

ELABORACIÓN DE TABLA DE VOLUMEN DE MADERA EN BOLO PARA CUATRO ESPECIES LATIFOLIAS DE LA CIÉNAGA DE ZAPATA

DR. PEDRO P. HENRY TORRIENTE,¹ DR. JUAN M. GARCÍA DELGADO¹
Y DR. OSVALDO A. FOSADO TÉLLEZ²

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

² Universidad de Pinar del Río. Calle Martí Final no 270, Pinar
del Río, Cuba

RESUMEN

*En Cuba continúa prevaleciendo el empleo de tablas de cubicación inexactas y de procedencia extranjera en las mediciones de las especies maderables que crecen en el país. En este artículo se expresan los resultados de la integración en una ecuación, y por ende en una sola tabla de volumen de cuatro ecuaciones de regresión obtenidas a partir del mismo número de especies independientes: *Lysiloma latisiliquum* Benth. (soplillo), *Bursera simaruba* Sargent. (almácigo), *Calophyllum antillanum* Britton. (ocuje) y *Bucida palustris* Borhidi. (júcaro de ciénaga), con el objetivo de perfeccionar la cubicación de la madera en bolo en la Ciénaga de Zapata y dar mayor utilidad práctica a los resultados.*

Las ecuaciones obtenidas del conjunto de especies presentaron estadísticos de ajuste que las hacen comparables con las especies individuales. Igualmente sus sesgos se comportaron con corteza y sin ella inferior a 3%, e inferiores también a lo reportado por las tablas utilizadas en la producción que rebasaron 10%. Finalmente se hizo un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar las ecuaciones del conjunto de especies, la de la especie y el valor real obtenido con sus datos independientes. No se encontraron diferencias estadísticamente

ABSTRACT

*In Cuba prevailing to estimate de volume butt log inexact table and of foreign origin in the mensurations of the species that grow in the country. In this paper is presented the results of the integration in an equation and for to get a single volume table, of four regression equations obtained from the same number of independent variables: *Lysiloma latisiliquum* Benth. (fan), *Bursera simaruba* Sargent. (almácigo), *Calophyllum antillanum* Britton. (ocuje) and *Bucida palustris* Borhidi. (júcaro de ciénaga); with the objective of to improve the butt log measurement in Zapata Swamps and to give bigger practical utility from the obtained results.*

The equations obtained of the group of species presented statistical of adjustment that they make them comparable with the individual species. Equally, their biases behaved with bark and without its inferior to 3%, being inferior also to those reported by the volume table used in the production that underestimate 10%. Finally, non parametric an analysis of Kruskal-Wallis was made, to compare, the equations of the group of species, that of the species and the real value obtained with the independent data of the same one, not being differs statistically significant among each one of them. The

significativas entre cada una de ellas. La ecuación propuesta permite mediante el aumento de la exactitud en la cubicación cuantificar volúmenes de madera en bolo que con anterioridad, por la inexactitud de los métodos precedentes, no entraban en los cálculos de la madera en bolo que se asimilaba por la industria y que alcanzan la cifra de 1 180 m³.

Palabras clave: tabla de volumen, cubicación, madera en bolo, troza, sesgo

INTRODUCCIÓN

La estimación y obtención del volumen a través de tablas, tanto para árboles en pie como para bolos, aunque similares en procedimientos matemáticos, tienen diferencias. El primero es un inventario previo, que no tiene presión del tiempo, y casi todos los modelos son determinados a partir del diámetro a 1,30. El segundo es un inventario poscosecha, que exige de rapidez, ya que la madera tiene que ser transportada a cargaderos o centros consumidores, en muchos casos para evitar el deterioro de su calidad.

En la práctica forestal, cuando se están explotando los bosques mixtos naturales como es el caso de la Ciénaga de Zapata, donde el sistema de aprovechamiento fundamental del bolo es la tala selectiva, resulta muy engorroso trabajar con fórmulas o tablas de cubicación por separado para cada una de las especies. En el proceso de medición de la madera en bolo se mezclan al menos cuatro especies. El medidor además tiene que cuantificar diariamente no solo esta producción, sino otros surtidos; por tanto, el objetivo de este artículo es verificar la posible unión de los datos para obtener una sola ecuación

proposed equation allows by means of the increase of the accuracy in the measurement to quantify butt log volumes that previously for lack of accuracy of the precedent methods they didn't enter inside the calculations of the wood that was assimilated by the industry and that they reach the figure of 1180 m³.

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

para todas las especies, y facilitar así con el uso de las tablas de volumen el trabajo en los acopidaderos y aserraderos. Algo similar fue expuesto por Alder (1980), quien expresa que para un bosque natural el número de especies es tan elevado que se hace necesario tarifas generales para un grupo de ellas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Empresa Municipal Agropecuaria (EMA) Victoria de Girón, perteneciente al municipio de Ciénaga de Zapata, provincia de Matanzas, que ocupa un área de 477 647 ha de bosques, de las cuales 26,8% son de bosques productores. Se estudiaron un total de tres unidades silvícolas, en las que se concentran los principales potenciales de madera en bolo de las especies *Lysiloma latisiliquum* Benth. (soplillo), *Bursera simaruba* Sargent. (almácigo), *Calophyllum antillanum* Britton. (ocuje) y *Bucida palustris* Borhidi. (júcaro de ciénaga).

Se tomaron al azar 699 bolos para el ajuste, 210 para la especie soplillo, 210 de almácigo, 179 de ocuje y 100 de júcaro. A cada uno de los bolos de

la muestra inicial se le midió el diámetro con corteza y sin ella cada 50 cm en los primeros 3 m, partiendo de su base y cada metro en la porción restante. La medición de este parámetro se hizo con la forcípula. En cada punto el grosor de la corteza se midió con un pie de rey con precisión milimétrica, y la longitud con una cinta métrica con escala en centímetro. Igualmente fueron utilizados 200 bolos independientes para la validación de los resultados.

Utilizando el sistema estadístico SPSS versión 10.0, se desarrollaron ecuaciones de regresión de dos y tres entradas, con modelos sin transformar y con transformación logarítmica, estos últimos con el objetivo de lograr varianzas homogéneas [Prodan *et al.*, 1997; Egas, 1998; Henry, 1999, Salas, 2001]. Para la obtención del volumen por análisis de regresión se tiene como variables dependientes el volumen con corteza y sin ella, como independientes el

largo, diámetro en la base y conicidad calculada y promedio, así como las transformaciones pertinentes.

Con el objetivo de lograr una mayor aplicación práctica para la cubicación de la madera en bolo en la Ciudad de Zapata, se probó la posibilidad de agrupar los datos de cada una de las especies en una sola regresión. Se utilizó el método de análisis de covarianza, que es la técnica que permite examinar si las regresiones coinciden o son diferentes. Según Snedecor y Cochran (1981), citados por Salas (2000), las regresiones pueden diferir en las varianzas residuales, en pendiente o en elevación. Este análisis se hizo a través del test general para regresiones coincidentes desarrollado por Sigarroat (1985). El modelo empleado para esta prueba fue el de transformación logarítmica, teniendo como variable dependiente el volumen sin corteza, y como independientes diámetro en la base, largo y conicidad promedio del bolo.

Test general desarrollado por Sigarroat (1985) para la comparación de ecuaciones de regresión

$$F = \frac{\frac{SCT - SCP}{2(K-1)}}{\frac{SCP}{glp}} \quad SCP = \sum SCi \quad glp = \sum_{i=1}^K ni - k - 1$$

SCT: Suma de cuadrado residual de la regresión resultante de la unión de los datos de todas las curvas analizadas

SCP: Suma de cuadrado total residual de la regresión reunida de cada una de las curvas

K: Número de curvas de regresión analizadas

Glp: Grados de libertad de la regresión reunida

Sci: Suma de cuadrados residual de cada regresión

ni: Número de observaciones empleadas en cada regresión

A las ecuaciones obtenidas por la unión de los datos se les determinaron la bondad de ajuste, coeficiente de determinación e índice de furnival. También fueron determinados las capacidades predicativas, desviación global, diferencia agregada, error medio absoluto y cuadrado medio del error. Estos parámetros se compararon además con las tablas y fórmulas utilizadas en las condiciones de producción. Se hizo una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para cada tipo de especie de bolo, utilizando el volumen sin corteza obtenido a través de la fórmula estimada para la especie, el volumen real sin corteza de la especie (calculado por secciones con la fórmula de Smalian) y la fórmula estimada para el grupo de especies. Todo este procedimiento se desarrolló con datos fuera de la muestra de ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se pueden observar coeficientes de determinación por encima de 90%, lo que refleja una alta bondad de ajuste del volumen a partir de las variables independientes. Igualmente, el índice de furnival es pequeño, y todas las ecuaciones cumplen los supuestos del análisis de regresión. En todos los casos se utilizaron ecuaciones de tres entradas con transformación logarítmica, diámetro en la base, largo y conicidad.

El hecho de que las ecuaciones hayan sido seleccionadas lo reafirma la *Tabla 2*, donde se refleja la validación de cada una con corteza y sin ella. Se observa que en todos los casos la desviación global es inferior a 3%, y el cuadrado del error inferior a 12% cuando se hace el análisis con

la conicidad promedio del grupo de bolos. Este resultado se hace más confiable si lo comparamos con la tabla utilizada para estimar el volumen del bolo en las condiciones de producción, cuyos valores se reflejan en la *Tabla 3* y donde su desviación global supera los valores de las propuestas. Estudios reportados por Henry (1999) para la especie soplillo y ocuje en condiciones locales alcanzan valores de 4,50% de la desviación global.

Los resultados del análisis de las covarianzas permiten concluir que las regresiones de las cuatro especies son diferentes en la variable volumen sin corteza, siendo la $F_{cal} = 27,39$, mayor que la $F_{tab} = 2,60$, lo que indica, al no pertenecer a la región crítica, un tratamiento individual para los bolos de cada una de las especies. Independientemente de este resultado, se decidió comprobar la posible combinación de los datos y ajustarlos en una misma regresión, corriendo el riesgo de pérdida de la capacidad predictiva del futuro modelo. Esto reafirma lo planteado por Alder (1980) en un ejemplo de unir regresiones para plantaciones de diferentes zonas geográficas. Determinó que los datos con diferencias en pendientes e interceptos no pueden combinarse sin una consecuente pérdida de la precisión en las estimaciones. Esto coincide también con lo planteado por Muhairwe (1998), cuando al determinar que dos regresiones de diferentes especies de eucaliptos diferían, señaló que una única ecuación de volumen no podría utilizarse para ambas especies sin la introducción de sesgo en las predicciones. Corresponde valorar si este sacrificio en la precisión se justifica por una mayor aplicación práctica.

TABLA 1
Resumen de la bondad de ajuste para las especies individuales

E	Ecuaciones	R ² c	IF	
S	$LnVbcc = -9,486 + 2,125 \times LnDbcc + 0,594 \times LnL - 0,275 \times LnConB$	0,942	0,037	*
S	$LnVbsc = -9,631 + 2,143 \times LnDbcc + 0,577 \times LnL - 0,271 \times LnConB$	0,938	0,035	*
A	$LnVbcc = -9,477 + 2,208 \times LnDbcc + 0,431 \times LnL - 0,497 \times LnConB$	0,902	0,040	*
A	$LnVbsc = -9,919 + 2,276 \times LnDbcc + 0,423 \times LnL - 0,492 \times LnConB$	0,891	0,036	*
O	$LnVbcc = -11,056 + 2,807 \times LnDbcc - 0,791 \times LnConB + 0,284 \times LnL$	0,912	0,048	*
O	$LnVbsc = -11,061 + 2,775 \times LnDbcc - 0,792 \times LnConB + 0,278 \times LnL$	0,898	0,045	*
J	$LnVbcc = -10,847 + 2,772 \times LnDbcc - 0,686 \times LnConB + 0,301 \times LnL$	0,948	0,035	*
J	$LnVbsc = -11,055 + 2,770 \times LnDbcc - 0,683 \times LnConB + 0,253 \times LnL$	0,939	0,034	*

* Cumple los supuestos del análisis de regresión.

• No cumple los supuestos del análisis de regresión.

TABLA 2
Resumen de la capacidad predictiva para las especies individuales

E	Ecuaciones	DG (%)	DA (m ³)	EMA (m ³)	CME (%)
S	$LnVbcc = -9,486 + 2,125 \times LnDbcc + 0,594 \times LnL - 0,275 \times LnConB$	•0,06 ••2,37	0,0002 0,012	0,039 0,050	5,6 7,5
S	$LnVbsc = -9,631 + 2,143 \times LnDbcc + 0,577 \times LnL - 0,271 \times LnConB$	•0,26 ••2,49	0,010 0,013	0,034 0,055	5,0 6,8
A	$LnVbcc = -9,477 + 2,208 \times LnDbcc + 0,431 \times LnL - 0,497 \times LnConB$	•0,45 ••2,45	0,003 0,012	0,039 0,052	6,5 6,3
A	$LnVbsc = -9,919 + 2,276 \times LnDbcc + 0,423 \times LnL - 0,492 \times LnConB$	•1,10 ••3,01	0,005 0,012	0,035 0,039	5,4 4,9
O	$LnVbcc = -11,056 + 2,807 \times LnDbcc - 0,791 \times LnConB + 0,284 \times LnL$	•0,63 ••1,59	0,004 0,009	0,051 0,095	6,5 11,4
O	$LnVbsc = -11,061 + 2,775 \times LnDbcc - 0,792 \times LnConB + 0,278 \times LnL$	•2,07 ••3,06	0,011 0,016	0,048 0,087	6,1 10,5
J	$LnVbcc = -10,847 + 2,772 \times LnDbcc - 0,686 \times LnConB + 0,301 \times LnL$	•0,24 ••0,88	0,001 0,004	0,034 0,093	5,4 12,3
J	$LnVbsc = -11,055 + 2,770 \times LnDbcc - 0,683 \times LnConB + 0,253 \times LnL$	•0,89 ••2,16	0,004 0,009	0,038 0,087	5,8 12,0

• Resultado con concidad calculada.

•• Resultado con concidad promedio.

TABLA 3
Resumen de la capacidad predictiva para las especies individuales
con la tabla utilizada en la producción

E	Ecuaciones	DG (%)	DA (m ³)	EMA (m ³)	CME (%)
S	$V = (C^2/4\pi) \times L$ (tabla 1976)	13,27	0,045	0,048	5,9
A	$V = (C^2/4\pi) \times L$ (tabla 1976)	6,22	0,024	0,028	3,8
O	$V = (C^2/4\pi) \times L$ (tabla 1976)	11,09	0,055	0,068	7,8
J	$V = (C^2/4\pi) \times L$ (tabla 1976)	9,4	0,037	0,038	4,2

La *Tabla 4* muestra la bondad de ajuste de una ecuación general para las cuatro especies. Se observa que el coeficiente de determinación es superior a 90%, y el índice de furnival bajo, con comportamientos muy similares a las especies indi-

viduales, lo que reafirma que el volumen es altamente explicado por las variables independientes, que igualmente cumplen las asunciones del análisis de regresión, específicamente la homogeneidad de las varianzas.

Tabla 4
Resumen de la bondad de ajuste para el conjunto de especies

E	Ecuaciones	R ² c	IF	
CC	$LnVbcc = -9,539 + 2,206 \times LnDbcc - 0,377 \times LnConB + 0,498 \times LnL$	0,93	0,046	*
SC	$LnVbsc = -9,594 + 2,196 \times LnDbcc - 0,347 \times LnConB + 0,461 \times LnL$	0,922	0,042	*

* Cumple los supuestos del análisis de regresión.
• No cumple los supuestos del análisis de regresión.

En la *Tabla 5* se reflejan los valores de las capacidades predictivas de las ecuaciones seleccionadas, y las tablas y fórmulas utilizadas en las condiciones de producción. Como bien se puede observar, la tabla de 1976 subestima el volumen en 10%, coincidiendo con los resultados de cada una de las especies reportados por Henry (2003). Por otra parte, la tabla de 1991 muestra una sobrestimación de los volúmenes de -15,25%, siendo un poco más ses-

gadas la fórmula de Smalian con valores hasta -19,95%. Similares resultados tuvo Egas (1998), quien al comparar las ecuaciones del *Pinus caribaea* con las tablas utilizadas en la producción, los sesgos de esta última fueron muy superiores a 15%. De todas las fórmulas validadas, la Newton resultó ser la de menor sesgo y error con -2,24% y 3,1% respectivamente, lo que demuestra su exactitud para cualquier forma del fuste.

TABLA 5
Comparación de los modelos obtenidos con las fórmulas y tablas utilizadas en las condiciones de producción para el conjunto de especies

Ecuación	DG (%)	DA (m ³)	EMA (m ³)	CME (%)
$LnVbcc = -9,539 + 2,206 \times LnDbcc - 0,377 \times LnConB + 0,498 \times LnL$	•0,80 ••2,7	0,003 0,013	0,044 0,064	6,5 8,7
$LnVbsc = -9,594 + 2,196 \times LnDbcc - 0,347 \times LnConB + 0,461 \times LnL$	•1,25 ••2,9	0,04 0,05	0,038 0,053	6,0 7,7
$V = (C^2 / 4\pi) \times L$ (tabla 76)	10,0	0,039	0,043	5,5
$V = (\pi / 4 \times ((db + dr) / 2) \times L$ (tabla 1991)	-15,25	-0,078	0,081	10,7
$V = (G_b + G_a) / 2 \times L$ (Smalian)	-19,95	-0,108	0,110	14,1
$V = (G_b + 4 \times Gc + G_a) / 6 \times L$ (Newton)	-2,24	-0,009	0,021	3,1

• Resultado con conicidad calculada.
•• Resultado con conicidad promedio

TABLA 6
Tabla de cubicación de madera en bolos sin corteza para el conjunto de especies

Diámetro de la base (cm)	Longitud del bolo (m)																		
	3	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
24	0.0939	0.1008	0.1072	0.1131	0.1188	0.1241	0.1292	0.1340	0.1387	0.1432	0.1475	0.1517	0.1557	0.1597	0.1635	0.1672	0.1708	0.1744	0.1778
25	0.1027	0.1102	0.1172	0.1238	0.1299	0.1358	0.1413	0.1466	0.1517	0.1566	0.1614	0.1659	0.1704	0.1747	0.1788	0.1829	0.1869	0.1907	0.1945
26	0.1119	0.1201	0.1278	0.1349	0.1416	0.1480	0.1540	0.1598	0.1654	0.1707	0.1759	0.1808	0.1857	0.1904	0.1949	0.1994	0.2037	0.2079	0.2120
27	0.1216	0.1305	0.1388	0.1465	0.1538	0.1607	0.1673	0.1736	0.1797	0.1855	0.1911	0.1965	0.2017	0.2068	0.2118	0.2166	0.2213	0.2259	0.2303
28	0.1317	0.1414	0.1503	0.1587	0.1666	0.1741	0.1812	0.1881	0.1946	0.2009	0.2069	0.2128	0.2185	0.2240	0.2294	0.2346	0.2397	0.2446	0.2495
29	0.1422	0.1527	0.1624	0.1714	0.1800	0.1881	0.1958	0.2031	0.2102	0.2170	0.2235	0.2299	0.2360	0.2419	0.2477	0.2534	0.2589	0.2642	0.2695
30	0.1532	0.1645	0.1749	0.1847	0.1939	0.2026	0.2109	0.2188	0.2264	0.2337	0.2408	0.2476	0.2542	0.2606	0.2669	0.2730	0.2789	0.2846	0.2903
31	0.1646	0.1768	0.1880	0.1985	0.2084	0.2177	0.2266	0.2352	0.2433	0.2512	0.2588	0.2661	0.2732	0.2801	0.2868	0.2933	0.2997	0.3059	0.3120
32	0.1765	0.1895	0.2016	0.2128	0.2234	0.2334	0.2430	0.2521	0.2609	0.2693	0.2775	0.2853	0.2929	0.3003	0.3075	0.3145	0.3213	0.3280	0.3345
33	0.1889	0.2028	0.2157	0.2277	0.2390	0.2498	0.2600	0.2698	0.2791	0.2882	0.2969	0.3053	0.3134	0.3213	0.3290	0.3365	0.3438	0.3509	0.3579
34	0.2017	0.2165	0.2303	0.2431	0.2552	0.2667	0.2776	0.2880	0.2980	0.3077	0.3170	0.3260	0.3347	0.3431	0.3513	0.3593	0.3671	0.3747	0.3821
35	0.2149	0.2308	0.2454	0.2591	0.2720	0.2842	0.2958	0.3070	0.3176	0.3279	0.3378	0.3474	0.3567	0.3657	0.3744	0.3829	0.3912	0.3993	0.4072
36	0.2286	0.2455	0.2611	0.2756	0.2894	0.3024	0.3147	0.3266	0.3379	0.3488	0.3594	0.3695	0.3794	0.3890	0.3983	0.4074	0.4162	0.4248	0.4332
37	0.2428	0.2607	0.2773	0.2927	0.3073	0.3211	0.3342	0.3468	0.3589	0.3705	0.3816	0.3925	0.4029	0.4131	0.4230	0.4326	0.4420	0.4512	0.4601
38	0.2575	0.2764	0.2940	0.3104	0.3258	0.3405	0.3544	0.3677	0.3805	0.3928	0.4047	0.4161	0.4272	0.4380	0.4485	0.4587	0.4687	0.4784	0.4878
39	0.2726	0.2927	0.3112	0.3286	0.3450	0.3605	0.3752	0.3893	0.4028	0.4159	0.4284	0.4406	0.4523	0.4637	0.4748	0.4856	0.4962	0.5064	0.5165
40	0.2882	0.3094	0.3290	0.3474	0.3647	0.3811	0.3967	0.4116	0.4259	0.4396	0.4529	0.4658	0.4782	0.4903	0.5020	0.5134	0.5245	0.5354	0.5460
41	0.3042	0.3266	0.3474	0.3668	0.3850	0.4023	0.4188	0.4345	0.4496	0.4641	0.4782	0.4917	0.5048	0.5176	0.5300	0.5420	0.5538	0.5652	0.5764
42	0.3208	0.3444	0.3662	0.3867	0.4059	0.4242	0.4415	0.4581	0.4740	0.4894	0.5041	0.5184	0.5323	0.5457	0.5588	0.5715	0.5839	0.5959	0.6078
43	0.3378	0.3626	0.3857	0.4072	0.4275	0.4467	0.4649	0.4824	0.4992	0.5153	0.5309	0.5459	0.5605	0.5746	0.5884	0.6018	0.6148	0.6275	0.6400
44	0.3553	0.3814	0.4056	0.4283	0.4496	0.4698	0.4890	0.5075	0.5250	0.5420	0.5584	0.5742	0.5895	0.6044	0.6189	0.6329	0.6467	0.6600	0.6731
45	0.3732	0.4007	0.4262	0.4499	0.4723	0.4935	0.5137	0.5331	0.5516	0.5694	0.5866	0.6032	0.6193	0.6350	0.6502	0.6650	0.6794	0.6934	0.7072
46	0.3917	0.4205	0.4472	0.4722	0.4957	0.5180	0.5392	0.5594	0.5789	0.5976	0.6156	0.6331	0.6500	0.6664	0.6823	0.6978	0.7130	0.7277	0.7421
47	0.4106	0.4409	0.4689	0.4950	0.5197	0.5430	0.5652	0.5865	0.6069	0.6265	0.6454	0.6637	0.6814	0.6986	0.7153	0.7316	0.7474	0.7629	0.7780
48	0.4301	0.4617	0.4910	0.5184	0.5443	0.5687	0.5920	0.6142	0.6356	0.6561	0.6759	0.6951	0.7136	0.7317	0.7492	0.7662	0.7828	0.7990	0.8148
49	0.4500	0.4831	0.5138	0.5425	0.5695	0.5950	0.6194	0.6427	0.6650	0.6865	0.7072	0.7273	0.7467	0.7655	0.7839	0.8017	0.8191	0.8360	0.8526

La estadística no paramétrica reflejó para cada una de las especies la no existencia de diferencias significativas entre las fórmulas de estimación volumen con un nivel de significación de 5%, lo que demuestra que la ecuación obtenida del conjunto de especies puede ser utilizada para la estimación del volumen de las individuales, reafirmando el porqué de la unión de los datos.

Este resultado permite llegar a la conclusión de que la unión de las regresiones no ocasionó pérdida en la capacidad predictiva de las ecuaciones, sino más bien reflejó un valor bastante aceptable para datos independientes. Ello se debe a que se utilizó una muestra amplia y representativa que abarcó varias zonas dedicadas a la tala selectiva y un tamaño superior de observaciones por variables independientes, que tanto para las especies individuales como para el conjunto de especies supera lo planteado por Hair *et al.* (1999) de 20

observaciones, para redundar en ecuaciones con alta bondad de ajuste y de capacidad de extrapolación.

Los resultados revelan que con la ecuación de regresión derivada de este estudio es posible aumentar la exactitud y disminuir el volumen subestimado en 7,1%, lo que permite aumentar la producción por volumen dejado de estimar en 1 180,0 m³ de madera en bolos anuales, además de lograr una mayor aplicación práctica, ya que se obtiene directamente el volumen sin corteza, midiendo el diámetro con corteza, y el diámetro en la base, que es más fácil cuando la madera se encuentra apilada.

CONCLUSIONES

- Las ecuaciones seleccionadas para la estimación del volumen de madera en bolo con corteza y sin ella para el conjunto de especies estudiadas en la Ciénaga de Zapata son las siguientes:

$$\text{LnVbcc} = -9,539 + 2,206 \times \text{LnDbcc} - 0,377 \times \text{LnConB} + 0,498 \times \text{LnL}$$

$$\text{LnVbsc} = -9,594 + 2,196 \times \text{LnDbcc} - 0,347 \times \text{LnConB} + 0,461 \times \text{LnL}$$

- Las ecuaciones propuestas para el conjunto de especies proporcionan estimados poco sesgados, con valores de 2,7 y 2,9% con corteza y sin ella, inferior a la tabla utilizada en las condiciones de producción que alcanza 10%.
- Los resultados demostraron que, al comparar la ecuación del conjunto de especies con las individuales en la estimación del volumen, no se encontraron diferencias estadís-

ticamente significativas para un nivel de significación de 5%.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDER, D.: «Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial en los trópicos», Montes 22, Estudios de la FAO, Roma, 1980.
- 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 al

- grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1998.
- HAIR, F. R. ET AL.: *Análisis multivariante*, 5a. ed., Prentice Hall, Madrid, 1999.
- 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 de Máster en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1999.
- HENRY, P. P. ET AL.: «Tablas de cubicación de madera en bolo de las especies *Lysiloma latisiliquum* Benth. (soplillo) y *Bursera simaruba* Sargent (almácigo) en la Ciénaga de Zapata», FAO: WWW:CU. Cuba Sí de la división E-NET de ETECSA (<http://fao.cubasi.cu>), 2003.
- IBÁÑEZ, A.: «Tabla de cubicación de maderas en bolos foliáceas», Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal, La Habana, 1976.
- MUHAIRWE, C. K.: «Taper Equations for *Eucalyptus Pilularis* and *Eucalyptus Grandis* for North Coast in New South Wales, Australia», *Forest Ecology and Management* 113 (1999):251-269, 1998.
- PRODAN, ET AL.: *Mensura forestal*, Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura (IIICA), 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, Temuco, Chile, 2001.
- SIGARROA, A.: *Biometría y diseño experimental*. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1985.