

¿Cómo determinar volúmenes de árboles en bosques jóvenes?

Es necesario contar con una tabla de volumen de bosque joven generada a partir de un número adecuado de árboles representativos de varios sitios. Este artículo muestra la metodología aplicada en Honduras para determinar volúmenes de árboles jóvenes de *Pinus oocarpa*.

Jorge Rolando Meza P

Resumen

En este estudio se presentan tres ecuaciones para estimar volúmenes de árboles de bosques jóvenes de *Pinus oocarpa* en Honduras. La primera, estima el volumen total sin corteza, la segunda estima el volumen sin corteza a un índice de utilización de 10 cm y la tercera se emplea para un índice de utilización de 5 cm. Para poder presentar estas ecuaciones se muestrearon 323 árboles en los Departamentos de Francisco Morazán, Olancho, Yoro y Comayagua, en la región Centro Oriental de la República de Honduras.

Summary

The study shows three equations to estimate volumes of trees for young stands of *Pinus oocarpa* in Honduras. The first one estimates total volume without bark, the second one estimates volume at an index of utilization of 10 cms and the third one for an index of 5 cm.

323 trees were measured in the departments of Francisco Morazán, Olancho, Yoro and Comayagua, in the Republic of Honduras.

Palabras clave: *Pinus oocarpa*; volumen, medición, tablas de cubicación, Honduras

Honduras cuenta con tablas para calcular el volumen de árboles individuales y las mismas se aplican a los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) entre 10 cm y 26 cm. El rodal se considera como bosque joven (P0 o C2 según nomenclatura utilizadas por el Servicio Forestal Hondureño) si tiene estas dimensiones y el cálculo del volumen para este estrato se realiza utilizando tablas de volumen generadas de un número pequeño de unidades muestreadas (76 árboles) elaboradas para la región de Comayagua, en la parte central de Honduras.

A partir de marzo de 1995 entran en vigencia las normas técnicas y reglamentarias para la metodología simplificada de planes de manejo forestal de la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR), por lo que es necesario contar con una tabla de volumen de bosque joven generada a partir de un número adecuado de árboles representativos de varios lugares. El presente documento es el resultado del trabajo desarrollado en varios sitios de las regiones forestales de la zona centro oriental del país, donde se muestrearon 323 árboles de la especie *Pinus oocarpa*.

El objetivo de este trabajo realizado por la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESCANCIFOR) fue la construcción de una tabla de volumen que tenga aplicación para el género *Pinus oocarpa* de Honduras, generada a partir de 323 unidades muestrales (árboles) de al menos dos sitios repre-





Los bosques jóvenes de *Pinus oocarpa* se ubican en un amplio cinturón que comprende los departamentos de la región Centro Oriental de Honduras. (Foto: J. Meza).

sentativos Francisco Morazán, Olancho, Yoro y Comayagua.

Revisión de literatura

Varios estudios realizados en el país han servido para elaborar ecuaciones de volumen. El Proyecto de Inventario Forestal ejecutado por la FAO, (Secretaría de Recursos Naturales 1963) elaboró una tabla de volumen con base en la medición de 649 árboles y la ecuación resultante fue la siguiente:

$$V = 0,31945 \times D^{1,721} \times H^{1,088}$$

Esta ecuación usa el diámetro a la altura del pecho sin corteza (DSC), lo cual constituye una desventaja, pues obliga a medir el espesor de corteza por árbol. El diámetro y la altura total (H) están expresadas en decímetros y el volumen total (V) en decímetros cúbicos. Ecuaciones más recientes usan el dap con corteza en centímetros, la altura total en metros y el volumen en metros cúbicos que es la norma más usada.

En 1977, Reid y Collins (COHDEFOR 1977) elaboraron para el Proyec-

to de Pulpa y Papel en los bosques de Olancho la siguiente ecuación de volumen total:

$$V = 0,000050517 \times D^{1,89838} \times H^{0,92035}$$

Cornelio Groothoussen, basándose en el muestreo de 76 árboles medidos en la Unidad de Manejo Las Lajas, Comayagua, elaboró en 1979 dos ecuaciones: una para predecir volumen comercial hasta un índice de utilización (IU)1 de 7.5 cm; y otra para predecir volumen total. IU es el índice de Utilización Mínimo o Diámetro Mínimo de Punta que se aprovecha de un árbol tumbado. Ambas fórmulas son aplicables a árboles pequeños con dap de 10 a 25 cm. Las ecuaciones en referencia son las siguientes:

$$V = 0,000248 (D^2 \times H)/10 - 0,013;$$

donde:

$$V = \text{volumen comercial hasta 7,5cm}$$

$$V = -0,0094 + 0,000282 \times (D^2 \times H);$$

donde:

$$V = \text{Volumen total (COHDEFOR 1979)}$$

A partir de 1979, el Departamento de Bosques de COHDEFOR- después de un estudio comparativo- recomendó a las regiones forestales el uso de las tablas de volumen elaboradas por el Proyecto PNUD/FAO/GUA/72/006 de Guatemala (Peters 1977). Estas ecuaciones de volumen (bosque maduro) se basaron en la medición de 265 árboles y son las siguientes:

$$\text{Volumen total: } V = 0,02682 + 0,00002815 (D^2 H)$$

$$IU = 10 \text{ cms } V = 0,01168 + 0,00002742 D^2 H$$

$$IU = 15 \text{ cm } V = 0,04843 + 0,00002799 D^2 H$$

$$IU = 20 \text{ cm } V = 0,12767 + 0,00002846 D^2 H$$

$$IU = 25 \text{ cm } V = 0,31156 + 0,00002938 D^2 H$$

En 1981, el Proyecto Inventario Forestal Nacional (INFONAC) elaboró las tablas de volumen que actualmente se usan en el país en bosque maduro (mayor o igual a 30 cm dap) y son las siguientes:

$$a) VT = -0,006352 + 0,00002838 D^2 H - 0,00002308 D^2$$

$$VT = \text{Volumen total en m}^3$$

b) IU = 10 cm
 $VC = 0,0394927 + 0,00002495 D^2 H + 0,00005902 D^2$
 VC = Volumen Comercial
 D = Diámetro en cm a la altura del pecho.
 H = Altura Total en Metros.

c) IU = 15 cm
 $VC = 0,098205 + 0,00002446 D^2 H + 0,00001356 D^2$

Pérez, Ferreira y Stiff (1987), prepararon tablas de volumen general para la Región Central de Honduras con base en una medición de 590 árboles y las ecuaciones son las siguientes.

a) Volumen Total:
 $VT = 0,0025251 + 0,000028402 D^2 H$

b) Volumen Comercial:
 $R = 1 - 1,26681894 (IU^{3,611923} / D^{3,570042})$

Para las tablas de volumen comercial se usó una técnica introducida por Burkhart (1977), que consiste en correlacionar la razón volumen comercial / volumen total con dap y el índice de utilización I.U.

Metodología

Selección de sitios y muestras: para la conducción del presente estudio se procedió a obtener muestras en sitios con mayor cobertura de bosque joven (representativos) y de mayor actividad maderera (planes de manejo en bosque joven) en los sitios que se describen en el Cuadro 1.

Debe quedar claro que la unidad de gestión es el área geográfica que posee cobertura boscosa en mayor o menor grado y en diversas clases de desarrollo y que es una subdivisión administrativa de una regional forestal, que es la mayor división del país. En la unidad de gestión pueden operar una o más industrias que aprovechan los recursos forestales con base en un plan de manejo forestal aprobado y supervisado por la autoridad forestal de Honduras.

Medición de los árboles: en cada sitio se buscaba obtener datos de árboles de todas las clases diamétricas (cada 2 cm) a partir de 8 y hasta 28 cm dap. Antes de voltear el árbol se midió la altura total, una vez tumbado el árbol se midió nuevamente la altura total

real con precisión de 0,1 m, luego el fuste fue dividido en doce secciones siendo las tres primeras a 30 cm, 80 cm y 1,3 m y la porción restante, fue dividida en 10 secciones de la misma longitud. En cada sección se midió en cruz dos veces con una cinta diamétrica, el diámetro mayor y dos veces el diámetro menor en centímetros, anotando el promedio con un decimal. La corteza se midió hasta un decimal con un medidor de corteza.

Cubicación de árboles: se utilizó la fórmula de Smalian para calcular el volumen por sección, constituyendo la suma de éstas el volumen total del árbol. En el cálculo del volumen se excluye el tocón y el volumen de la última sección se calculó usando la fórmula del cono.

En consecuencia, de estos cálculos se generó un listado del diámetro a la altura del pecho, la altura total, el volumen total y el volumen comercial para diferentes índices de utilización (IU).

Análisis de regresión

Para los análisis de regresión se utilizaron los modelos que se muestran en el Cuadro 2.

Comparación estadística de los modelos: para seleccionar el mejor

modelo matemático se escogieron 4 criterios:

- El primero que lo define es el error estándar de la estimación, el cual debe ser el más bajo en relación con los otros errores de los otros modelos.
- Si hubiesen iguales magnitudes del error estándar de la estimación, el segundo criterio que define el mejor modelo es la diferencia agregada.
- El tercero es la desviación media
- El cuarto criterio fue el coeficiente de correlación.

En este caso en particular no se aplicaron las pruebas de F ni T porque se eligió como índice para medir la calidad del ajuste el error estándar de la estimación, la diferencia agregada, la desviación media y el coeficiente de correlación.

Ecuaciones volumen comercial

Las tablas de volumen comercial se construyeron ajustando y seleccionando un modelo matemático para el volumen comercial de acuerdo con cada IU (10,15,20, etc.). Este IU se define por el diámetro mínimo superior en la punta del árbol aprovechable y los valores que más se usan en nuestro medio son 10, 15 ó 20. Sin embargo, como se está tratando el caso de árboles jóvenes se analizaron las estimaciones del vo-

Cuadro 1. Distribución de los sitios muestreados por departamento.

Sitio	Unidad de gestión	Región forestal	Número muestras
El Buey San Andrés	Las Lajas	Comayagua	40
El Matón, Ocotes Caidos	Rancho Grande	Comayagua	42
La Dalia	Jocon	Yoro	42
La Habana	Yoro	Yoro	38
Los Mico, Orica	Guaimaca	Fco. Morazán	50
Montones	Guaimaca	Fco. Morazán	31
Las Delicias,	Campamento	Olancho	40
Potrerillos, Concordia	Campamento	Olancho	40
Total muestras			323

Cuadro 2. Modelos utilizados para los análisis de regresión.

	Ecuación	Nombre
1*	$V = 1 + bD^2H$	Ecuación de las variables
2	$V = a + bD^2H$	Combinadas
3*	$V = a + bD^2H + cD^2$	Ecuación de las variables
4	$V = a + bD^2H + cD^2$ (Ponderado)	Combinadas generalizadas
5*	$V = a + bD^2H + cD^3$	Ecuación de las variables
6	$V = a + bD^2H + cD^3$ (Ponderado)	Combinadas generalizadas
7*	$V = a + bD^2H + cH$	Ecuación de las variables
8	$V = a + bD^2H + cH$ (Ponderado)	Combinadas generalizadas
9*	$V = a + bD^2H + cH + dD^2$	Ecuación de las variables
10	$V = a + bD^2H + cH + dD^2$ (Ponderado)	Combinadas generalizadas
11*	$V = a \times (D^b) (H^c)$ logarítmica	Ecuación logarítmica

lumen comercial hasta un IU de 10 y 5 cm. Estos procedimientos presentan a menudo la situación ilógica que al graficar las líneas se cruzan. El cruce señala que para una clase diamétrica dada, los volúmenes para diferentes índices de utilización serán ilógicos siendo lo esperado que el volumen sea mayor para un IU menor.

Resultados

En el cuadro 3 se muestran las ecuaciones obtenidas de los 10 modelos implementados para el cálculo del volumen total. El cuadro 4 corresponde a los 10 modelos para el cálculo del volumen a un índice de utilización de 10 cm y en el cuadro 5 se presentan las ecuaciones resultantes para un índice de utilización de 5 cm.

La ecuación de volumen total estima el volumen sin corteza de árboles en pie en metros cúbicos y es la siguiente:

$$V = 0,00416412692 + 0,0000335037D^2 - 0,0000929776 D^2$$

Donde:

V = Volumen total en m³

D = Diámetro con corteza

H = Altura total en metros.

Esta fórmula se seleccionó para generar la tabla de volumen total para masas de bosque joven en la Zona Central del país para el género *Pinus oocarpa* (ver anexo 1).

La ecuación de volumen a un índice de utilización de 10, estima el volumen sin corteza de árboles en pie en metros cúbicos hasta un diámetro superior de punta de 10 cm. Se supone que el resto de madera después de ese límite se aprovecha en otra forma distinta al aserrío (leña, carbón, etc) o queda como residuo no comercial en el bosque. La ecuación resultante fue la siguiente:

$$V = 0,021209596 + 0,0000324114D^2H - 0,0015593395H^2$$

Donde:

V = Volumen comercial hasta un IU de 10 cm en m³

D = Diámetro con corteza a la altura del pecho (cm)

H = Altura total en m

Cuadro 3. Comparación de los modelos matemáticos para la estimación del volumen total.

Modelo	Coefficiente A/B	Coefficiente C/D	SXY %-m3	DA/DM %	N/R(%)
V = a+bD2H	-0,002681618925 0,000029605442		15,4 0,02770	0,00000 10,81566	323 97,9
V = a+ bD2H (ponderado)	-0,002233603754 0,000029609588		15,4 0,02770	-0,26248 10,69808	323 20,2
V = a+bD2H+cD2	0,004164126917 0,000033503669	-0,000092977557	15,3 0,02747	0,00000 10,91824	323 97,9*
V = a+ bD2H+cD2 (ponderado)	-0,000485110555 0,000031701473	-0,000042407410	15,3 0,02761	-0,57246 10,63433	323 22,5
V = a+bD2H+cD3	-0,003961155566 0,000031353042	-0,000001398220	15,4 0,02768	0,00000 10,87084	323 97,9
V = a+bD2H+cD3 (ponderado)	-0,002805884309 0,000029172834	-0,000003092279	15,5 0,02785	0,12801 10,53431	323 25,6
V = a+bD2H+cH	-0,010475265063 0,000029172919	0,000617056913	15,4 0,02770	0,00000 11,26223	323 97,9
V = a+bD2H+cH (ponderado)	-0,006588071431 0,000028872834	0,000482922968	15,4 0,02776	0,13255 10,69414	323 22,5
V = a+bD2H+cH+dD2	0,007822031018 0,000033986284	-0,000246536951 -0,000100366812	15,3 0,02751	0,00000 11,09556	323 97,9
V = a+bD2H+cH+dD2 (ponderado)	-0,004149852863 0,000030589437	0,000353313171 -0,000030791034	15,3 0,02762	-0,20034 10,64314	323 23,5
V = a*(D^b)/(H^c) (logarítmico)	0,000019630689 1,945394446169	1,188499626110	15,3 0,02757	0,63521 10,81449	323 98,5

{ = Menor error estandard

* Ecuación seleccionada que genera la tabla de volumen total.

Cuadro 4. Comparación de los modelos matemáticos para la estimación del volumen comercial a un índice de utilización (IU) de 10 cm.

Modelo	Coefficiente A/B	Coefficiente C/D	SXY %-m3	DA/DM %	N/R(%)
V= a+bD2H	-0,042471163463 0,000031475804		19,1 0,03372	0,00000 28,61235	279 97,1
V= a+bD2H (ponderado)	-0,038683932652 0,000030784589		19,2 0,03387	0,58391 23,76357	279 78,5
V= a+bD2H+cD2	-0,045495968247 0,000030052736	0,000035003456	19,1 0,03375	0,00000 28,83243	279 97,1
V= a+bD2H+cD2 (ponderado)	-0,049025816519 0,000024212085	0,000150304457	19,5 0,03451	0,91101 24,01028	279 79,8
V= a+bD2H+cD3	-0,040618907843 0,000029442073	0,000001595941	19,1 0,03371	0,00000 43,30067	279 97,1
V= a+bD2H+cD3 (ponderado)	-0,037292768555 0,000024722006	0,000005433504	19,3 0,03412	-0,03244 26,47706	279 79,7
V= a+bD2H+cH	-0,021209596042 0,000032411420	-0,001559339459	19,0 0,03358	0,00000 27,45419	279 97,1*
V= a+bD2H+cH (ponderado)	-0,009534421268 0,000034298046	-0,002869807289	19,3 0,0340929	-0,82435 29,41003	279 81,1
V= a+bD2H+dD2	-0,008810269796 0,000034714183	-0,002166532476 -0,000047680210	19,0 0,03361	0,00000 26,15995	279 97,1
V= a+bD2H+cH+dD2 (ponderado)	-0,010866566206 0,000033841781	-0,002795184844 0,000008344911	19,3 0,03412	-0,77061 25,88755	279 81,1
V=a*(D^b)/(H^c) (logarítmico)	0,000000037358 3,680579680272	1,482240767598	53,1 0,09388	-8,90669 35,58200	279 91,8

{ = Menor error estandard

* Ecuación seleccionada que genera la tabla de volumen para este índice de utilización.

En el anexo 2 se presenta la tabla de volumen respectiva.

Finalmente, la ecuación de volumen a un índice de utilización (IU) de

5, estima el volumen sin corteza de madera en pie en metros cúbicos hasta un diámetro mínimo superior de punta de 5 cm.

Cuadro 5. Comparación de los modelos matemáticos para la estimación del volumen comercial a un índice de utilización (IU) de 5 cm.

Modelo	Coefficiente A/B	Coefficiente C/D	SXY %-m3	DA/DM %	N/R(%)
V= a+bD2H	-0,004472451227 0,000029263242		15,2 0,02677	0,00000 12,01495	323 98,0
V= a+bD2H (ponderado)	-0,006582569020 0,000029841380		15,3 0,02694	-0,82048 11,94759	323 49,2
V= a+bD2H+cD2	0,001229135663 0,000032509941	-0,000077437818	15,1 0,02662	0,00000 12,40299	323 98,0*
V= a+bD2H+cD2 (ponderado)	-0,006078709849 0,000030444193	-0,000012220443	15,3 0,02697	-0,91096 11,95367	323 49,3
V= a+bD2H+cD3	-0,005858555661 0,000031156392	-0,000001514673	15,2 0,02674	0,00000 11,84404	323 98,0
V= a+bD2H+cD3 (ponderado)	-0,007135160818 0,000033109874	-0,000002985892	15,2 0,02683	-0,43939 11,75740	323 50,8
V= a+bD2H+cH	-0,014544795517 0,000028704258	0,000797471371	15,2 0,02674	0,00000 12,15301	323 98,0
V= a+bD2H+cH(ponderado)	-0,011121494916 0,000029073417	0,000503379913	15,2 0,02677	-0,40419 11,90586	323 50,0
V= a+bD2H+cH+dD2	-0,001393322115 0,000032163941	0,000176749507 -0,000072140247	15,1 0,02666	0,00000 12,28984	323 98,0
V= a+bD2H+cH+dD2 (ponderado)	-0,011519435323 0,000028793251	0,000524533462 0,000005025388	15,2 0,02683	-0,34903 11,90658	323 50,0
V= a*(D^b) (H^c) (Logaritmico)	0,000008724985 2,090012183057	1,312441687978	16,4 0,02883	-0,80765 13,47165	323 96,4

{ = Menor error estandar

* Ecuación seleccionada que genera la tabla de volumen para este índice de utilización.

El presente estudio propone la siguiente ecuación:

$$V = 0,0012291357 + 0,0000325099D^2H - 0,00007743782D^2$$

Donde:

V = Volumen comercial hasta un IU de 5 cm en m³

D = Diámetro con corteza a la altura del pecho (cm)

H = Altura total en m

El anexo 3 presenta la tabla de volumen respectiva.

Análisis de resultados

En el transcurso de la toma de datos de campo- donde se utilizaron las ecuaciones de volumen de acuerdo con el índice que se deseaba- lo que se buscó fue la estimación del volumen de la masa boscosa (predicción) y no la estimación individual del volumen (predictor).

Como la ecuación de volumen estima el volumen medio para una clase



La explotación o aprovechamiento de pino de diámetros menores es común a lo largo del país. (Foto: J. Meza).



A raíz de los aprovechamientos extensos de bosque maduro de *Pinus oocarpa*, se ha establecido una vigorosa masa de bosque joven, lo que hace urgente su efectivo manejo y aprovechamiento sostenible. (Foto: J. Meza).

diamétrica y una altura en particular, los muestreos difieren generalmente del verdadero valor.

Muy importante es señalar que para la selección del mejor modelo matemático para cada tabla de volumen se consideró como primer criterio el error estándar de la estimación, como segunda prioridad la diferencia agregada, después la desviación media y por último el coeficiente de correlación. Esto significa que al haber similares valores para el error de muestreo se usó el segundo criterio, el tercero o el que finalmente definiera el mejor modelo matemático que generan las tablas finales expuestas en este trabajo.

Conclusiones y recomendaciones

Las ecuaciones obtenidas en este documento son válidas para toda la región Centro Oriental de Honduras que incluye las masas de bosque joven dentro de los Distritos Forestales de Yoro, Comayagua, Francisco Morazán y Olancho.

La consideración o validación de los parámetros técnicos y ecuaciones de volumen generadas y expuestas en este documento quedan a criterio único y la voluntad expresa de las más altas autoridades de la AFE-COHDEFOR después de los lógicos estudios que ellos deseen realizar.

Anexo 1. Volumen total para *Pinus oocarpa* en Honduras.

DAP (cm)	Altura Total (metros)								
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
5	0,0085	0,0102	0,0119	0,0136	0,0152	0,0169	0,0186	0,0203	0,0219
6	0,0105	0,0129	0,0153	0,0177	0,0201	0,0225	0,0249	0,0274	0,0298
7	0,0127	0,0160	0,0193	0,0226	0,0259	0,0292	0,0324	0,0357	0,0390
8	0,0154	0,0197	0,0239	0,0282	0,0325	0,0368	0,0411	0,0454	0,0497
9	0,0183	0,0238	0,0292	0,0346	0,0401	0,0455	0,0509	0,0563	0,0618
10	0,0217	0,0284	0,0351	0,0418	0,0485	0,0552	0,0619	0,0686	0,0753
11	0,0253	0,0335	0,0416	0,0497	0,0578	0,0659	0,0740	0,0821	0,0902
12	0,0294	0,0390	0,0487	0,0583	0,0680	0,0776	0,0873	0,0969	0,1066
13	0,0337	0,0451	0,0564	0,0677	0,0790	0,0904	0,1017	0,1130	0,1243
14	0,0385	0,0516	0,0647	0,0779	0,0910	0,1041	0,1173	0,1304	0,1435
15	0,0436	0,0586	0,0737	0,0888	0,1039	0,1189	0,1340	0,1491	0,1642
16	0,0490	0,0661	0,0833	0,1004	0,1176	0,1347	0,1519	0,1691	0,1862
17	0,0548	0,0741	0,0935	0,1128	0,1322	0,1516	0,1709	0,1903	0,2097
18	0,0609	0,0826	0,1043	0,1260	0,1477	0,1694	0,1911	0,2129	0,2346
19	0,0674	0,0915	0,1157	0,1399	0,1641	0,1883	0,2125	0,2367	0,2609
20	0,0742	0,1010	0,1278	0,1546	0,1814	0,2082	0,2350	0,2618	0,2886
21	0,0814	0,1109	0,1405	0,1700	0,1996	0,2291	0,2587	0,2882	0,3178
22	0,0889	0,1213	0,1538	0,1862	0,2186	0,2510	0,2835	0,3159	0,3483
23	0,0968	0,1322	0,1677	0,2031	0,2386	0,2740	0,3094	0,3449	0,3803
24	0,1050	0,1436	0,1822	0,2208	0,2594	0,2980	0,3366	0,3752	0,4138
25	0,1136	0,1555	0,1973	0,2392	0,2811	0,3230	0,3648	0,4067	0,4486
26	0,1225	0,1678	0,2131	0,2584	0,3037	0,3490	0,3943	0,4396	0,4849
27	0,1318	0,1806	0,2295	0,2783	0,3272	0,3760	0,4249	0,4737	0,5226
28	0,1414	0,1939	0,2465	0,2990	0,3515	0,4041	0,4566	0,5091	0,5617
29	0,1514	0,2077	0,2641	0,3204	0,3768	0,4331	0,4895	0,5459	0,6022
30	0,1617	0,2220	0,2823	0,3426	0,4029	0,4632	0,5236	0,5839	0,6442

$$V = 0,00416412692 + 0,0000335037 D^2H - 0,0000929776 D^2$$

Anexo 2. Volumen comercial a un índice de utilización de 10 cm.

DAP (cm)	Altura Total (metros)								
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
12	0,0037	0,0099	0,0161	0,0223	0,0285	0,0347	0,0409	0,0472	0,0534
13	0,0101	0,0180	0,0258	0,0336	0,0415	0,0493	0,0572	0,0650	0,0728
14	0,0171	0,0267	0,0363	0,0459	0,0555	0,0651	0,0747	0,0842	0,0938
15	0,0247	0,0361	0,0476	0,0591	0,0705	0,0820	0,0935	0,1049	0,1164
16	0,0327	0,0462	0,0596	0,0731	0,0866	0,1001	0,1135	0,1270	0,1405
17	0,0413	0,0569	0,0725	0,0881	0,1037	0,1193	0,1349	0,1506	0,1662
18	0,0503	0,0682	0,0861	0,1040	0,1219	0,1397	0,1576	0,1755	0,1934
19	0,0599	0,0802	0,1005	0,1208	0,1410	0,1613	0,1816	0,2019	0,2222
20	0,0700	0,0928	0,1157	0,1385	0,1613	0,1841	0,2069	0,2297	0,2525
21	0,0807	0,1061	0,1316	0,1571	0,1825	0,2080	0,2335	0,2589	0,2844
22	0,0918	0,1204	0,1483	0,1766	0,2048	0,2331	0,2613	0,2896	0,3179
23	0,1035	0,1347	0,1658	0,1970	0,2282	0,2593	0,2905	0,3217	0,3529
24	0,1157	0,1499	0,1841	0,2183	0,2525	0,2868	0,3210	0,3552	0,3894
25	0,1284	0,1658	0,2032	0,2406	0,2780	0,3154	0,3527	0,3901	0,4275
26	0,1416	0,1823	0,2230	0,2637	0,3044	0,3451	0,3858	0,4265	0,4672
27	0,1553	0,1995	0,2436	0,2878	0,3319	0,3760	0,4202	0,4643	0,5084
28	0,1696	0,2173	0,2650	0,3127	0,3604	0,4081	0,4558	0,5035	0,5512
29	0,1844	0,2358	0,2872	0,3386	0,3900	0,4414	0,4928	0,5442	0,5956
30	0,1997	0,2549	0,3101	0,3653	0,4206	0,4758	0,5310	0,5862	0,6415

$V = -0,021209596 + 0,0000324114 D^2H - 0,0015593395 H$

Anexo 3. Volumen comercial a un índice de utilización de 5 cm.

DAP (cm)	Altura Total (metros)								
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
6	0,0078	0,0101	0,0125	0,0148	0,0172	0,0195	0,0218	0,0242	0,0265
7	0,0102	0,0134	0,0166	0,0197	0,0229	0,0261	0,0293	0,0325	0,0357
8	0,0129	0,0171	0,0212	0,0254	0,0296	0,0337	0,0379	0,0420	0,0462
9	0,0160	0,0213	0,0266	0,0318	0,0371	0,0424	0,0476	0,0529	0,0582
10	0,0195	0,0260	0,0325	0,0390	0,0455	0,0520	0,0585	0,0650	0,0715
11	0,0233	0,0312	0,0391	0,0469	0,0548	0,0627	0,0705	0,0784	0,0863
12	0,0275	0,0369	0,0463	0,0556	0,0650	0,0743	0,0837	0,0931	0,1024
13	0,0321	0,0431	0,0541	0,0651	0,0760	0,0870	0,0980	0,1090	0,1200
14	0,0370	0,0498	0,0625	0,0753	0,0880	0,1007	0,1135	0,1262	0,1390
15	0,0423	0,0570	0,0716	0,0862	0,1008	0,1155	0,1301	0,1447	0,1594
16	0,0480	0,0646	0,0813	0,0979	0,1146	0,1312	0,1479	0,1645	0,1811
17	0,0540	0,0728	0,0916	0,1104	0,1292	0,1480	0,1668	0,1855	0,2043
18	0,0604	0,0815	0,1025	0,1236	0,1447	0,1657	0,1868	0,2079	0,2289
19	0,0672	0,0906	0,1141	0,1376	0,1611	0,1845	0,2080	0,2315	0,2549
20	0,0743	0,1003	0,1263	0,1523	0,1783	0,2043	0,2303	0,2563	0,2823
21	0,0818	0,1104	0,1391	0,1678	0,1965	0,2251	0,2538	0,2825	0,3112
22	0,0896	0,1211	0,1526	0,1840	0,2155	0,2470	0,2784	0,3099	0,3414
23	0,0978	0,1322	0,1666	0,2010	0,2354	0,2698	0,3042	0,3386	0,3730
24	0,1064	0,1439	0,1813	0,2188	0,2562	0,2937	0,3311	0,3686	0,4060
25	0,1154	0,1560	0,1967	0,2373	0,2779	0,3186	0,3592	0,3998	0,4405
26	0,1247	0,1686	0,2126	0,2566	0,3005	0,3445	0,3884	0,4324	0,4763
27	0,1344	0,1818	0,2292	0,2766	0,3240	0,3714	0,4188	0,4662	0,5136
28	0,1444	0,1954	0,2464	0,2973	0,3483	0,3993	0,4503	0,5012	0,5522
29	0,1548	0,2095	0,2642	0,3189	0,3736	0,4282	0,4829	0,5376	0,5923
30	0,1656	0,2241	0,2826	0,3412	0,3997	0,4582	0,5167	0,5752	0,6337

$V = 0,0012291357 + 0,0000325099 D^2H - 0,00007743782 D^2$

De las ecuaciones para predecir o calcular la altura de cualquier árbol del estrato de bosque joven, el modelo 3 ($H = -9,53955 + 9,428 \ln dap$) señala el menor error (2,584), por lo que se considera la más completa en relación con las otras para estimar la altura de cualquier árbol de *Pinus oocarpa* en la región Centro Oriental de Honduras.

Finalmente, se debe destacar que es recomendable validar las ecuaciones presentadas en los bosques jóvenes del occidente y la zona sur de Honduras.

Literatura citada

- BURKHART, H. 1977. Cubic-foot volume of loblolly pine to any merchantable top limit. Southern Journal of Applied Forestry 1(2):7-9
- CORPORACION HONDUREÑA DE DESARROLLO FORESTAL (COHDEFOR) 1979. Informe final del inventario de Rancho Grande. Tegucigalpa. 110 p. (Nota Técnica Bos n. 14)
- FERREIRA, O. 1994. Manual de inventarios forestales. 2. ed. Siguatepeque, Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales, 103p.
- KOONTZ, H., H. WEHRICH. 1995. Administración: una perspectiva global. 10. ed. McGraw-Will, México. 745 p
- PEREZ, N.; FERREIRA, O; STIFF, CH. 1989. Ecuaciones de volumen para *Pinus oocarpa* Schiede en la región central de Honduras. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 12p. (Nota Técnica n. 6.)
- PETERS, R. 1977. Tablas de volumen para las especies coníferas de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 162 p. (Documento de Trabajo No 17)
- SHUMACHER, F. X.; HALL, F.S. 1983. Logarithmic expression of timber tree volume. Journal of Agricultural Research 47: 719-734.

Jorge Rolando Meza Palma
Tecnico Docente - Investigador.
Esnacifor
Tel (505) 773 0011
Fax (505) 773 0300
E-mail: esnauayr@sdnhon.org.hn

