

Determinación del Diámetro Altura de Pecho a partir del Diámetro del Tocón de dos especies de Pino en Olancho, Honduras

Froylán Castañeda* y Luis A. Cortés **

INTRODUCCION

Este artículo presenta cuadros y ecuaciones de predicción de diámetro a la altura de pecho (DAP) a partir del diámetro con corteza (Dt) en tocones de distintas alturas para *Pinus caribaea* Morelet, y para *Pinus oocarpa* Schiede. La ecuación de *P. oocarpa* que se presenta, incluye la altura del tocón en centímetros (A) como segunda variable independiente, contrario al trabajo previo reportado por Castañeda y Cortés (1977) para la misma especie. En ese trabajo se usó el Dt como la única variable independiente y por lo tanto se desarrolló una ecuación y una tabla para cada una de las alturas medidas. Este nuevo modelo que se reporta en esta ocasión es más práctico ya que se contaría con una sola ecuación y una sola tabla, además de proveer estimaciones del DAP a partir de cualquier Dt dentro del rango de A de 15 y 61 centímetros.

Mediante el uso de la tabla y de las ecuaciones presentadas será posible estimar el DAP de árboles para así determinar ultimadamente el volumen de madera cortada en la zona.

* Catedrático; Centro Universitario Regional de Litoral Atlántico, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (CURLA); La Ceiba, Honduras, y actualmente con el College of Forestry, Wildlife and Range Sciences, University of Idaho, Moscow, Idaho 83843, U.S.A.

** Ingeniero Forestal, CORFINO, Tegucigalpa, D.C., Honduras.

INFORMACION Y METODOS USADOS

La información de campo fué obtenida en la zona de Jutiapa, Olancho. Quinientos árboles de *P. caribaea* y 348 de *P. oocarpa* fueron medidos. El DAP y el Dt (cm) fueron tomados en cada árbol a las siguientes alturas desde el suelo: 130, 61, 55, 45, 35, 25 y 15 centímetros. Los rangos del DAP fueron de 11.1 a 92.6 cm y de 12.6 a 84.3²cm para *P. caribaea* y para *P. oocarpa* respectivamente. El rango de los diámetros del tocón según la altura aparece en el Cuadro No. 1. Se presentan varias alternativas para aquellos casos en donde no es práctica dejar tocones de la misma altura.

Inicialmente se investigó la posibilidad de usar solamente el Dt para estimar el DAP de *P. caribaea* a esas alturas fijas aplicando el método de cuadrados mínimos. Debido a que la regresión lineal no registró coeficientes de correlación, r, aceptables (Cuadro No. 1), se procedió a usar la relación curvilínea de segundo grado para cada altura:

$$\text{DAP} = \beta_0 + \beta_1 \text{Dt} + \beta_2 (\text{Dt})^2$$

Además se estudió la posibilidad de aplicar el modelo:

$$\text{DAP} = \text{Dt} + \beta_1 \text{Dt} (\text{Log } 1.3/\text{A})$$

según descrito y usado por Andino y Valdéz (1977) en Siguatepeque, Honduras.

Puesto que ninguno de los tres modelos dió resultados aceptables (valores de r de 0.6556 - 0.9256) para esta relación en *P. caribaea*, se consideró aplicar el método de combinación de regresiones lineales desarrolladas previamente (Cuadro No. 1) para cada una de las alturas en una sola ecuación que incluyera A como la segunda variable independiente.

La técnica de combinar ecuaciones ha sido descrita y usada por Wiant (1978). En corto ésta consiste en desarrollar ecuaciones de regresión individualmente para cada una de las alturas (Cuadro No. 1). Luego los valores de las intercepciones (β_0) se grafican versus la altura. En base a esa gráfica preliminar se aplica el modelo de regresión más indicado. Igual procedimiento se lleva a cabo graficando los valores del coeficiente de regresión (β_1) versus la altura. Una vez encontrados los dos modelos más indicados para β_0 y β_1 , las dos ecuaciones se combinan para así

CUADRO No. 1. INFORMACION BASE Y COEFICIENTES DE REGRESION LINEAL USANDO Dt COMO LA UNICA VARIABLE INDEPENDIENTE, *Pinus caribaea* Morelet.²

ESPECIE	ALTURA DEL TOCON (cm)	TAMAÑO DE LA MUESTRA	RANGO DEL DIAM. c.c. DEL TOCON (cm)	COEF. DE REGRESION		COEFICIENTES DE DETERMINACION (r)
				β_0	β_1	
<i>P. caribaea</i>	15	500	15.2-121.6	14.5357	0.5369	0.6556
"	25	"	14.3-118.6	11.4354	0.6277	0.7218
"	36	"	13.8-116.0	8.9253	0.6996	0.7843
"	46	"	13.0-108.2	5.8953	0.7773	0.8577
"	56	"	12.0-104.2	3.2735	0.8450	0.9202
"	61	"	11.8-101.3	3.3012	0.8568	0.9194

²Datos para *Pinus oocarpa* Schiede aparecen en Castañeda y Cortés, 1977.

formar una sola en donde la segunda variable independiente ha sido agregada.

El objetivo de tal combinación es tratar de mejorar la predicción de las ecuaciones desarrolladas inicialmente y a la misma vez mejorar el valor de 'r'. Este procedimiento ha sido usado satisfactoriamente en trabajos de investigación llevados a cabo por Wiant (1975), Wiant y McQuilkin (1976), y Wiant y Castañeda (1977).

RESULTADOS

Los valores de β_0 y β_1 usados para desarrollar las ecuaciones No. 1 y No. 2 para *P. caribaea* aparecen en el Cuadro No. 1. El resultado fue:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 19.66 - 0.35952 A + 0.00138 A^2 & r &= 0.9964 \text{ Ecuación No. 1} \\ \beta_1 &= 0.39439 + 0.01016 A - 0.0000406 A^2 & r &= 0.9987 \text{ Ecuación No. 2} \end{aligned}$$

Ambas ecuaciones son significativas al 10/o con un error estandar de 0.22 cm.

La ecuación combinada resultó ser:

$$\text{DAP} = (19.66 - 0.35952 A + 0.00138 A^2) + (0.3944 + 0.01016 A - 0.0000406 A^2) \text{Dt} \quad \text{Ecuación No. 3}$$

$r = 0.9964 - 0.9974$; error estandar de 0.22 cm.

Para desarrollar la ecuación combinada de *P. oocarpa* se usaron los valores de β_0 y β_1 encontrados previamente por Castañeda y Cortés (1977), pero la combinación no produjo los resultados esperados. Luego de probar otros modelos, se adoptó el siguiente como el más indicado:

$$\text{DAP} = 0.88359 \text{Dt} + 0.10337 A - 4.16485 \quad r = 0.9725 \text{ Ecuación No. 4}$$

Para comprobar la exactitud de la ecuación combinada se procedió a estimar el DAP de los 500 árboles de *P. caribaea* usando la Ecuación No. 3. Los residuales (DAP estimado - DAP medido) se compararon versus cada uno de los residuales encontrados cuando el DAP se estimó usando cada una de las ecuaciones lineales desarrolladas (Cuadro No. 1) individualmente para cada altura.

Los resultados del estudio del promedio de los residuales aparecen en el Cuadro No. 2. Como se puede observar, en cinco de las seis pruebas la Ecuación No. 3 registró los residuales promedios más bajos. Solo para la altura del tocón de 55 cm la ecuación individual registró mejores predicciones.

El Cuadro No. 3 y la Figura No. 1 fueron derivados usando la Ecuación No. 3. La Figura No. 1 se presenta porque puede facilitar la interpolación en aquellas ocasiones cuando valores para una altura de tocón específica no aparecen en la tabla.

CONCLUSIONES

Aunque el residuo promedio, dado $A = 55$ cm. fué más bajo con la ecuación individual que aquel calculado con la Ecuación No. 3, una prueba de t-student demostró que no existe diferencia significativa ($p \leq 0.001$) entre los dos residuales 0.59 y 0.38 cm (Cuadro No. 2). Por lo tanto se recomienda la Ecuación No. 3 como la más indicada en determinar DAP a partir del Dt para alturas de tocones entre 15 y 61 cm en *P. caribaea*.

CUADRO No. 2. ANALISIS DEL PROMEDIO DE LOS VALORES RESIDUALES

ALTURA DEL TOCON EN CENTIMETROS						
ECUACION	<u>15</u>	<u>25</u>	<u>36</u>	<u>46</u>	<u>56</u>	<u>61</u>
RESIDUALES EN CENTIMETROS						
COMBINADA	1.46	1.03	0.89	0.71	0.59	0.26
INDIVIDUALES	1.95	1.38	1.19	0.73	0.38	0.30

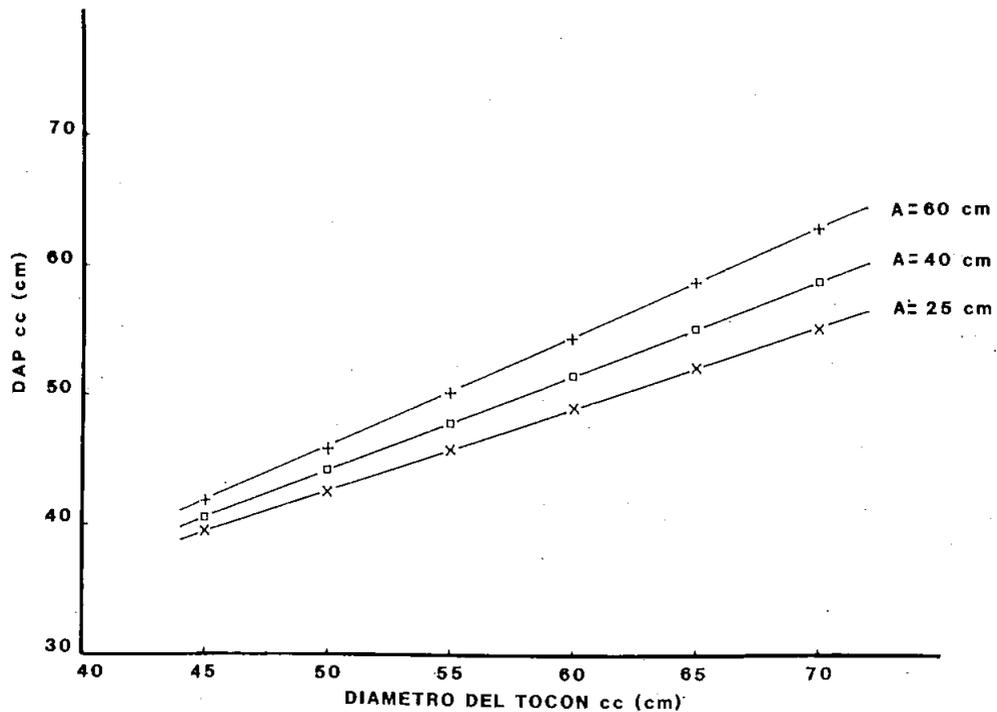


FIGURA No. 1. RELACION DEL DAP Vrs. DIAMETRO DEL TOCON A DISTINTAS ALTURAS DEL MISMO PARA *Pinus caribaea* MORELET, EN SIGUATEPEQUE, HONDURAS.

Observando los valores residuales se puede apreciar que la exactitud de la Ecuación No. 3 aumenta (residuales disminuyen acercándose más a cero) entre más alto es el tocón. Para obtener resultados más confiables y más exactos, el rango del Dt y de A más indicado para la aplicación de la ecuación es de entre 35 y 80 cm y de 25 a 61 cm respectivamente.

USO DEL CUADRO No. 3

El uso del cuadro es sencillo. Si se tiene por ejemplo un tocón de 40 cm de altura con un diámetro de 44 cm. léase el DAP = 39.9 cm en la cuarta columna, quinta línea. Si a una altura de 60 cm el diámetro es 75 cm, entonces el DAP correspondiente sería 67.4 cm. Consecuentemente, si A = 25 cm y el Dt = 75 cm, de DAP sería 58.3 centímetros.

RESUMEN

El artículo presenta cuadros y ecuaciones de regresión usando altura del tocón (A) y diámetro del tocón (Dt) con corteza para estimar el diámetro a altura de pecho (DAP) de dos especies de pino en Honduras; *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus oocarpa* Schiede. Las predicciones de DAP son buenas para tocones con alturas entre 15 y 61 centímetros. Se usó la técnica de combinación de regresiones según descrita por Wiant (1978) para estimar valores de DAP en *P. caribaea*. Sin embargo, el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 Dt + \beta_2 A$ resultó dar mejores estimaciones en *P. oocarpa*. Todas las ecuaciones son confiables a un nivel de significancia del 10/o y el error estandard de lo estimado fué menor de 1.60 centímetros en ambas especies.

SUMMARY

This report presents tables and regression equations using both stump height (A) and stump diameter outside bark (Dt) to predict diameter at breast height (DAP) for two Honduran pine species: *Pinus caribaea* Morelet and *Pinus oocarpa* Schiede. DAP estimates are good for stump heights between 15 and 61 centimeters. A technique of combining regression equations as described by Wiant (1978) was used to estimate DAP values for *P. caribaea*. However, the regular $Y = \beta_0 + \beta_1 Dt + \beta_2 A$ model proved best for *P. oocarpa*. All equations are significant at the 10/o level and the standard errors of the estimate were both under 1.60 centimeters.

CUADRO No. 3 DAP CON CORTEZA ESTIMADO A PARTIR
DEL DIAMETRO CON CORTEZA DE TOCONES DE
DISTINTAS ALTURAS EN *Pinus caribaea* Morelet,
EN OLANCHO, HONDURAS.

DCC DEL TOCON (cm)	ALTURA DEL TOCON (cm)							
	25	30	35	40	45	50	55	60
	DAP .CC EN CENTIMETROS							
40.0	36.5	36.6	36.8	36.9	37.1	37.2	37.3	37.4
41.0	37.1	37.3	37.5	37.7	37.8	38.0	38.1	38.2
42.0	37.7	37.9	38.2	38.4	38.6	38.8	38.9	39.1
43.0	38.3	38.6	38.9	39.1	39.4	39.6	39.8	39.9
44.0	38.9	39.3	39.6	39.9	40.1	40.4	40.6	40.8
45.0	39.6	39.9	40.3	40.6	40.9	41.2	41.4	41.7
46.0	40.2	40.6	41.0	41.3	41.7	42.0	42.2	42.5
47.0	40.8	41.3	41.7	42.1	42.4	42.8	43.1	43.4
48.0	41.4	41.9	42.4	42.8	43.2	43.6	43.9	44.2
49.0	42.1	42.6	43.1	43.5	44.0	44.4	44.7	45.1
50.0	42.7	43.2	43.8	44.3	44.7	45.2	45.6	45.9
51.0	43.3	43.9	44.5	45.0	45.5	46.0	46.4	46.8
52.0	43.9	44.6	45.2	45.8	46.3	46.8	47.2	47.7
53.0	44.6	45.2	45.9	46.5	47.1	47.6	48.1	48.5
54.0	45.2	45.9	46.6	47.2	47.8	48.4	48.9	49.4
55.0	45.8	46.6	47.3	48.0	48.6	49.2	49.7	50.2
56.0	46.4	47.2	48.0	48.7	49.4	50.0	50.6	51.1
57.0	47.0	47.9	48.7	49.4	50.1	50.8	51.4	52.0
58.0	47.7	48.6	49.4	50.2	50.9	51.6	52.2	52.8
59.0	48.3	49.2	50.1	50.9	51.7	52.4	53.1	53.7
60.0	48.9	49.9	50.8	51.6	52.4	53.2	53.9	54.5
61.0	49.5	50.5	51.5	52.4	53.2	54.0	54.7	55.4
62.0	50.2	51.2	52.2	53.1	54.0	54.8	55.5	56.2
63.0	50.8	51.9	52.9	53.8	54.7	55.6	56.4	57.1
64.0	51.4	52.5	53.6	54.6	55.5	56.4	57.2	58.0
65.0	52.0	53.2	54.3	55.3	56.3	57.2	58.0	58.8
66.0	52.7	53.9	55.0	56.1	57.1	58.0	58.9	59.7
67.0	53.3	54.5	55.7	56.8	57.8	58.8	59.7	60.5
68.0	53.9	55.2	56.4	57.5	58.6	59.6	60.5	61.4
69.0	54.5	55.8	57.1	58.2	59.4	60.4	61.4	62.2
70.0	55.1	56.5	57.8	59.0	60.1	61.2	62.2	63.1
71.0	55.8	57.2	58.5	59.7	60.9	62.0	63.0	64.0
72.0	56.4	57.8	59.2	60.5	61.7	62.8	63.8	64.8
73.0	57.0	58.5	59.9	61.2	62.4	63.6	64.7	65.7
74.0	57.6	59.2	60.6	61.9	63.2	64.4	65.5	66.5
75.0	58.3	59.8	61.3	62.7	64.0	65.2	66.3	67.4

CUADRO BASADO EN 500 ARBOLES. ECUACION DE
PREDICION:

$$DAP = (19.6601 - 0.3595 A + 0.00137 A^2) + (0.3944 + 0.01016 A - 0.000041 A^2)Dt$$

ERROR ESTANDAR DE LO ESTIMADO: ± 0.22 cm

LA ECUACION ES SIGNIFICATIVA AL NIVEL 1 α /o.

BIBLIOGRAFIA

ANDINO, C. A. y C. VALDEZ. Ecuación para obtener DAP con certeza a partir del diámetro del tocón (*Pinus oocarpa* S. y *P. pseudostrobus* L.). Tesis de Dasónomo. Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras, C. A. 1977. Sin Publicar.

CASTAÑEDA, F. y L. A. GORTES. Relación diámetro a altura de pecho versus diámetro del tocón de *Pinus oocarpa* Schiede, en Olancho, Honduras. CEIBA 21(1):1-8. 1977.

WIANT, H. V. A technique for combining related regresions into one equation. USDI Bureau of Land Management. Resource Inventory Notes BLM 16:5. 1978.

_____. Schnur's site index curves for upland oaks formulated. *Jor. For.* 73:429. 1975.

_____ and F. CASTAÑEDA. Mesavage and Girard's volume table formulated. USDI Bureau of Land Management. Resource Inventory Notes BLM 4:4. 1977.

_____ and R. A. MCQUILKIN. Formulas for site index prediction tables for oak in Missouri. USDA For. Service, Res. Note NC-200. 1976.