

ECUACIONES DE VOLUMEN DE MADERA EN BOLO PARA DOS UNIDADES SILVÍCOLAS DE LA CIÉNAGA DE ZAPATA

DR. PEDRO P. HENRY TORRIENTE,¹ DR. JUAN M. GARCÍA DELGADO,¹
DR. ANDRADE FERNANDO EGAS² Y DR. OSVALDO FOSADO TÉLLEZ²

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

² Universidad de Pinar del Río. Calle Martí Final no 270 esq. a 27
de Noviembre, Pinar del Río, Cuba.

RESUMEN

*En este trabajo se brindan por primera vez ecuaciones para la estimación local del volumen de madera en bolo de las especies latifolias en Cuba, *Lysiloma latisiliquum* Benth (soplillo) y *Calophyllum antillanum* Britton (ocuje) en dos unidades silvícolas de la Empresa Municipal Agropecuaria Victoria de Girón, provincia de Matanzas.*

El ajuste de los datos utilizando el análisis de regresión y el resultado de la validación permitió seleccionar para ambas especies los modelos definidos a partir del diámetro en la base y el largo para ser utilizada en la práctica productiva. Estas ecuaciones tuvieron coeficientes de determinación superiores a 90% y bajos errores estándares estimados; por otra parte, desviaciones globales fueron inferiores en ambos casos a 5%.

Al comparar las ecuaciones seleccionadas con la tabla utilizada en la producción se pudo observar que esta última alcanzó sesgos superiores al 11% para la especie soplillo, y del 7% para el ocuje, aspecto que reafirma la elección del modelo propuesto.

Palabras clave: tablas de volumen, mensura

ABSTRACT

*In this work they are offered equations for the first time for the local estimate of the wooden volume in skittle of the species *Lysiloma latisiliquum* Benth (fan) and *Calophyllum antillanum* Britton (ocuje) in two Forest Units of the EMA Victoria of Girón, of Matanzas Province.*

The adjustment of the data using the regression analysis and the result of the validation allowed to select for both species, the defined models starting from the diameter in the base and the long one to be used in he/she practices it productive. These equations had superior coefficients of determination to 90% and low estimated errors standard, on the other hand global deviations were inferior in both cases to 5%.

When comparing the equations selected with the chart used in the production one could observe that this it finishes it reached superior biases to 11% for the species fan and of 7% for the ocuje, aspect that reaffirms the election of the proposed pattern.

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

INTRODUCCIÓN

La Empresa Municipal Agropecuaria Victoria de Girón, perteneciente al

municipio de Ciénaga de Zapata, se encuentra al sur de la provincia de

Matanzas, y tiene una extensión de 477 778 ha de bosques, de las cuales 26,8% (128 000 ha) son productoras. Actualmente se halla estructurada en seis unidades silvícolas, en las que resaltan las de Buena Ventura y Santo Tomás, que son las mayores productoras de madera en bolo con destino a la industria del aserrado.

Las especies *Lysiloma latisiliquum* Benth (soplillo) y *Calophyllum antillanum* Britton (ocuje) son dos de las principales especies comerciales que se encuentran en estos bosques, superando los 5 000 m³ anuales la producción de madera en bolo con destino a la industria. Para la estimación de los volúmenes se utilizan fórmulas que no tienen en cuenta las características de los fustes, además de ser en muchos casos de escasa exactitud. Por tanto, se hace necesario disponer de herramientas más exactas que permitan una mayor aproximación al volumen real.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental obtener ecuaciones para la estimación del volumen de madera en bolo de las especies *Lysiloma latisiliquum* Benth (soplillo) y *Calophyllum antillanum* Britton (ocuje), utilizando modelos estadísticos matemáticos de análisis de regresión. Con la elección del mejor modelo elaborarán tablas de volumen local para cada una de las especies en las diferentes unidades silvícolas estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló en dos unidades silvícolas de la Empresa Mu-

nicipal Agropecuaria Victoria de Girón, perteneciente al municipio de Ciénaga de Zapata. Los datos para la obtención de los modelos se tomaron de un muestreo al azar, en el que se seleccionaron un total de 210 bolos, 140 de *Lysiloma latisiliquum* de ambas unidades y 70 de *Calophyllum antillanum* de la unidad silvícola Buena Ventura. Los fustes se obtuvieron de los bosques naturales destinados a la tala selectiva. En cuanto al total de datos tomados, Prodan *et al.* (1997) plantean que contrariamente a lo que ocurre cuando se desea seleccionar una muestra para estimar un parámetro determinado, no existe en el caso de regresiones una expresión explícita para determinar el tamaño de la muestra (*N*) de árboles tipo necesarios para obtener una precisión dada. Cuanto mayor sea el número, más precisa será la estimación.

Se midió a cada uno de los bolos de la muestra el diámetro con corteza y sin ella, cada 50 cm en los primeros 3 m de longitud y cada 1 m en la porción restante, así como la longitud total en metros. El volumen total con corteza y sin ella se determinó a través de la sumatoria de los volúmenes reales de cada una de las secciones calculadas con la fórmula de Smalian.

En total se probaron 15 modelos estadísticos matemáticos transformados y sin transformar de simple, doble y triple entrada, los que estaban compuestos por las variables dependientes volumen con corteza y sin ella, y las independientes diámetro en la base (extremo superior), centro (mitad de largo), rabiza (extremo

inferior) y sus diferentes transformaciones. Su ajuste se hizo por análisis de regresión utilizando el paquete estadístico SPSS, versión 10. Los modelos empleados como base para el ajuste fueron los siguientes:

$$V_{bsc} = a + b \times dbcc$$

$$V_{bsc} = a + b \times dbcc + c \times L$$

$$V_{bsc} = a + b \times dbcc + c \times L + d \times drcc$$

$$V_{bsc} = a + b \times drcc + c \times L$$

donde:

V_{bcc} : Volumen con corteza (m^3)

V_{bsc} : Volumen sin corteza (m^3)

$drcc$: Diámetro en rabiza con corteza (cm)

L : Longitud del bolo (m)

$dbcc$: Diámetro en la base con corteza

a, b, c, d : Coeficientes de regresión

La calidad de los modelos se valoró a través de los estadígrafos fundamentales, el coeficiente de determinación y la desviación estándar de los residuales. El mayor coeficiente de determinación total y la más pequeña desviación estándar observados en los valores de los volúmenes indican cuál de las ecuaciones de volúmenes probadas producen mejor ajuste [Alder, 1980; Aldana, 1994]. A las ecuaciones seleccionadas se les calculó el índice de fúrnival. Este índice los hace comprables al situarlos conceptualmente en el mismo plano muestral. Para realizar la validación del modelo seleccionado se cubicaron un total de 70 bolos de soplillo y 35 de ocuje, para los cuales se utilizó el criterio de desviaciones globales (DG) (sesgo) y promedio (DP) (precisión).

Los datos obtenidos fueron empleados en el cómputo del sesgo y preci-

sión de la libreta de cubicación de madera en bolo para especies foliáceas Ibáñez (1976), y la tabla de cubicación de madera en rollo y rollizas tropicales Pino (1991), las que se utilizan actualmente para estimar el volumen en la producción, además de compararse con las fórmulas convencionales de Smalian y Newton.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se probaron todos los modelos señalados. Los de transformación logarítmica fueron los que presentaron mejores indicadores de ajuste. Por tanto esta fue la base fundamental para elegir las ecuaciones en cada una de las especies y unidades silvícolas. Aunque no se eligieron modelos con variables dependientes sin transformar, hay que decir que algunos reflejaron coeficientes de determinación aceptables y baja desviación estándar de los residuales; pero tales modelos quedaron rezagados con respecto a los logarítmicos, y no cumplieron además con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que se estima que no son factibles para la predicción del volumen al no cumplir con este supuesto del análisis de regresión. En trabajos reportados por Báez (1988) y Gra (1990) para árboles en pie de *Casuariana equisetifolia* Fors y *Pinus caribaea* respectivamente, y trabajos para madera en rollo de *Pinus caribaea* realizados por Egas *et al.* (1997) y Egas (1998), las ecuaciones de transformación logarítmica han dado muy buenos resultados, para ser elegidas como mejores modelos en todos los casos.

En las *Tablas 1 y 2* se reflejan las ecuaciones de mejores estadísticos de ajuste para la especie *soplillo* en cada una de las unidades silvícolas. Dentro de ellas resaltan las ecuaciones logarítmicas con corteza y sin ella que presentan coeficientes de determinación entre 91 y 96%, los que son comparables con los de Báez (1988) y Peñalver (1991) para

árboles en pie de *Casuarina equisetifolia* y *Eucalyptus* sp. respectivamente. Estos resultados son también comparables con lo obtenido por Henry y Quijera (1997) y Egas (1998) para la cubicación de madera en bolo de *Pinus caribaea* en la provincia de Pinar del Río, al obtener coeficientes de determinación por encima del 90%.

TABLA 1
Resultados de las ecuaciones de mejores indicadores de ajuste de *Lysiloma latisiliquum* Benth (soplillo) en la unidad silvícola Santo Tomás

No.	Ecuaciones	R ²	IF
5	$Vbcc = -0,551306 + 0,016552 \times dbcc + 0,057255 \times L$	0,865	0,057
6	$Vbcc = -0,690467 + 0,009090 \times dbcc + 0,071875 \times L + 0,01370 \times drcc$	0,924	0,043
7	$Vbsc = -0,489597 + 0,014818 \times dbcc + 0,050757 \times L$	0,862	0,052
8	$Vbsc = 0,0614269 + 0,00811 \times dbcc + 0,06389 \times L + 0,012354 \times drcc$	0,922	0,039
9	$LNVBcc = -8,67465 + 1,76424 \times LN(dbcc) + 0,75688 \times LN(L)$	0,914	0,0398
10	$LNVBcc = -9,35521 + 1,03024 \times LN(dbcc) + 0,93972 \times LN(L) + 0,9477 \times LN(drcc)$	0,969	0,0238
11	$LNVBsc = -8,68965 + 1,74237 \times LN(dbcc) + 0,75062 \times LN(L)$	0,911	0,0363
12	$LNVBsc = -9,36927 + 1,00938 \times LN(dbcc) + 0,93320 \times LN(L) + 0,94644 \times LN(drcc)$	0,966	0,0223

TABLA 2
Resultados de las ecuaciones de mejores indicadores de ajuste de *Lysiloma latisiliquum* Benth (soplillo) en la unidad silvícola Buena Ventura

No.	Ecuaciones	R ²	IF
13	$Vbcc = -0,474570 + 0,014666 \times dbcc + 0,054077 \times L$	0,845	0,052
14	$Vbcc = -0,610405 + 0,008905 \times dbcc + 0,068600 \times L + 0,01135 \times drcc$	0,901	0,041
15	$Vbsc = -0,450959 + 0,013914 \times dbcc + 0,048436 \times L$	0,846	0,048
16	$Vbsc = -0,575101 + 0,008650 \times dbcc + 0,061708 \times L + 0,01038 \times drcc$	0,90	0,038
17	$LNVBcc = -8,45830 + 1,71351 \times LN(dbcc) + 0,71839 \times LN(L)$	0,917	0,0402
18	$LNVBcc = -9,30210 + 0,98042 \times LN(dbcc) + 0,98916 \times LN(drcc) + 0,93048 \times LN(L)$	0,939	0,0299
19	$LNVBsc = -8,84208 + 1,79503 \times LN(dbcc) + 0,70954 \times LN(L)$	0,913	0,0371
20	$LNVBsc = -9,65768 + 1,08644 \times LN(dbcc) + 0,91454 \times LN(L) + 0,9560 \times LN(drcc)$	0,937	0,0274

En este trabajo se estudia la posibilidad de unir datos para hacer una ecuación para la misma especie en diferentes zonas. En la *Tabla 3* se

pueden apreciar los resultados de la prueba de hipótesis llevada a cabo para el volumen sin corteza de los bolos de la especie *Lysiloma latisiliquum*

en las unidades silvícolas objeto de estudio Santo Tomás y Buena Ventura. Los valores indican la no existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las

medias de volúmenes, para un nivel de significación del 5%; por tanto, es recomendable tratar a esta especie bajo una misma ecuación de regresión.

TABLA 3
Prueba de hipótesis para los volúmenes de ambas unidades silvícolas

Parámetros	Santo Tomás		Buena Ventura
Media	0,412797507		0,383248021
Desviación estándar	0,167753632		0,132674029
N		70	
Diferencia (volumen)		0,02954949	
Diferencia desviación estándar		0,23840362	
T		1,03701755	
Grados de libertad		69	
Probabilidad		0,30334832	

En la siguiente tabla se pueden observar los modelos determinados para la especie soplillo en ambas zonas de estudio. Los resultados de los estadísticos de ajuste nos muestra que los coeficientes de determinación en casi todos los casos se mantuvieron muy cercanos al valor de las especies en distintas zonas, y en caso de los transformados logarítmicamente fue-

ron superiores al 90%, lo que demuestra que en la unión de los datos se mantiene una alta explicación del volumen a partir de las variables independientes. Ecuaciones con variables independientes diámetros en ambos extremos del bolo y largo tienen coeficientes de determinación altos, pero requieren más esfuerzo y por tanto son de menor aplicación práctica.

TABLA 4
Resultados de las ecuaciones de mejores indicadores de ajuste de *Lysiloma latisilquum* Benth cuando se combinan los datos de las unidades silvícolas Santo Tomás y Buena Ventura

No.	Ecuaciones	R ²	IF
21	$V_{bcc} = -0,51879 + 0,015711 \times dbcc + 0,056159 \times L$	0,854	0,055
22	$V_{bcc} = -0,657090 + 0,008987 \times dbcc + 0,070730 \times L + 0,01275 \times drcc$	0,913	0,042
23	$V_{bsc} = -0,473557 + 0,014416 \times dbcc + 0,049937 \times L$	0,855	0,050
24	$V_{bsc} = -0,597671 + 0,008382 \times dbcc + 0,063012 \times L + 0,01144 \times drcc$	0,912	0,039
25	$LN_{VBcc} = -8,58356 + 1,74199 \times LN(dbcc) + 0,74192 \times LN(L)$	0,923	0,0417
26	$LN_{VBcc} = -9,33662 + 1,00290 \times LN(dbcc) + 0,93733 \times LN(L) + 0,97264 \times LN(drcc)$	0,957	0,0266
27	$LN_{VBsc} = -8,76536 + 1,76708 \times LN(dbcc) + 0,73403 \times LN(L)$	0,92,4	0,0371
28	$LN_{VBsc} = -9,50215 + 1,04395 \times LN(dbcc) + 0,92522 \times LN(L) + 0,95163 \times LN(drcc)$	0,952	0,0251

TABLA 5

Resultados de las ecuaciones de mejores indicadores de ajuste de *Calophyllum antillanum* Britt (ocuje) en la unidad silvícola Buena Ventura

No.	Ecuaciones	R ²	IF
29	$Vb_{cc} = -0,611001 + 0,017615 \times db_{cc} + 0,056826 \times L$	0,846	0,070
30	$Vb_{cc} = -0,819731 + 0,0099791 \times db_{cc} + 0,072007 \times L + 0,01638 \times dr_{cc}$	0,898	0,058
31	$Vb_{sc} = -0,522172 + 0,015202 \times db_{cc} + 0,049084 \times L$	0,886	0,053
32	$Vb_{sc} = -0,706976 + 0,008274 \times db_{cc} + 0,062525 \times L + 0,008274 \times db_{cc}$	0,886	0,053
33	$LNVB_{cc} = -8,09410 + 1,59273 \times LN(db_{cc}) + 0,76495 \times LN(L)$	0,918	0,049
34	$LNVB_{cc} = -9,26949 + 0,82706 \times LN(db_{cc}) + 1,11035 \times LN(dr_{cc}) + 0,98274 \times LN(L)$	0,96	0,034
35	$LNVB_{sc} = -8,11656 + 1,56787 \times LN(db_{cc}) + 0,75446 \times LN(L)$	0,92	0,048
36	$LNVB_{sc} = -9,30020 + 0,79682 \times LN(db_{cc}) + 1,11816 \times LN(dr_{cc}) + 0,97738 \times LN(L)$	0,94	0,034

La Tabla 5 muestra los indicadores de ajuste para la especie ocuje. Se observa que estos resultados son bastante parecidos al soplillo, con un comportamiento entre el 84 y el 96% para los modelos sin transformar y con transformación logarítmica respectivamente. En cada una de las tablas donde se reflejan los indicadores de ajuste las ecuaciones transformadas tuvieron un mejor comportamiento de sus residuales, y lograron homogeneizar varianzas.

Teniendo en cuenta que el método que se está aplicando a las condiciones de producción para estimar el volumen de madera en bolo es engorroso al requerir el diámetro en el centro del bolo, y también que el método propuesto por Pino (1991) considera tres entradas, el diámetro en ambos extremos y el largo para calcular el volumen de un grupo de bolos se decidió escoger para las dos unidades, y para ambas especies las ecuaciones de dos entradas con transformación logarítmica, que aunque no exhiben coeficientes de determinación e índices de fúrnival

mejores que las ecuaciones de tres variables independientes, sí requieren del diámetro en la base, variable de fácil medición en las condiciones de producción.

Ecuaciones para la especie *Lysiloma latisiliquum*

Ecuación combinada para en ambas zonas

$$LNVC_{cc} = -8,58356 + 1,74199 \times \ln(db_{cc}) + 0,74192 \times \ln(L)$$

$$LNVC_{sc} = -8,76536 + 1,76708 \times \ln(db_{cc}) + 0,73403 \times \ln(L)$$

Ecuaciones para la especie *Calophyllum antillanum*

Buena Ventura

$$LNVC_{cc} = -8,09410 + 1,59273 \times \ln(db_{cc}) + 0,76495 \times \ln(L)$$

$$LNVC_{sc} = -8,11656 + 1,56787 \times \ln(db_{cc}) + 0,75446 \times \ln(L)$$

En las Figs. 1, 2, 3 y 4 se puede observar el comportamiento de los residuales para las ecuaciones obtenidas de las distintas especies. La primera figura nos muestra los residuales de la ecuación sin transformar.

Ambas reflejan una tendencia tipo embudo, por lo que se hace necesario una transformación. La segunda manifiesta los residuos de las transformadas. En ambos casos se puede observar una mayor regula-

ridad en su distribución. Este análisis se hizo para la ecuación del volumen sin corteza que finalmente será utilizada para estimar el volumen en las condiciones de producción.

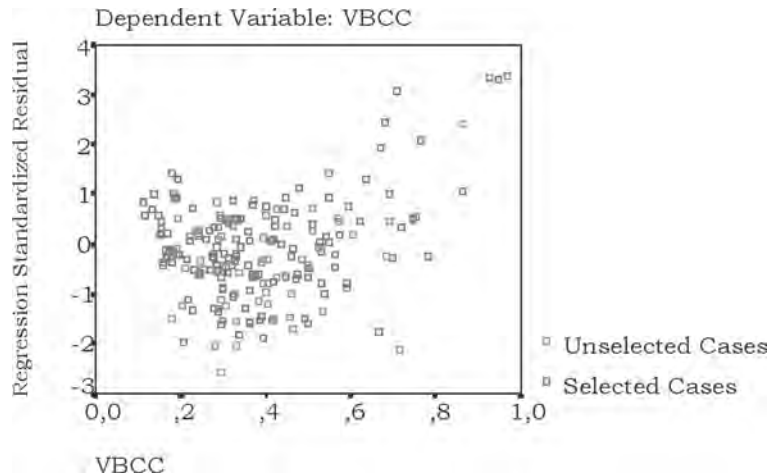


Fig. 1. Comportamiento de los residuales para la especie soplillo en ecuaciones sin transformar.

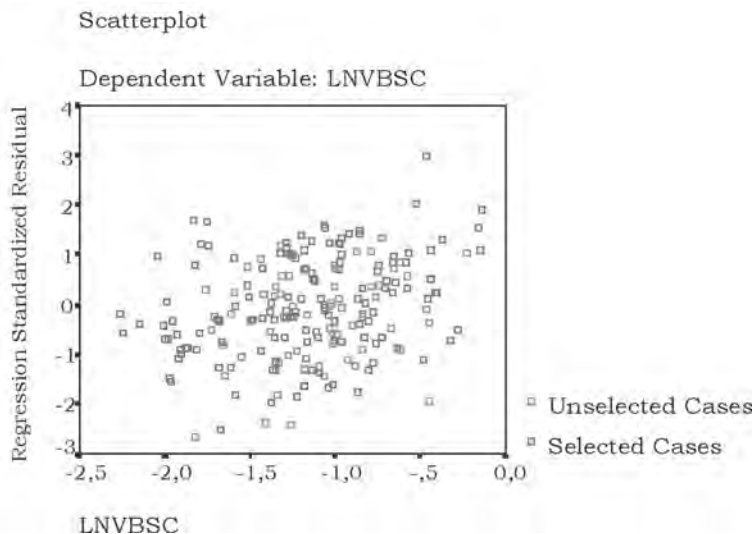


Fig. 2. Comportamiento de los residuales para la especie soplillo en ecuaciones transformadas.

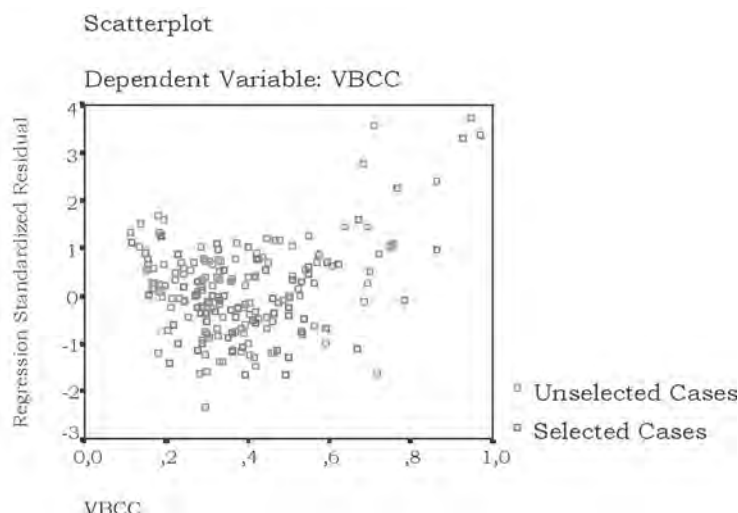


Fig. 3. Comportamiento de los residuales para la especie ocuje en ecuaciones sin transformar.

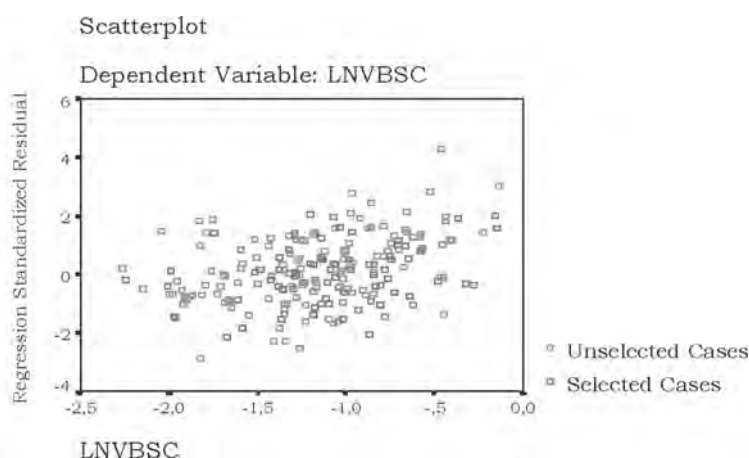


Fig. 4. Comportamiento de los residuales para la especie ocuje en ecuaciones transformadas.

En la *Tabla 6* se reflejan los resultados de las desviaciones globales y promedios obtenidos para ecuaciones seleccionadas cuando son ensayadas con datos independientes. Los sesgos que aquí se muestran se consideran satisfactorios con variaciones generales hasta 4,50% para el soplillo y 1,32% para el ocuje. Evidentemente

los resultados de las desviaciones globales con datos independientes son más altos que los del ajuste, porque se trata de una extrapolación fuera de los datos originales utilizados para el ajuste. Este valor se considera el más importante, ya que refleja el error real con que se subestima o sobrestima el volumen de un grupo de bolos.

Estos resultados fueron algo inferiores a lo obtenido por Egas (1999), que

llegaron a ser para los bolos de *Pinus caribaea* el 5% de la desviación global.

TABLA 6

Resultados de las desviaciones globales y promedios de las ecuaciones para las especies

No.	Ecuaciones	DG	DP
25 soplillo cc	$LNVB_{cc} = -8,58356 + 1,74199 \times LN(dbcc) + 0,74192 \times LN(L)$	4,50	12,11
27 soplillo sc	$LNVB_{sc} = -8,76536 + 1,76708 \times LN(dbcc) + 0,73403 \times LN(L)$	4,40	12,27
33 ocuje cc	$LNVB_{cc} = -8,09410 + 1,59273 \times LN(dbcc) + 0,76495 \times LN(L)$	1,32	9,25
35 ocuje sc	$LNVB_{sc} = -8,11656 + 1,56787 \times LN(dbcc) + 0,75446 \times LN(L)$	1,20	9,90

En cuanto al sesgo y precisión, se consideran que las ecuaciones de cada una de las especies y por unidades silvícolas están entre los parámetros establecidos. La desviación global se comporta entre 1,32 y 4,5% por debajo del 10% de lo planteado por Montalvo [1999, en comunicación personal]. El sesgo indica el error sistemático en que se incurren en las estimaciones, y cuanto más pequeño sea este más cercana estará la media de las predicciones de la media real y viceversa [Patterson *et al.*, 1993c; Wiant *et al.*, 1996, citados por Egas, 1998], y por tanto más cerca estará el volumen estimado del real del grupo de bolos sometido a la cubicación. Por otra parte, la desviación promedio indica la precisión de las estimaciones de Patterson y Armstrong (1994), y cuanto más grande sea este valor, más lejanos estarán del cero los valores de sesgo de cada observación en general, lo que no implica necesariamente que la media de las estimaciones este distante de la media real.

Los resultados de la Tabla 7 reflejan para la especie *Lysiloma latisiliquum*

una eminente superioridad de las ecuaciones de regresión de cada una de las unidades silvícolas, y combinadas con respecto a la libreta de cubicación de madera en bolo foliáceas de 1976, los sesgos de esta llegaron hasta 11,90 %. Con respecto a la tabla de cubicación de madera en rollo y rollizas tropicales de Pino (1991) y fórmula de Smalian, sus sesgos llegaron hasta -14 y -17,84% respectivamente, con un evidente sobrestimación del volumen. Contrariamente a todos los casos, la fórmula de Newton es la que produce mejores predicciones. En caso de la especie *Callophyllum antillanum* para la unidad silvícola Buena Ventura, los resultados de la ecuación seleccionada reflejan también gran ventaja respecto a la tabla de cubicación de madera en bolo de Ibáñez (1976), con sesgos de 7,04%. En las fórmulas de diámetro promedio de Pino (1991) y Smalian sus sesgos varían entre -18,80 y -24,98% respectivamente, lo que evidenciaría una gran sobrestimación del volumen de madera en bolo. Al comparar los sesgos obtenidos por la especie soplillo y la

de ocuje, se observa que la última tiene valores inferiores, lo que se debe en gran medida a una mejor conformación del fuste desde el punto de vista natural. En general los sesgos obtenidos por la fórmula de Smalian son inferiores a lo obtenido por Egas (1998), y tienen una reper-

cusión negativa en la estimación del volumen de madera, al sobrestimar el volumen real en todos los casos. Por último, la libreta de cubicación de madera 1976 obtiene sesgos muy superiores a lo obtenido por Egas (1998), al subestimar el volumen hasta 13,37%.

TABLA 7

Comparación de la ecuación seleccionada con los diferentes métodos de cubicación de madera en bolo utilizando datos para la validación

	Ecuación P		Tabla 76		Fórmula de Newton		Fórmula de Smalian		Tabla 91	
Especie	DG	DP	DG	DP	DG	DP	DG	DP	DG	DP
Soplillo	4,40	12,11	11,89	12,6	0,32	4,2	-16,8	17,39	-13,2	14,1
Ocuje	1,20	12,42	7,04	10,45	-6,57	6,57	-24,98	24,98	-18,80	18,80

CONCLUSIONES

- A partir de la unión de los datos de las diferentes unidades se determinaron más adecuadas para la predicción del volumen de madera en bolo con corteza de la especie *Lysiloma latisiliquum* y sin ella las siguientes en la zona de Santo Tomás y Buena Ventura:

$$LNVB_{cc} = -8,58356 + 1,17419 \times LN(dbcc) + 0,74192 \times LN(L)$$

$$LNVB_{sc} = -8,76536 + 1,76708 \times LN(dbcc) + 0,73403 \times LN(L)$$

- Las ecuaciones que resultaron ser mejores para estimar el volumen de madera en bolo de la especie *Callophyllum antillanum* en la unidad silvícola Buena Ventura son las siguientes:

$$LNVB_{cc} = -8,09410 + 1,59273 \times LN(dbcc) + 0,76495 \times LN(L)$$

$$LNVB_{cc} = -8,11656 + 1,56787 \times LN(dbcc) + 0,75446 \times LN(L)$$

- Se recomienda elaborar una ecuación para cada una de las especies en toda la empresa y estudiar la posibilidad de una sola ecuación para todas las especies.
- Se recomienda utilizar la variable conicidad dentro de los modelos para valorar su aporte a la exactitud de la ecuación.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA ET AL.: *Manual de dasometría*, Ed. Félix Varela, La Habana, 1994.
- ALDER, D.: «Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial en los trópicos», Estudios de la FAO, Montes 22/2, Roma, 1980.
- BÁEZ, R.: «Estudios dasométricos de plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Fors en suelos cenagosos de la provincia de La Habana». Tesis en opción al grado científico de candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria de La Habana, 1988.
- Comunicación personal con el Ing. Juan Miguel Montalvo Guerrero, investigador y especialista

- en Silvicultura del Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana, mayo, 1999.
- 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 en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 1998.
- GRA ET AL. (1992): «Estudio dasométrico de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Distribución de frecuencia», revista *Baracoa* 22 (3):89-95, 1992.
- IBÁÑEZ, A.: «Tabla de cubicación de maderas en bollos foliáceas», Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal, La Habana, 1976.
- OKOE, P.; M. QUIJERA: «Consideraciones para el perfeccionamiento de la cubicación y aserrado de la madera en el establecimiento Rigo Fuentes de la EFI Costa Sur». Trabajo de Diploma, Universidad de Pinar del Río, Cuba. 1997.
- PATTERSON, D. W.; H. V. WIA NT, JR.; G. B. WOOD: «Log Volume Estimations. The Centroid Method and Estandar formulas», *Journal of Forestry* 91(8):39-41, 1993c.
- PATTERSON, D. W.; J. P. ARMSTRONG: «Predicting Equations for Determining Board Foot Recovery from Bolter Saw Bolts», *Forest Products Journal* 44(4):40-42, 1994.
- PEÑALVER, A. R.: «Estudios de crecimiento y de rendimiento de las plantaciones de *Eucaliptus* sp. de la provincia de Pinar del Río». Tesis en opción al grado científico de Candidato a Doctor en Ciencias Forestales, 1991.
- 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.
- WIA NT, H. JR. ET AL.: «Comparison of Formulas for the Estimating Volume of Butt Logs of Appalachian Hardwood North», *J. Appl. For.* 13(1):1-3, 1996.