

ALTURA TOTAL, DIAMETRO ALTURA DE PECHO Y FACTOR DE FORMA  
PARA *Pinus oocarpa* Schi., EN SIGUATEPEQUE, HONDURAS<sup>1</sup> /

F. CASTAÑEDA\*  
A. JELVEZ\*\*

Summary

*Predicting equations are presented to estimate total tree height, diameter at breast height and form factor for Pinus oocarpa Schi., (Pino ocote), in Siguatepeque, Honduras, C.A. All equations are highly significant at the 0.001 level. They predict parameters which have application in forest inventory tasks and should help the forest technician in obtaining more accurate stand volume estimates.*

Introducción

**T**radicionalmente los forestales hemos usado tablas de doble entrada para determinar el volumen de un árbol o de un rodal. Las variables de predicción que las anteriores emplean son la altura total (H) y el diámetro a la altura de pecho (DAP). A pesar de que este tipo de tablas da estimaciones volumétricas confiables, preferiblemente deberían usarse aquéllas que hayan sido diseñadas para factores de forma individuales. La razón para ello es que dos árboles de diámetros y alturas similares, pero con distintos factores de forma, registrarán distintos valores de volumen.

En el presente trabajo se presentan varios modelos de predicción para tres relaciones dasométricas en *Pinus oocarpa* Schi., (Pino ocote). Las tres relaciones son: H versus DAP, DAP con corteza versus DAP sin corteza y factor de forma (FF) versus DAP cc, DAPsc y H.

Materiales y métodos

Se escogieron al azar 99 muestras circulares representando una superficie de 0.05 de hectárea cada una (radio = 12.62 m). Inicialmente cada muestra fue localizada en fotos aéreas y luego, con la ayuda de las mismas, en el terreno. Las muestras se encuentran en el bosque de la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), Siguatepeque, Honduras, el cual en el pasado ha sido sometido a cortas selectivas severas siendo ahora su composición muy heterogénea. Las siguientes medidas se tomaron a todos los árboles cuyo DAP era igual o mayor de 10 cm: DAP en centímetros a 1.30 m del suelo con forcípulas (dos lecturas promediadas), altura total en metros con el hipsómetro Blume Leiss y grosor doble de la corteza en milímetros con un medidor de corteza. El DAP cc se calculó restándole el grosor al DAP cc.

En total se midieron 886 árboles en las 99 parcelas; ello representa 8.7 unidades por muestra. Los rangos de las medidas fueron: DAP de 10.0 a 77.0 cm con la mayor concentración entre los 20.0 y 45.0 cm, FF de 0.38 a 0.61 y H de 9.05 a 28.11 m. Todas las medidas fueron tomadas por dasónomos con experiencia en el uso del equipo mencionado. El análisis de regresión fue usado para desarrollar las ecuaciones de predicción.

El factor de forma se expresa como el volumen de un árbol dividido por el volumen de un sólido geomé-

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 7 julio, 1984

\* Asistente de Investigación y candidato a Ph.D.; College of Forestry, Wildlife and Range, University of Idaho, Moscow, Idaho 83843

\*\* Ingeniero Forestal, MSF, Alumnus. Actualmente en el Departamento de Industrias Forestales, Universidad de Bío-Bío, Concepción, Chile.

trico cilíndrico de igual diámetro y altura que el árbol que representa (5). El volumen de cada árbol fue calculado usando una ecuación desarrollada anteriormente por FAO (3).

## Resultados y discusión

### I. Relación altura total versus DAP

Primero se empleó el modelo lineal de la forma  $Y = \beta_0 + \beta_1 (X)$  resultando la ecuación:

$$H = 5.232 + 0.456 \text{ DAP} \quad (r^2 = 0.83, S_{y,x} = 1.96 \text{ m}) \quad (1)$$

de donde: H = altura total en m.  
DAP = diámetro con corteza en cm.  
 $S_{y,x}$  = error estándar de lo estimado en las unidades de Y.

A pesar de que el modelo lineal simple ajusta bien la relación, el mismo asume un aumento lineal indefinido en altura por cada unidad adicional de diámetro. La tendencia de la relación en la realidad es ascendente al inicio y luego tiende a nivelarse con un DAP (Figura 1).

Por lo tanto se aplicó el siguiente modelo de regresión parabólico polinomial de segundo grado:

$$H = 0.6212 + 0.9202 \text{ DAP} - 0.0077 \text{ DAP}^2 \quad (r^2 = 0.86, S_{y,x} = 1.85 \text{ m}) \quad (2)$$

Comparando ambas proyecciones en la Figura 1 se puede observar que la relación parabólica tiende a estabilizarse en árboles con un DAP mayor a 60.0 cm, mientras que la lineal sigue su curso indefinido.

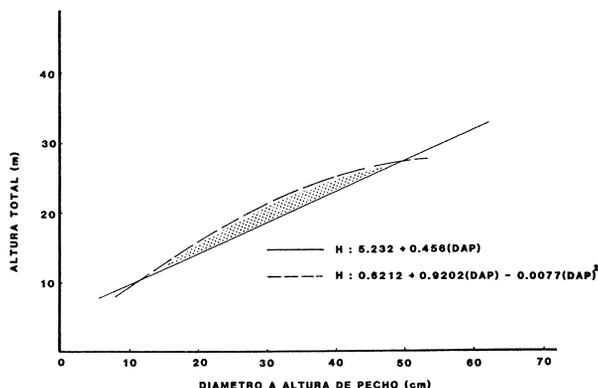


Fig. 1. Relación H/DAP para *Pinus oocarpa*, Schi., (Pino ocote) en Siguatepeque, Honduras.

Trabajos similares se han llevado a cabo para esta especie y los resultados indican que el modelo 2 es el más apropiado para expresar esta relación. Henning mostró una curva "ajustada gráficamente" pudiéndose observar en ella una estabilización en altura similar a la expresada en la Figura 1 (Henning, N., sin publicar). Troensegard (sin publicar) estudió la misma relación para esta especie en el distrito forestal demostrativo en Jutiapa, Olancho, encontrando el mismo modelo polinomial como el más adecuado. En este último caso la curva se estabilizó en árboles con un DAP igual a 57.7 cm. Finalmente Peters (6) demostró que este modelo es el más indicado para coníferas en Guatemala. Por lo tanto se recomienda el uso de la ecuación 2 para estimar alturas en esta especie en el bosque de ESNACIFOR.

### II. Relación DAP sc versus DAP cc

El modelo lineal permite un mejor ajuste en esta relación:

$$\text{DAP sc} = 0.9381 \text{ cc} - 2.73 \quad (r^2 = 0.98, S_{y,x} = 1.9 \text{ cm}) \quad (3)$$

Este modelo es uno de los más fáciles de aplicar para expresar esta relación. Sin embargo, existen otras opciones desarrolladas por Grosenbaugh (4) y usadas con éxito por otros autores (1, 2, 7) las cuales podrían considerarse cuando el modelo lineal no dé predicciones confiables.

### III. Relaciones FF versus DAP y FF versus DAP y H.

Se desarrollaron los siguientes cuatro modelos para estimar el factor de forma:

$$\text{FF} = 0.6567 - 0.0046 \text{ DAP cc} \quad (r^2 = 0.98, S_{y,x} = 0.01), \quad (4)$$

$$\text{FF} = 0.6470 - 0.005 \text{ DAP sc} \quad (r^2 = 0.92, S_{y,x} = 0.02) \quad (5)$$

y

$$\text{FF} = 0.5744 - 0.000002141 \text{ DAP}^2 \text{ H} \quad (r^2 = 0.94, S_{y,x} = 0.02) \quad (6)$$

El modelo 6 puede ser usado cuando sólo se cuenta con tablas de volumen clasificadas según un factor de forma. Si este es el caso, entonces la altura promedio del rodal deberá calcularse para luego obtener así una estimación del FF del mismo. Con esta información se deberá usar la tabla correspondiente.

De la Figura 2 se puede concluir que para árboles con un mismo DAP pero con alturas distintas, el factor de forma fluctúa. Por ejemplo, si se toman dos árboles con un DAP = 40.0 cm y cada uno con alturas de 20.0 y 40.0 metros, los factores de forma (según ecuación 6) serían 0.50 y 0.44 respectivamente. Para esta especie ello debe interpretarse como que entre más pequeño es un árbol (más joven) más cilíndrico es el fuste, y entre más grande es el árbol (más viejo) mayor es su grado de conicidad. La Figura 2 también demuestra que entre mayores son los DAP a medir, mayores serán las diferencias en el FF, aumentando así la necesidad de usar tablas de volumen clasificadas según el factor de forma.

La siguiente ecuación de predicción de FF considera solamente la altura total:

$$FF = 0.5502 + 0.0099 H - 0.000533 H^2 \quad (7)$$

$(r^2 = 0.96, S_{y.x} = 0.012)$

En situaciones cuando sólo se cuenta con mediciones de altura total, esta ecuación puede usarse en vez de la 4 ó la 5, las cuales sólo usan DAP como variable independiente. A modo de comparación se tomaron al azar el DAP y altura de 15 árboles de *P. oocarpa* Schi. Se calcularon las predicciones del FF usando las ecuaciones 4 y 7. Los resultados fueron comparados por una prueba t-student la que indicó que no había diferencia significativa entre los promedios de las predicciones. Además las diferencias en FF entre los dos totales y sus promedios fueron 0.10 y 0.014 unidades del factor respectivamente. Esos valores equivalen a un 3.03 por ciento en cada uno de los casos.

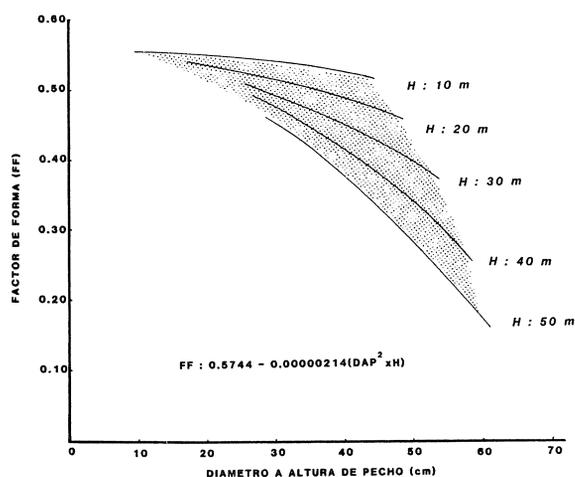


Fig. 2. Relación FF/DAP a distintas alturas para *Pinus oocarpa*, Schi., (Pino ocote) en Siguatepeque, Honduras.

### Conclusiones

Las siete ecuaciones que se presentan son significativas al nivel 0.001. Todas tienen aplicación en trabajos de inventario en los cuales se trata de determinar el volumen de un rodal o de un bosque. La ecuación 6 es la más importante ya que ella ayudará al técnico a obtener estimaciones de volumen más confiables.

A pesar de que las ecuaciones dan estimaciones confiables, el usuario deberá limitar su uso a mediciones que estén dentro de los rangos anteriormente apuntados en este estudio, pero preferiblemente a aquellas que se encuentren dentro de los límites de mayor concentración, según lo demostrado en las Figuras 1 y 2 y en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores de factor de forma para *Pinus oocarpa*, Schi., (Pino ocote) en Siguatepeque, Honduras.

DAP* (cm)	Altura total (m)							
	10	15	20	25	30	35	40	45
10	0.57	0.57						
15	0.57	0.57						
20	0.57	0.56	0.56					
25	0.56	0.55	0.55					
30		0.55	0.54	0.53				
35			0.52	0.51	0.50			
40			0.50	0.49	0.47	0.46	0.44	
45				0.47	0.45	0.43	0.40	
50				0.44	0.42	0.39	0.36	0.34
55					0.38	0.37	0.32	0.29
60					0.35	0.31	0.27	0.23

Ecuación FF:  $0.5744 - 0.00000214 (DAP^2 \times H)$ .

\* Diámetro a altura de pecho.

### Resumen

Se presentan ecuaciones de predicción para estimar la altura total, el diámetro del pecho y la forma, en *Pinus oocarpa* Schi., (Pino ocote), en Siguatepeque, Honduras, C.A. Todas las ecuaciones son significativas a un nivel de 0.001. Ellas predicen condiciones que tienen aplicación de inventarios forestales, debiendo ayudar a los técnicos en la obtención de estimados de volumen más precisos.

## Literatura citada

1. BOEHMER, W. D., and RENNIE, J. C. Predicting diameters inside bark for some hardwoods in Tennessee. *Wood Science* 8(4):209-212. 1976.
2. CASTAÑEDA, F. Converting outside bark to inside bark diameters. Resource inventory notes, BLM-19. 1979. pp. 9-12.
3. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Proyecto de inventario forestal. Boletín informativo No. 3. Honduras, C.A. 1965. 60 p.
4. GROSENBAUGH, L. R. SIX-FORTRAN-4 program for estimates of tree populations from 3-P sampling-tree-measurements. USDA Forestal Service Research Paper PSW-13. 1964. 49 p.
5. HUSCH, B., MILLERS, CH. I. and BEERS, T. W. Forest mensuration. 2 ed. New York, Wiley, 1972. 410 p.
6. PETERS, R. Tablas de volumen para las especies coníferas en Guatemala. Proyecto PNUD/FAO/72/006. Documento de trabajo No. 17. INAFOR. Guatemala. 1977.
7. WIANI, H. and KOCH, C. B. Predicting diameters inside bark from outside bark measurements of some appalachian hardwoods. *Journal of Forestry* 72:775. 1974.

## Notas y comentarios

### Perfume repelente de insectos

Los repelentes de insectos tienen un gran defecto. . . . son hediondos. Untarse el cuerpo con sebo rancio de búfalo, como se usaba durante la colonización del Oeste norteamericano en el siglo XIX, puede mantener en raya a los mosquitos, pero la gente puede apartarse de uno a causa de la hediondez. Sin embargo, una alternativa es tan agradable que ha sido usada por largo tiempo como perfume.

La fragancia de la madera de cedro es agradable, segura y barata. La industria del jabón de algunos países la extrae en gran volumen de la viruta del cedro del Himalaya o "deodar" (*Cedrus deodora*, Pinnacea).

Además, el aceite inhibe a las polillas y escarabajos que mascan las ropas y alfombras. Nadie lo había probado contra insectos transmisores de enfermedades, hasta que tres científicos indios fumigaron a mosquitos de la India (*Anopheles stephensi*) con aspersiones de aceite de madera de cedro.

D. Singh, S. M. Rao, y A. K. Tripathi, del Instituto Central de Plantas Medicinales y Aromáticas, en Lucknow, capital de Uttar Pradesh, India, encontraron que una aspersión de uno por ciento del aceite mataba a los mosquitos (*Naturwissenschaften* vol. 71, p. 264). Y, malas noticias para otros insectos: mata también a las cucarachas y a las moscas.

El mercado para un insecticida a base de madera de cedro podría ser inmenso. Uno de los más populares insecticidas actualmente en el mercado es el piretro, el que, aunque es también extraído de una planta (*Chrysanthemum cinerariifolium*), a menudo deja en el lugar un olor irritante y desagradable. A. G.