucier, 1990; Prodan *et al.*, 1997; Egas, 1998; Henry, 1999; Salas, 2001].

Los modelos empleados como base para el ajuste fueron los siguientes (estos posteriormente se transformaron al no cumplir las asunciones de la regresión):

$$V_{bsc} = a + b \times D_{encc} \quad (1)$$

$$V_{bsc} = a + b \times D_{encc} + c \times L \quad (2)$$

$$V_{bsc} = a + b \times D_{encc} + c \times L \times ConB \quad (3)$$

$$V_{bsc} = a + b \times D_{encc} + c \times L + d \times Rdndm \quad (4)$$

donde:

V_{bcc} : Volumen con corteza (m³)

V_{bsc} : Volumen sin corteza (m³)

D_{encc} : Diámetro en rabiza con corteza (cm)

L : Longitud de la troza (m)

$Rdndm$: Relación entre el diámetro menor y el mayor de la troza

$ConB$: Conocidad (cm/m)

a, b, c, d : Coeficientes de regresión

La calidad de los modelos se valoró a través de las medidas de bondad de ajuste para ecuaciones de regresión, como el coeficiente de determinación y la desviación estándar de los residuales, además del índice de Fúrnival para las ecuaciones transformadas. Se valoró igualmente la probabilidad y la significación de los coeficientes de la regresión.

Para la determinación de las capacidades predicativas de los modelos se evaluaron los parámetros desviación global, desviación agregada, error medio absoluto y cuadrado medio del error. Finalmente las ecuaciones obtenidas se compararon con las tablas y fórmulas utilizadas comúnmente en la producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el trabajo se probaron un total de 16 modelos matemáticos sin transformar y con transformación logarítmica, todos determinados a partir del diámetro en el extremo menor de la troza. Los resultados de las *Tablas 1* y *2* muestran que las ecuaciones con transformación logarítmica tuvieron un mayor coeficiente de determinación y un menor índice de Fúrnival que las sin transformar. Estos resultados coinciden con los de Egas (1998) para el *Pinus caribaea* en la provincia de Pinar del Río, donde obtuvo valores superiores al 90%. Las ecuaciones sin transformar, aunque tuvieron valores de R² superiores al 86%, no cumplieron el supuesto de la homogeneidad de la varianza, por lo que se estima que no son buenas predictoras de volumen. Tales resultados coinciden con lo obtenido por Ellis (1982) y Egas (1998), cuando utilizaron ecuaciones logarítmicas para remediar la falta de varianza constante en las regresiones para trozas.

En la *Tabla 3* se presentan los resultados de la validación para las ecuaciones con transformación logarítmica, ya que cumplieron el supuesto de homogeneidad, y por tanto se consideran que serán buenas predictoras del volumen. En ellas se observa que las ecuaciones con una sola variable independiente no son muy buenas estimadoras del volumen, a pesar de tener altos coeficientes de determinación. Sus sesgos llegaron a sobrestimar el volumen en un 80%, lo que se debe a la falta de una variable de peso como el largo, cuyas longitudes varían de 2,25 a 5,25 m.

TABLA 1
Resumen de las medidas de bondad de ajuste para las ecuaciones sin transformar

<i>Ecuaciones</i>	R^2c	<i>IF</i>	
$Vrcc = -0,130 + 0,01492 \times Dencc$	0,866	0,027	•
$Vrsc = -0,120 + 0,0129 \times Dencc$	0,833	0,0217	•
$Vrcc = -0,250 + 0,01453 \times Dencc + 0,02033 \times L$	0,908	0,0225	•
$Vrsc = -0,120 + 0,0129 \times Dencc + 0,02033 \times L$	0,906	0,01953	•
$Vrcc = -0,104 + 0,01504 \times Dencc + 0,01851 \times L + 0,140 \times Rdndm$	0,926	0,020	•
$Vrsc = -0,099 + 0,01335 \times Dencc + 0,01065 \times L + 0,0932 \times Rdndm$	0,912	0,0187	•
$Vrcc = -0,201 + 0,01022 \times Dencc + 0,01840 \times L + 0,004338 \times Con$	0,902	0,040	•
$Vrcc = -0,164 + 0,009965 \times Dencc + 0,01166 \times L + 0,002691 \times Con$	0,891	0,036	•

• No cumplen el supuesto de homogeneidad de varianza.

TABLA 2
Resumen de las medidas de bondad de ajuste para las ecuaciones con transformaciones logarítmica

<i>Ecuaciones</i>	R^2c	<i>IF</i>	
$LnVrcc = -8,172 + 1,934 \times LnDencc$	0,916	0,019	*
$LnVrsc = -8,442 + 1,952 \times LnDencc$	0,885	0,0188	*
$LnVrcc = 9,189 = 1,413 \times LnDencc + 1,805 \times LnL$	0,965	0,0125	*
$LnVrsc = 9,424 = 1,907 \times LnDencc + 1,214 \times LnL$	0,953	0,0125	*
$LnVrcc = 9,085 = 1,778 \times LnDencc + 1,322 \times LnL - 0,371 \times LnRdndm$	0,971	0,011	*
$LnVrsc = 9,567 = 1,971 \times LnDencc + 1,107 \times LnL - 0,304 \times LnRdndm$	0,957	0,011	*
$LnVrcc = 8,670 = 1,663 \times LnDencc + 1,291 \times LnL + 0,191 \times LnCon$	0,985	0,008	*
$LnVrcc = 9,067 = 1,811 \times LnDencc + 1,132 \times LnL + 0,128 \times LnCon$	0,961	0,010	*

* Cumplen el supuesto de homogeneidad de varianza.

TABLA 3
Resumen de las capacidades predictivas de las ecuaciones con transformación logarítmica

<i>Ecuaciones</i>	<i>DG</i>	<i>DA</i>	<i>EMA</i>	<i>RCME</i>
$LnVrcc = -8,172 + 1,934 \times LnDencc$	80,78	0,0649	0,065	25,47
$LnVrsc = -8,442 + 1,952 \times LnDencc$	78,39	0,050	0,050	23,36
$LnVrcc = -9,189 + 1,413 \times LnDencc + 1,805 \times LnL$	2,92	0,0041	0,0010	6,4
$LnVrsc = -9,424 + 1,907 \times LnDencc + 1,214 \times LnL$	0,898	0,0010	0,010	3,1
$LnVrcc = -9,085 + 1,778 \times LnDencc + 1,322 \times LnL - 0,371 \times LnRdndm$	3,22	0,0045	0,011	6,7
$LnVrsc = -9,567 + 1,971 \times LnDencc + 1,107 \times LnL - 0,304 \times LnRdndm$	2,85	0,0032	0,010	5,6
$LnVrcc = -8,670 + 1,663 \times LnDencc + 1,291 \times LnL + 0,191 \times LnCon$	2,72	0,0038	0,0012	6,1
$LnVrsc = -9,076 + 1,811 \times LnDencc + 1,132 \times LnL + 0,128 \times LnCon$	1,09	0,0012	0,0015	3,4

En las ecuaciones de dos entradas, los estadísticos de predicción se comportaron todos inferiores al 3%, la de diámetro en el extremo menor de la troza y la longitud sin corteza alcanzó los valores más bajos con sesgos de 0,898, y un cuadrado medio del error de 3,1%. Las de tres variables (diámetro menor de la troza, conicidad y longitud) independientes tuvieron valores inferiores al 3,22% de la desviación global, pero tienen en su desventaja una variable más, además de su mayor sesgo.

Teniendo en cuenta los resultados que nos muestran los estadísticos de ajuste y de predicción, la ecuación más ideal sería la de dos entradas con corteza y sin ella, al complementar los elementos de exactitud en ajuste, validación y aplicación práctica.

Las expresiones se relacionan a continuación.

$$LnVbcc = -9,189 + 1,805 \times LnDencc + 1,413 \times LnL \quad (5)$$

$$LnVbcc = -9,424 + 1,907 \times LnDencc + 1,214 \times LnL \quad (6)$$

La Tabla 4 muestra un resumen de la comparación de las ecuaciones seleccionadas con corteza y sin ella, con tablas y fórmulas utilizadas comúnmente para la estimación del volumen de madera en troza. Las obtenidas en la presente investigación fueron superadas solamente por la fórmula de Huber, que tuvo sesgos de 0,56%; pero resulta ser más difícil su aplicación a las condiciones de producción al necesitar el diámetro en el centro de la troza sin corteza.

TABLA 4
Comparación de los modelos obtenidos con las fórmulas
y tablas utilizadas en las condiciones de producción para la especie

<i>Ecuación</i>	<i>DG</i> (%)	<i>DA</i> (m ³)	<i>EMA</i> (m ³)	<i>CME</i> (%)
$LnVrcc = -9,189 + 1,413 \times LnDenc + 1,805 \times LnL$	2,92	0,0041	0,0010	6,4
$LnVrsc = -9,424 + 1,907 \times LnDenc + 1,214 \times LnL$	0,898	0,0010	0,010	3,1
$LnVrsc = -9,2832 + 1,8116 \times LnDr + 1,2533 \times LnL$ [Egas, 1998]	10,21	0,010	0,014	10,35
Tabla cubicación para mdera en bolo de coníferas (1976)	8,0	0,009	0,011	9,4
$V = (D^2/10\ 000) \times L$ (Japanesse Agricultura Standard) (JAS)	3,59	0,0040	0,1149	6,3
$V = (C^2/4?) \times L$ (Huber)	0,56	0,0006	0,0097	0,27
$V = (?/4 \times ((db + dr)/2) \times L$ (Tabla 91)	-18,30	-0,025	0,026	1,81
$V = (G_b + G_a)/2 \times L$ (Smalian)	-10,77	-0,0139	0,0169	11,78
$V = (G_b + 4 \times G_c + G_a)/6 \times L$ (Newton)	3,5	0,0042	0,0094	6,4

Al comparar solamente la ecuación sin corteza seleccionada con respecto a las demás, se observa una superioridad total incluyendo a la de Egas (1998), donde la desviación global llegó a un 10,21%; sin embargo, en trabajos anteriores desarrollados por este mismo autor, para la especie *Pinus caribaea* en Pinar del Río alcanzó valores muy similares a lo obtenido en este trabajo. Esto se debe a que aquí se incluye la especie *Pinus tropicalis*.

La tabla editada en 1976 para especies coníferas obtuvo sesgos superiores a la ecuación propuesta, y subestimó el volumen en 8%, lo que demuestra poca exactitud, además de su limitada aplicación práctica cuando la madera se encuentra apilada al requerir del diámetro con corteza a 1m de la base.

Las tablas de cubicación de Pino Molina (1991) –tabla de cubicación de madera en rollo, foliaceas– y Smalian fueron muy sesgadas, al sobrestimar

el volumen en -18,30% y -10,77%, respectivamente. Este comportamiento ya había sido avizorado por Egas (1998), cuando para ambas fórmulas se comportaron superiores al 15%. Igualmente Henry (2003), para la madera en rollo de especies latifolias en la Ciénaga de Zapata, obtuvo valores que se comportaron entre 15 y 19%.

Finalmente, la fórmula JAS, que venía utilizándose en algunas empresas ante la incertidumbre de una herramienta de estimación eficiente, tuvo capacidades predictivas bajas con sesgos de 3,59% y cuadrado medio del error de 6,3%. Estos valores son muy aceptables, pero se hace necesario descontar la corteza para obtener el volumen real, lo que la hace de menor aplicación que la seleccionada.

En la *Tabla 5* se refleja la tabla de volumen sin corteza elaborada, obtenida a partir del diámetro en el extremo menor con corteza.

TABLA 5
Tabla de volumen sin corteza determinada a partir del diámetro
menor con corteza y el largo de la troza

Tablas de volumen sin corteza para las coníferas de Pinar del Río

Diámetro	Longitud																																
	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
8	0,010	0,011	0,013	0,015	0,016	0,018	0,019	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,030	0,032	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,027	0,029	0,031	0,033	0,035	0,038	0,040	0,042	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052	
9	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,027	0,029	0,031	0,033	0,035	0,038	0,040	0,020	0,022	0,025	0,027	0,030	0,032	0,035	0,038	0,040	0,043	0,046	0,049	0,052	0,055	0,058	0,061	0,065	0,069	
10	0,015	0,017	0,020	0,022	0,025	0,027	0,030	0,032	0,035	0,038	0,040	0,043	0,046	0,049	0,022	0,025	0,028	0,030	0,033	0,036	0,039	0,042	0,045	0,049	0,052	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,076	0,080	
11	0,018	0,021	0,024	0,027	0,030	0,033	0,036	0,039	0,042	0,045	0,049	0,052	0,055	0,059	0,024	0,027	0,030	0,033	0,036	0,039	0,042	0,045	0,049	0,052	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,076	0,080	0,085	
12	0,021	0,025	0,028	0,032	0,035	0,039	0,042	0,046	0,050	0,053	0,057	0,061	0,065	0,069	0,025	0,028	0,032	0,035	0,039	0,042	0,046	0,050	0,053	0,057	0,061	0,065	0,069	0,073	0,077	0,081	0,085	0,090	
13	0,025	0,029	0,033	0,037	0,041	0,045	0,049	0,054	0,058	0,062	0,067	0,071	0,076	0,080	0,027	0,030	0,034	0,037	0,041	0,045	0,049	0,054	0,058	0,062	0,067	0,071	0,076	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100	
14	0,029	0,033	0,038	0,042	0,047	0,052	0,057	0,062	0,067	0,072	0,077	0,082	0,087	0,093	0,030	0,033	0,037	0,041	0,045	0,049	0,054	0,058	0,062	0,067	0,072	0,077	0,082	0,087	0,092	0,097	0,102	0,107	
15	0,033	0,038	0,043	0,048	0,054	0,059	0,065	0,070	0,076	0,082	0,088	0,094	0,100	0,106	0,033	0,037	0,041	0,045	0,049	0,054	0,058	0,062	0,067	0,072	0,077	0,082	0,087	0,092	0,097	0,102	0,107	0,112	
16	0,037	0,043	0,049	0,055	0,061	0,067	0,073	0,079	0,086	0,093	0,099	0,106	0,113	0,120	0,035	0,039	0,043	0,047	0,051	0,055	0,060	0,064	0,069	0,073	0,078	0,082	0,087	0,092	0,097	0,102	0,107	0,112	0,117
17	0,042	0,048	0,055	0,061	0,068	0,075	0,082	0,089	0,097	0,104	0,111	0,119	0,127	0,134	0,037	0,041	0,045	0,049	0,053	0,057	0,061	0,065	0,070	0,074	0,078	0,082	0,087	0,092	0,097	0,102	0,107	0,112	0,117
18	0,046	0,054	0,061	0,068	0,076	0,084	0,092	0,100	0,108	0,116	0,124	0,133	0,141	0,150	0,039	0,043	0,047	0,051	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,075	0,080	0,084	0,089	0,093	0,098	0,103	0,108	0,113	0,118
19	0,051	0,059	0,067	0,076	0,084	0,093	0,101	0,110	0,119	0,128	0,138	0,147	0,156	0,166	0,041	0,045	0,049	0,053	0,057	0,061	0,065	0,070	0,074	0,078	0,082	0,087	0,091	0,096	0,101	0,106	0,111	0,116	0,121
20	0,057	0,065	0,074	0,083	0,093	0,102	0,112	0,122	0,132	0,142	0,152	0,162	0,173	0,183	0,043	0,047	0,051	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,075	0,080	0,084	0,089	0,093	0,098	0,103	0,108	0,113	0,118	0,123
21	0,062	0,072	0,082	0,092	0,102	0,112	0,123	0,134	0,144	0,155	0,167	0,178	0,189	0,201	0,045	0,049	0,053	0,057	0,061	0,065	0,069	0,073	0,077	0,081	0,086	0,090	0,095	0,100	0,105	0,110	0,115	0,120	0,125
22	0,068	0,078	0,089	0,100	0,111	0,123	0,134	0,146	0,158	0,170	0,182	0,194	0,207	0,220	0,047	0,051	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,075	0,079	0,083	0,088	0,092	0,097	0,102	0,107	0,112	0,117	0,122	0,127
23	0,074	0,085	0,097	0,109	0,121	0,133	0,146	0,159	0,172	0,185	0,198	0,212	0,225	0,239	0,049	0,053	0,057	0,061	0,065	0,069	0,073	0,077	0,081	0,085	0,090	0,094	0,099	0,104	0,109	0,114	0,119	0,124	0,129
24	0,080	0,093	0,105	0,118	0,131	0,145	0,158	0,172	0,186	0,201	0,215	0,229	0,244	0,259	0,051	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,075	0,079	0,083	0,088	0,092	0,097	0,102	0,107	0,112	0,117	0,122	0,127	0,132

TABLA 5 (cont.)

Tablas de volúmen sin corteza para las coníferas de Pinar del Río

Díá- metro	<i>Longitud</i>															
	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25		
25	0,087	0,100	0,114	0,128	0,142	0,156	0,171	0,186	0,201	0,217	0,232	0,248	0,264	0,280		
26	0,094	0,108	0,123	0,138	0,153	0,169	0,185	0,201	0,217	0,234	0,250	0,267	0,285	0,302		
27	0,101	0,116	0,132	0,148	0,164	0,181	0,198	0,216	0,233	0,251	0,269	0,287	0,306	0,324		
28	0,108	0,124	0,141	0,159	0,176	0,194	0,213	0,231	0,250	0,269	0,288	0,308	0,328	0,348		
29	0,115	0,133	0,151	0,170	0,188	0,208	0,227	0,247	0,267	0,288	0,308	0,329	0,350	0,372		
30	0,123	0,004	0,161	0,181	0,201	0,222	0,242	0,264	0,285	0,307	0,329	0,351	0,374	0,397		
31	0,131	0,151	0,172	0,193	0,214	0,236	0,258	0,281	0,303	0,327	0,350	0,374	0,398	0,422		
32	0,139	0,160	0,182	0,205	0,227	0,251	0,274	0,298	0,322	0,347	0,372	0,397	0,423	0,449		
33	0,147	0,170	0,193	0,217	0,241	0,266	0,291	0,316	0,342	0,368	0,394	0,421	0,448	0,476		
34	0,156	0,180	0,205	0,230	0,255	0,281	0,308	0,335	0,362	0,390	0,418	0,446	0,475	0,504		
35	0,165	0,190	0,216	0,243	0,270	0,297	0,325	0,354	0,383	0,412	0,441	0,471	0,502	0,532		
36	0,174	0,201	0,228	0,256	0,285	0,314	0,343	0,373	0,404	0,434	0,466	0,497	0,529	0,562		
37	0,183	0,212	0,240	0,270	0,300	0,331	0,362	0,393	0,425	0,458	0,491	0,524	0,558	0,592		
38	0,193	0,223	0,253	0,284	0,316	0,348	0,381	0,414	0,447	0,482	0,516	0,551	0,587	0,622		
39	0,203	0,234	0,266	0,298	0,332	0,365	0,400	0,435	0,470	0,506	0,542	0,579	0,616	0,654		
40	0,213	0,245	0,279	0,313	0,348	0,383	0,420	0,456	0,493	0,531	0,569	0,608	0,647	0,686		
41	0,223	0,257	0,292	0,328	0,365	0,402	0,440	0,478	0,517	0,557	0,597	0,637	0,678	0,720		
42	0,233	0,269	0,306	0,344	0,382	0,421	0,461	0,501	0,542	0,583	0,625	0,667	0,710	0,753		
43	0,244	0,282	0,320	0,359	0,399	0,440	0,482	0,524	0,566	0,610	0,653	0,698	0,743	0,788		
44	0,255	0,294	0,334	0,376	0,417	0,460	0,503	0,547	0,592	0,637	0,683	0,729	0,776	0,823		
45	0,266	0,307	0,349	0,392	0,436	0,480	0,525	0,571	0,618	0,665	0,713	0,761	0,810	0,859		
46	0,278	0,320	0,364	0,409	0,454	0,501	0,548	0,596	0,644	0,693	0,743	0,794	0,845	0,896		

CONCLUSIONES

- Las ecuaciones logarítmicas definidas a partir del diámetro en el extremo menor de la troza y la longitud fueron seleccionadas para estimar el volumen en las condiciones de producción para las empresas de Pinar del Río.
- Las ecuaciones seleccionadas fueron validadas con muestras independientes, y se obtuvieron sesgos inferiores al 3%, lo que unido a su aplicación práctica representan con la suficiente exactitud a la población.

BIBLIOGRAFÍA

- CLARK, A.; J. R. SAUCIER: «Tables for Estimating Total Tree-Weight, Ste Weights and Volumes of Planted and Natural Southern Oines in the Southeas», *Georgia Forestry Comissio. Forest Paper* 79, E.U., 1990.
- EGAS, A. F.: «Consideraciones para el incremento de la eficiencia de conversión de madera en rollo de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en sierras de bandas». Tesis presentada en opción de grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1998.
- ELLIS, J. C.: «A Three-Dimensional Formula for Coniferous Log Volume in New Zelanda», *Forest Research Institute Bulletin* no. 20, 1982.
- GARCÍA, J. M.: «Mejoramiento del rendimiento de la producción forestal en el troceado de los bolos y el aserrado de las trozas de *Pinus cubensis* y *Pinus tropicales*». Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Instituto Técnico Forestal de Voroneszh, URSS, 1983.
- HENRY, P. P.: «Elaboración de tablas de cubicación de madera en bolo de *Lysiloma Latisiliquum* Benth (soplillo) y *Calophyllum Antillanum* Britton (ocuje) en la Ciénaga de Zapata». Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1999.
- : «Perfeccionamiento de la cubicación de la madera en bolo de las principales especies de interés económico de la Ciénaga de Zapata». Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 2003.
- IBÁÑEZ, A.: «Tabla de cubicación de maderas en bolos foliáceas», Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal, La Habana, 1976.
- PINO, A.: «Libreta de cubicación-maderas tropicales en rollos», CIDA, La Habana, 1991.
- PRODAN, ET AL.: *Mensura forestal*, Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica, 1997.
- SALAS, C.: «Estimación de volumen mediante un método no destructivo para un relicto del bosque de roble (*Nothofagus obliqua*), laurel (*Laurelia supervirens*), lingue (*Persea lingue*)», Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de la Frontera, Casilla 54-D, Temúco, Chile, 2001.