

Perfeccionamiento de las tablas de cubicación de trozas de *Pinus occidentalis* Sw. en el Plan Sierra, República Dominicana

Santiago Bueno López, Juan Miguel Montalvo Guerrero
Juan Manuel García Delgado, Juan Gilberto Torres Herrera

El Plan Sierra en República Dominicana cuenta con dos aserraderos (uno de ellos portátil) y se encuentra en proceso de fortalecer su industria de aserrado. Con la reubicación de un centro que está desactivado y la adquisición de otros permitirá dar respuesta a la salida de madera redonda que origina un bosque bien manejado, desde el punto de vista silvicultural.

Investigar y determinar nuevas vías para el perfeccionamiento de la elaboración primaria de la madera, su cubicación y calidad, son vías que, conjuntamente con un manejo adecuado, permitirán dar respuesta al uso racional de la materia prima.

La estimación del volumen de madera dedicada para la industria requiere una esmerada atención, por cuanto, según Brian *et al.* (1977) su objetivo es caracterizar la madera en rollo, de tal forma que se tenga en cuenta los factores de costo y del valor, y que éstos puedan ser transferidos y controlados en cualquier etapa del proceso.

Las investigaciones realizadas en el campo de la cubicación (Egas 1998) se pueden dividir en dos grupos: las que se relacionan con la cubicación de la madera en bolo¹ y las que lo hacen con la madera en trozas.

Para el Plan Sierra tiene importancia el segundo caso referido a la cubi-

cación de las trozas, atendiendo a que la tecnología de transporte y acopio exigen trabajar con limitaciones en el largo de las trozas, el cual generalmente no sobrepasa los 5,5 m (18 pies).

La tabla de cubicación de trozas de *Pinus occidentalis* Sw. que se utiliza en el Plan Sierra se obtuvo a principios de la década del 90, a partir de mediciones realizadas en el Proyecto La Celestina. El desarrollo manifestado por el Plan Sierra ha permitido ampliar el empleo de dichas tablas a zonas con características edafoclimáticas diferentes a las que inicialmente les dieron origen.

Esto obligó a determinar nuevas tablas de cubicación de las trozas que basan sus datos en una toma de muestra lo suficientemente representativa de una población que caracteriza las nuevas condiciones de trabajo del Plan Sierra. Por ello, el objetivo del

El Plan Sierra, en República Dominicana, trabaja en procura de la utilización razonable y consecuente de los recursos del bosque, por ello fortalece su gestión mediante la profundización constante de la calidad y precisión de los planes de manejo en las áreas que son de su atención. La cubicación de trozas es de gran importancia dentro de un bosque para cubicar los árboles talados y trozados y comprobar las intensidades de cortas; en las "vacadillas" o "acopiaderos" es determinante para controlar la producción diaria y la salida de madera para los diferentes consumidores; así como para la obtención de indicadores productivos confiables para medir la eficiencia de la industria maderera. El Plan Sierra cuenta con una tabla de cubicación de trozas, elaborada para el proyecto La Celestina y con el desarrollo del Plan se ha ido extendiendo su empleo a otras zonas, por lo que en estos momentos requiere una actualización. Justamente por esto, se realizó el presente estudio.

presente trabajo es determinar la ecuación de regresión que posibilite elaborar las tablas de volumen y su comparación, desde el punto de vista estadístico, con la utilizada en este momento.

Metodología

La actividad socioeconómica del Plan Sierra abarca las cuencas Mao, Bao y Ámina. Hoy la industria forestal se concentra en la Cuenca Ámina, que suministra la materia prima al aserradero La Celestina y al pequeño aserradero portátil.

Pinus occidentalis tiene una amplia distribución en la cuenca Ámina, por ello para la investigación se tomaron muestras de zona húmeda (Carrizal), zona intermedia (Los Montones) y zona seca (La Celestina).

Se midieron en vacadilla (acopiadero o cargadero) 497 trozas con largos de 2 m hasta 9 m, con diámetros

de 13 cm hasta 39 cm, tomados en el diámetro menor de las trozas. Esta medición del diámetro menor se realizó para facilitar su medición en condiciones de producción y para que los procesos de optimización del aserrado que se puedan realizar en el futuro trabajen a partir de este diámetro.

Se cubicaron todas las trozas cada metro mediante la fórmula de Smalian, recomendada por Calliez (1980). Para obtener la ecuación de mejor ajuste se utilizaron los siguientes modelos:

$$VT_c = a * d^b * h^c$$

$$VT_c = a + d^2 * h$$

donde:

VT_c = volumen total con corteza; a, b y c son coeficientes del análisis de regresión; d: diámetro menor de la troza; h: longitud de la troza.

La elección del mejor modelo se efectuó a partir de la comparación de los siguientes estadígrafos:

- Coeficiente de determinación (R^2).
- Error típico de la regresión (S_{yx}).
- Desviación global (%).

Se efectuó una comparación entre el volumen calculado a partir de la ecuación de regresión seleccionada y los calculados a partir de la tabla que se utiliza actualmente.

Resultados y discusión

El primer modelo se refiere al determinado por Gra y Col (1990), Montalvo (1991) y Peñalver (1990) para diferentes especies de coníferas y latifolias de Cuba, demostrando sus posibilidades para ser utilizado en condiciones de producción. El segundo fue el empleado por Vásquez y Cuevas (1986) para determinar la tabla de cubicación de árboles en pie, que está vigente en el Plan Sierra y que fue determinado a partir de una muestra de la población del Proyecto La Celestina.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de regresión para los dos modelos, donde el segundo demuestra mejores valores en los tres estadígrafos analizados, fundamentalmente en los referidos al error típico de la regresión y en la desviación global.

Para el caso de las trozas, el resultado demuestra que a diferencia de lo esperado y demostrado por diferentes autores para los árboles en pie (Mon-

talvo y Col 2000, Calliez 1980 y Gra y Col.1990, entre otros) y para los bolos (Henry 1999), la ecuación logarítmica no es la que más se ajusta para la estimación del volumen de las trozas.

Ya definido el modelo de mejor ajuste se realizó un análisis comparativo entre los datos de volumen calculados a partir del modelo 1 y 2 del Cuadro 1, con la tabla de cubicación utilizada y el volumen real determinado por Smalian. Esta validación de los modelos se realizó a partir de 293 trozas, no incluidas en las 497 tomadas para su determinación.

En el Cuadro 2 se puede definir que en relación con la desviación global el modelo propuesto presenta mejores valores, que lo caracteriza como el de mayores posibilidades en la producción.

Hay que puntualizar que la tabla para la cubicación del volumen de las trozas utilizada actualmente se obtuvo a partir de una muestra de trozas tomada del Proyecto Celestina, y con el desarrollo del Plan se fue generalizando a otras condiciones edafoclimáticas. Sin embargo, otros investigadores, del grupo de técnicos forestales del Plan Sierra, señalan que resultó del empleo de la fórmula normal de volumen multiplicada por un

Cuadro 2. Comparación de los volúmenes calculados a partir de los dos modelos anteriores y la tabla utilizada actualmente.

Datos utilizados	Desviación Global (%)
Tabla actual	4,55
Modelo 1	3,32
Modelo 2	2,41

factor de forma, obtenido a partir de estudios de especies de coníferas europeas. En cualquiera de los casos, es correcto el esperar valores más altos de la desviación global (3).

Conclusiones y recomendaciones

- Para la confección de la tabla de estimación del volumen de las trozas en la Cuenca Ámina del Plan Sierra se sugiere el empleo del modelo obtenido en el presente trabajo: $VT_{cc} = 0,0016075 + 0,00010743 d^2 * h$. Dicho modelo demostró su mayor alcance científico a partir del aporte de mejores estadígrafos.
- A diferencia de otras investigaciones realizadas, el modelo propuesto de variables combinadas presenta mejores ajustes que el del tipo logarítmico, el cual para árboles en pie y madera en bolo ha demostrado mayores bondades.

Cuadro 1. Comparación de los dos modelos utilizados a partir de diferentes estadígrafos.

Modelo ajustado	Ecuación determinada	R^2	S_{yx}	Desviación Global (%)
1	$VT_{cc} = 0,000123 * d^{1,91107} * h^{1,08234}$	97,0	0,1354	3,32
2	$VT_{cc} = 0,0016075 + 0,00010743 d^2 * h$	97,7	0,0301	2,41

Literatura citada

Brian GR; Clutter, JL; Brister, GH. 1977. Measurement difficulties in the log conversion process. Monography N°5. School of Business. Oregon State University, USA. 8pp.

Calliez, F. 1980. Estimación del volumen del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia a los trópicos. Estudio FAO: Montes, 22 (1):92 p.

Vásquez, G; Cuevas, B. 1986. Tabla de volumen local y general sobre *Pinus occidentalis* Sw. para el Proyecto La Celestina, San José de Las Matas. Requisito Parcial para el Título de Ingeniero Agrónomo. ISA-PU-CAMYMA, Santiago de los Caballeros. 58 pp.

Gra, H; Col. 1990. Confección de tablas de índice de sitio, volumen, surtido y densidad para *Pinus caribaea* var. *caribaea*, en plantaciones puras de Cuba. Informe Final Etapa 509.09.24. Instituto Investigaciones Forestales, 24 pp.

Henry Torriente, P. 1999. Tablas para la cubicación de los bolos de *Lysiloma latisiliquum* Benth (soplillo) y *Calophyllum antillanum* Britt (ocuje) en Ciénaga de Zapata. Tesis de maestría en Ciencias, Pinar del Río.

Montalvo, JM. 1991. Confección de tablas de índice de sitio, volumen, surtido y densidad para *Pinus cubensis* Griseb, en plantaciones puras de Guantánamo y Holguín. Informe Final Etapa, IIF, 26 pp.

Montalvo, JM; Bueno, SW; García, JM. 2000. Ecuación para el cálculo del volumen del árbol para *Pinus occidentalis* Sw. en el Plan Sierra, República Dominicana. Plan Sierra.

Peñalver, A. 1990. Estudio del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de Pinar del Río. Tesis de doctorado en Ciencias Agrícolas, CUPR "Hnos. Saiz Montes de Oca". Pinar del Río. 101 pp.

¹ Madera en bolo se refiere a trozas con corteza en las que se secciona un árbol para ser procesado en el aserradero.