

## Ajuste de modelos de fuste y elaboración de tablas de volumen en el predio Almolonga municipio de Tecpan de Galeana, Gro

AVILA-PEREZ Humberto<sup>1</sup>, NAVA-NAVA Adan<sup>2</sup>, FIERROS-MATEO Reynol<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior en Desarrollo Sustentable UAGro Campus Costa Grande, <sup>2</sup>Postgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México.

12682@uagro.mx Universidad Autónoma de Guerrero

Recibido: septiembre, 22, 2020; Aceptado febrero 9, 2021

### Resumen

El desarrollo de modelos matemáticos con bases técnicas y científicas es importante para tomar decisiones en el manejo forestal. El objetivo de este trabajo fue ajustar modelos de volumen de fuste para generar una tabla de volumen de doble entrada en una plantación forestal comercial de *Pinus maximinoi* H.E. Moore. Con información dasométrica de 20 árboles sanos y vigorosos, se ajustaron cuatro modelos clásicos de volumen de fuste: Spurr, Honer, Thornber y Schumacher-Hall. La evaluación y selección del mejor modelo se realizó con base en los indicadores de bondad de ajuste. El mejor modelo ajustado fue el de Schumacher-Hall, el cual mostró los resultados más plausibles en el coeficiente de determinación ajustado (>98%); valores bajos en la raíz cuadrada medio del error (<0.0311m<sup>3</sup>) y sesgo promedio (0.0006 m<sup>3</sup>). El test de White mostró que la distribución de varianzas fue homogénea, alcanzando un valor P = 0.2428, el test de Shapiro-Wilk indicó que la distribución de los residuales presenta un patrón aleatorio, lo que cumple con el supuesto de normalidad (P= 0.9484).

**Palabras claves:** modelos de volumen, Schumacher-Hall, indicadores de bondad, tabla de volumen, *Pinus maximinoi*.

### Abstract

The development of mathematical models with technical and scientific bases is important for making decisions in forest management. The objective of this work was to adjust stem volume models to generate a double entry volume table in a commercial forest plantation of *Pinus maximinoi* H.E. Moore. With dasometric information from 20 healthy and vigorous trees, four classic stem volume models were adjusted: Spurr, Honer, Thornber and Schumacher-Hall. The evaluation and selection of the best model was carried out based on the goodness of fit indicators where the Schumacher-Hall model showed the best results in the adjusted coefficient of determination (> 98%); low values in the mean square root of the error (<0.0311m<sup>3</sup>) and average bias (0.0006 m<sup>3</sup>). The White test showed that the distribution of variances was homogeneous, reaching a value of P = 0.2428, while the Shapiro-Wilk test indicated that the distribution of the residuals presents a random pattern, which complies with the normality assumption. (P = 0.9484).

**Keywords:** volume models, Schumacher-Hall, goodness indicators, volume table, *Pinus maximinoi*

**Citación:** AVILA-PEREZ Humberto<sup>1</sup>, NAVA-NAVA Adan<sup>2</sup>, FIERROS-MATEO Reynol<sup>2</sup> Título del Paper. **Ajuste de modelos de fuste y elaboración de tablas de volumen en el predio Almolonga municipio de Tecpan de Galeana, Gro** Foro de Estudios sobre Guerrero. 2022, mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 – 132

©COCYTIEG

www.fesgro.mx

\*Correspondencia al Autor (avila\_ph@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132 de tiempo determinado se puede conocer si es exitosa. (Klepac, 1983), por tanto, una vez que se encuentran establecidas las plantaciones comerciales forestales, se necesita generar información sobre el desarrollo y manejo de estas, debido a que la información que se obtenga a través de la evaluación dasométrica servirá a los propietarios de predios forestales y a los técnicos en la materia para tomar decisiones sobre la inversión en proyectos de estas características (Musalém, 2005).

### **Introducción**

Las plantaciones forestales comerciales, se refieren al establecimiento de especies forestales en terrenos con potencial de sostener una plantación y disminuir los tiempos y costos de producción, o bien en terrenos degradados que han sido utilizados para la agricultura y la ganadería y que por lo tanto perdieron su cobertura vegetal natural (LGDFS, 2021). Las plantaciones forestales comerciales se establecen con el objeto de producir insumos primarios que pueden ser maderables y no maderables con la finalidad de comercializarse o para su industrialización (LGDFS, 2021).

En México, existen diversos estudios sobre los factores que intervienen al momento de establecer una plantación forestal, tales como: propagación vegetativa y micro propagación, producción de plantas en condiciones controladas, aclareos, podas, fertilización y sobre la selección del sitio adecuado para establecer plantaciones forestales (Hernández-Ramos *et al.*, 2019). También se estudian otros aspectos como la sustentabilidad, la factibilidad económica, financiera y se realizan evaluaciones dasométricas a las plantaciones forestales con la finalidad de monitorear el desarrollo de la misma a través del tiempo y poder conocer los requerimientos ecológicos de las especies plantadas y generar las condiciones más apropiadas para el crecimiento óptimo de las especies elegidas (Hernández-Ramos *et al.*, 2019).

Ante todo, este panorama es necesario realizar evaluaciones en las plantaciones forestales, porque a través de estudiar el incremento de las variables como: altura, diámetro normal, volumen maderable y área basal en un periodo

Los modelos de volumen individual incluyen modelos lineales y no lineales en los parámetros. Los primeros se ajustan mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios o ponderados, dependen del comportamiento de la varianza del volumen; el segundo tipo requiere de métodos de ajuste no lineales. Algunos modelos no lineales pueden linealizarse mediante logaritmos para facilitar el ajuste y/o para homogeneizar la varianza (Klepac, 1983).

**Planteamiento del problema:** Ante la falta de suficientes estudios por especie sobre modelos de fuste, tablas de volumen y su utilización práctica mediante la correcta aplicación de los aclareos, se propone el ajuste del modelo como una herramienta que permita tomar decisiones tempranas en el manejo forestal para el beneficio de los silvicultores. Además porque los modelos de volumen predicen el volumen total de los árboles con corteza y sin corteza, éste puede ser para volumen de fuste limpio, volumen fuste total, volumen comercial y es el método principal en la construcción de tablas de volumen (Schumacher y Hall, 1933). Esta investigación se realizó en la Hacienda de Almolonga con el objetivo de ajustar modelos de volumen en una plantación forestal comercial de *Pinus maximinoi* H.E. Moore.

## Artículo

Medio Ambiente y Recursos Naturales

Esta investigación es viable dadas las facilidades brindadas por las autoridades del predio y el beneficio o aporte es que el predio contara con una tabla de volumen para esta especie y las experiencias de éxito por la correcta aplicación de aclareros manifiesta en el índice de esbeltez.

## Objetivos

Ajustar modelos de volumen de fuste para elaborar una tabla de volumen de fuste para *Pinus maximinoi* H.E. Moore.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en mayo de 2019 en una plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore ubicada en el predio particular denominado Ex hacienda de Almolonga, municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero (Figura 1). Dicha plantación cuenta con una extensión de 20 hectáreas y se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas: 17°18'25" de latitud Norte y 100°29'23" de longitud Oeste y se sitúa entre 850 - 1200 msnm.

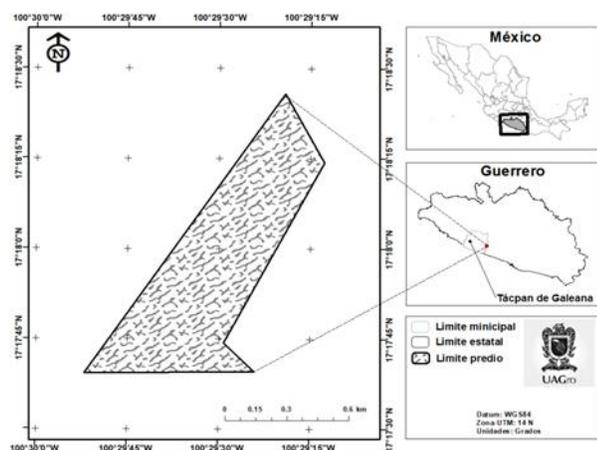


Figura 1. Ubicación geográfica del área de la plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore

En el lugar predomina el bosque de pino-encino, clima templado del tipo AW<sub>2</sub> (W), suelo cambisol eutrítico+feozem haplico+grueso

## Foro de Estudios sobre Guerrero

Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132 limoso (INEGI, 2009). La zona de estudio pertenece a la región hidrológica Río Atoyac, Río Tecpan en la cual encontramos diversas corrientes superficiales. La precipitación total anual es de 950 mm; en los meses de mayo a noviembre se presenta una precipitación pluvial media de 1,250 mm (Mata y Obregón, 2007).

*Pinus maximinoi* H.E. Moore puede llegar a medir desde 20 a 30 m de altura, con un diámetro de 100 centímetros, su corteza lisa y delgada de 2 a 4 cm en placas grandes rectangulares, cuando es vieja tiende a quebrarse en plaquetas elongadas con fisuras que presentan una coloración café rojiza en la parte interna mientras que la externa es color gris (Chaman, 2015). Presenta hojas de cinco acículas por fascículo, con una longitud de 20 a 27 centímetros y 0.7 a 0.1 milímetros de ancho. Conos ovoides u oblongos, simétricos de color marrón-rojizo, con dimensiones de 5 a 8 centímetros de largo y de 4 a 7 centímetros de ancho. Madera: presenta un color castaño pálido, superficie lustrosa, olor agradable y sabor característico, textura fina y grano recto. Presenta un peso específico de 0.44 a 0.50 g/cm<sup>3</sup>, liviana, moderada fácil de trabajar, fácil de tratar con preservantes, y con buena velocidad al secado, con la característica de no presentar defectos. (Pérez, 2009).

## Análisis dasométrico

Para el conteo de los anillos de crecimiento las secciones extraídas (figura 2) se analizaron de la manera siguiente. La primera rodaja se extrajo (figura 3) a la altura del tocón, la segunda a 1.30 m y posterior a cada 2 m hasta alcanzar el ápice del árbol (Klepac, 1983). Una vez colectados los datos se procedió a determinar la edad y la altura verdadera, se empleó el método de (Carmean, 1972),

## Artículo

Medio Ambiente y Recursos Naturales modificado por Newberry (1991), ya que con este se han tenido buenos resultados en otras investigaciones (Dyer y Bailey, 1987; Fabbio *et al.*, 1994; Castillo *et al.*, 2013; Castillo *et al.*, 2018).



Figura 2. Análisis de las secciones extraídas



Figura 3. Extracción de las rodajas

En este trabajo se ajustaron cuatro modelos de volumen de fuste (Cuadro 1), clásicos en la literatura forestal (Spurr, 1952); (Clutter *et al.*,

## Foro de Estudios sobre Guerrero

Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132 1983); (Prodan *et al.*, 1997); (Diéguez *et al.*, 2003); (Ramírez *et al.*, 2016) y (Hernández-Ramos *et al.*, 2017). Con la finalidad de conocer el volumen maderable de la plantación de *Pinus Maximino* H.E. Moore. El ajuste estadístico de los modelos se realizó con el procedimiento MODEL en SAS 9.4 (SAS, 2016), donde fue capturada la base de datos, se obtuvieron los estadísticos descriptivos, estadísticos de bondad de ajuste para los modelos de volumen de fuste ajustados, prueba de heteroscedasticidad y de normalidad, distribución de residuales, relación del volumen predicho contra el volumen observado y tabla de volumen de fuste.

### Resultados

La caracterización dasométrica de las principales variables de la plantación se presenta en el cuadro 1. En promedio los árboles alcanzan un diámetro normal de 21.37 cm con una altura de aproximada de 15.16 m. El índice esbeltez es de 0.72 esto significa que los árboles están bien conformados, son cilíndricos, tienen pocas ramificaciones, resultado de los tratamientos silvícolas que se han aplicado en la plantación, lo que contribuye a generar madera de buena calidad.

Variable	Muestra	Mínimo	Máximo	Promedio	Error estándar
DCC	20	14.30	37.60	21.37	5.21
HT	20	11.30	21.30	15.16	2.99
VF	20	0.10	1.06	0.33	0.22
IE	20	0.47	0.92	0.72	0.11

DCC: diámetro normal con corteza (cm); HT: altura total (m); VF: volumen de fuste; IE: índice de esbeltez.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos para la plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore

El valor de esbeltez obtenido, es el resultado del manejo de la plantación y de los tratamientos silvícolas que se aplican. El resultado del índice de esbeltez es consistente con lo obtenido por

Medio Ambiente y Recursos Naturales Arias, (2012), donde realizó un estudio sobre las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables en la zona sur de Costa Rica, en promedio, los rodales muestran valores de 0.60. Asimismo, Vega, (2013), obtuvo resultados similares al evaluar plantaciones forestales establecidas en los municipios de Catemaco y Hueyapan de Ocampo, en el estado mexicano de Veracruz. En promedio las plantaciones que evaluaron obtuvieron en promedio valores de 0.50, 0.60 y 0.70. Los hábitos de crecimiento son específicos de cada especie y la aplicación de los tratamientos silvícolas influyen sin duda en su desarrollo, es por ello que el índice de esbeltez varía en cada especie y lugar.

Con los modelos de volumen de fuste se obtuvieron estadísticos de bondad de ajuste satisfactorios (Cuadro 2). Los resultados obtenidos mostraron que el modelo de Schumacher-Hall (M2) presentó el mejor ajuste explica una varianza total de 98%, con un error de estimación promedio de 0.0311 m<sup>3</sup>, así mismo, los parámetros fueron significativas  $P < 0.0001$ . El modelo de Honer (M3) y Thornber (M4) son lo que no brindaron resultados deseables, debido a que los parámetros estimadores no fueron significativos ( $P < 0.05$ ).

Modelo	Parámetro	Estimación	EE	Pr >  t	RCME	$\bar{E}$	R <sup>2</sup> adj
Variable combinada	$b_1$	0.000042	7.50E-07	< 0.0001	0.0315	0.0047	0.980
	$b_0$	0.000053	0.000016	0.0032			
	$b_2$	0.974664	0.031	< 0.0001	0.0318	0.0016	0.979
Spurr	$b_0$	0.000071	0.000025	0.0119			
	$b_1$	2.016731	0.0776	< 0.0001	0.0311	0.0006	0.980
	$b_2$	0.792767	0.1363	< 0.0001			
Schumacher-Hall	$b_0$	28154.5	2533.5	< 0.0001	0.0302	0.0001	0.981
	$b_1$	-72553.3	42623.4	0.1059			
	$b_2$	0.000041	1.70E-06	< 0.0001	0.0322	0.0055	0.979
Honer	$b_1$	-0.03345	0.0794	0.6785			
	$b_2$						
Thornber	$b_1$						
	$b_2$						

EE: error estándar; RCME: raíz cuadrada medio del error;  $\bar{E}$ : sesgo promedio; R<sup>2</sup>adj: coeficiente de determinación ajustado

Cuadro 2. Estadísticos de bondad de ajuste para los modelos de volumen de fuste ajustados.

Los elevados valores del coeficiente de determinación ajustado son atribuidos debido al manejo intensivo de la plantación. Los rodales

Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132 naturales no tienen el mismo manejo, por lo tanto, puede ser que los ajustes sean muy buenos.

Los resultados obtenidos con los modelos de volumen son similares a lo reportado por Tapia y Návar (2011), quienes ajustaron ocho modelos de volumen para la especie *Pinus pseudostrobus* Lindl. de una fracción de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León, México.

Ramírez-Martínez *et al.*, (2016), ajustaron 12 modelos de volumen, de una y dos entradas por mínimos cuadrados lineales y no lineales. Como resultado obtuvieron que los modelos de Berkhout (de una entrada) y de Schumacher-Hall (de doble entrada), mostraron los mejores indicadores de ajuste con valores altos en el coeficiente de determinación ajustado (97%), valores bajos del cuadrado medio del error (CME) (<0.43), de la raíz cuadrada del cuadrado medio (REMC) (0.16) y del sesgo en la predicción ( $\bar{E}$ ) (0.014 m<sup>2</sup>).

Muñoz, *et al.*, (2012), ajustaron modelos para predecir el volumen total de fuste en *Pinus spp.*, *Cupressus spp.*, *Casuarina spp.* y *Eucalyptus spp.* Los modelos utilizados para el ajuste fueron Schumacher, Variable Combinada Logarítmica, Variable Combinada Aritmética y Meyer. De acuerdo con las pruebas estadísticas, gráficas y analíticas aplicadas, obtuvieron que los cuatro modelos mostraron ser estadísticamente útiles para estimar el volumen en pie. Los más aptos por su ajuste fueron el de la Variable Combinada Logarítmica y el de Schumacher

Los resultados reportados en el cuadro 3, muestran el cumplimiento de normalidad en los residuales y heteroscedasticidad. El test de White mostró que la distribución de varianzas

**Artículo**

Medio Ambiente y Recursos Naturales fue homogénea, con un valor de (0.2428) mientras que el test de Shapiro Wilk cumplió con la normalidad en los residuales con una significancia de (0.9484).

Test de heterocedasticidad					
Equation	Test	Statistic	DF	Pr > ChiSq	Variables
VT	White's Test	11.5	9	0.2428	Cross of all vars

Tests de normalidad			
Test	Statistic	p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.948434	Pr < W 0.3439

Cuadro 3. Valores obtenidos para las pruebas de normalidad y homocedasticidad en los residuales.

Por otro lado, Torres y Magaña, (2001), mencionan que es común que la mayor parte de los modelos de volumen sufran problemas de heterocedasticidad dado que, a mayores valores de diámetro y altura, la variación en los volúmenes de los árboles se hace más grande, sin embargo, la prueba de White mostró que la distribución de varianzas fue homogénea, con un valor de  $P = 0.2428$ . La prueba de Shapiro Wilk sugiere que se cumple el supuesto de normalidad en los residuales  $P = 0.9484$ . Esto concuerda con lo que reporta Hernández-Ramos *et al.*, (2014), en sus resultados muestra que la prueba de Shapiro-Wilk, con *Pinus lawsonii*, la mayor significancia se determinó con el modelo de Korsun (0.4815) y en *Pinus oocarpa* con el modelo de Spurr con variable combinada logarítmica (0.3209).

De manera general la (Figura 4), muestra que el comportamiento de los residuales en tres modelos tiende a ser homogéneos a la línea del cero, donde predomina el modelo M3 (Schumacher-Hall), lo que confirma que es el mejor modelo para estimar el volumen de fuste para *Pinus maximinoi* H.E. Moore. con errores bajos.

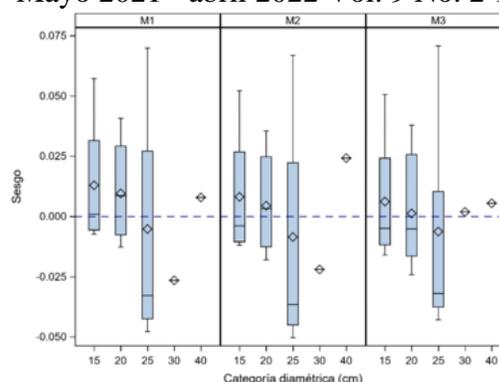


Figura 4. Distribución de los residuales para los modelos de fuste ajustados.

Estos resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Hernández-Ramos *et al.*, (2014), donde muestrearon 152 individuos de *Pinus lawsonii* y 83 de *Pinus oocarpa*, en la zona sur de la Sierra Purépecha. Para dichas especies la distribución grafica de los residuales fue aceptable con cuatro modelos (Schumacher-Hall, Thornber, Spurr con variable combinada no lineal y linealizada y el modelo de Korsun) de variable dependiente transformada.

Es importante señalar, que en el presente estudio las categorías diamétricas de 30 y 40 cm existen pocos datos ya que la plantación estudiada es muy joven. Por lo que el intervalo de aplicación es recomendable para diámetros < 25 cm y las estimaciones > 25 cm deben ser usados con extrema precaución (Figura 4).

Los resultados descritos con anterioridad son similares los que obtuvo Cunha (2012), quien evaluó 40 árboles distribuidos en cuatro clases diamétricas de un rodal de *Pinus taeda* por medio de modelos de regresión de una y doble entrada para la estimación del volumen total con corteza, obtuvo que de los residuos estimados por el modelo de Spurr muestra una distribución homogénea de los datos, muestra un cierto equilibrio de los puntos en la parte de

Medio Ambiente y Recursos Naturales abajo y de arriba de la recta de referencia y una buena distribución del error a lo largo del eje de la variable estimada.

En la literatura científica existen técnicas de regresión no tan usadas para el desarrollo de modelos de volumen con resultados más confiables, por ejemplo, Nava-Nava y Antúnez (2018), generaron tres rectas de regresión cuantílica, con el objetivo de examinar si la regresión cuantílica puede predecir con mayor precisión el volumen fustal de *Pinus patula* Schiede *ex* Schltdl. Al contrastar los residuos de los dos métodos en un mismo gráfico, se observó un mayor error con los datos del modelo tradicional. Con el modelo de Berkhout, se observó una alta heterocedasticidad en los residuales; en contraste, las rectas cuantílicas corrigen este problema.

La gráfica de los valores observados vs predichos corrobora la capacidad predictiva del modelo seleccionado, al explicar el 98 % el volumen observado presentándose una distribución homogénea (Figura 5). Esto concuerda con Melchor *et al.*, (2010), en sus tablas de volumen predicho contra el volumen observado, en donde se aprecia que el modelo de Schumacher-Hall presentó un valor cercano a 1, los puntos se alinean a lo largo de la recta de regresión. Por otra parte, Diéguez-Aranda *et al.*, (2003) estimaron el volumen de seis especies de pino, utilizando el tocón como un indicador de sus dimensiones, para interpretar los resultados realizaron una representación gráfica de los valores reales de las variables frente a los valores predichos, a los que se ha superpuesto una recta de 1:1, en los que se aprecia la ausencia de sesgo y de tendencias anómalas de las estimaciones.

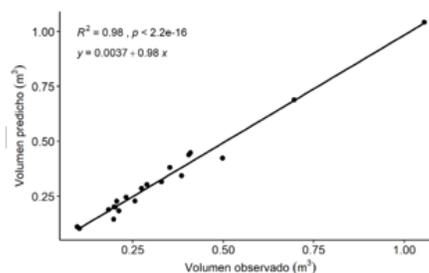


Figura 5. Relación del volumen predicho vs volumen observado para el modelo 3

El cuadro 4 muestra la tabla de volumen de fuste generada con el modelo de Schumacher-Hall en función del diámetro normal y altura total. Para simular un ejemplo, de acuerdo con el cuadro 4, nos arroja que un árbol con un diámetro de 10 cm y 15 m de altura tendrá un volumen maderable de 0.0631 m<sup>3</sup>. La tabla es una herramienta práctica que facilita los cálculos en campo y el tiempo en conocer el volumen aproximado de la plantación.

DN (cm)	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
5	0.0065	0.0085												
6	0.0094	0.0123	0.0150											
8	0.0169	0.0220	0.0269	0.0315	0.0359									
10	0.0264	0.0345	0.0421	0.0494	0.0564	0.0631								
12	0.0382	0.0498	0.0608	0.0713	0.0814	0.0912	0.1007							
14	0.0521	0.0680	0.0830	0.0973	0.1111	0.1245	0.1375	0.1501						
16	0.0690	0.0907	0.1124	0.1345	0.1569	0.1799	0.1965	0.2127						
18	0.1129	0.1378	0.1616	0.1845	0.2066	0.2282	0.2492	0.2698	0.2900					
20	0.1704	0.1998	0.2281	0.2555	0.2822	0.3082	0.3337	0.3586	0.3831					
22	0.2066	0.2422	0.2765	0.3097	0.3420	0.3735	0.4044	0.4346	0.4643	0.4935				
24	0.2886	0.3295	0.3691	0.4076	0.4452	0.4819	0.5180	0.5534	0.5882	0.6225				
26	0.3392	0.3872	0.4338	0.4790	0.5222	0.5644	0.6057	0.6461	0.6857	0.7245	0.7625			0.7712
28	0.3939	0.4487	0.5037	0.5562	0.6075	0.6577	0.7068	0.7551	0.8026	0.8494	0.8955			
30	0.5168	0.5789	0.6393	0.6982	0.7558	0.8124	0.8679	0.9225	0.9762	1.0292				
32	0.5886	0.6593	0.7281	0.7952	0.8609	0.9253	0.9885	1.0507	1.1119	1.1723				
34	0.7451	0.8228	0.8987	0.9729	1.0456	1.1171	1.1873	1.2566	1.3248	1.3920				
36	0.8361	0.9233	1.0085	1.0917	1.1734	1.2536	1.3324	1.4101	1.4866	1.5620				
38	1.0297	1.1246	1.2175	1.3085	1.3980	1.4859	1.5725	1.6579						
40	1.1419	1.2472	1.3502	1.4512	1.5503	1.6479	1.7439	1.8386						
42	1.3762	1.4898	1.6012	1.7106	1.8182	1.9242	2.0287							
44	1.6363	1.7587	1.8789	1.9971	2.1135	2.2282								
46	1.9237	2.0551	2.1844	2.3117	2.4372									
48	2.0961	2.2393	2.3802	2.5189	2.6557									
50	2.4314	2.5844	2.7350	2.8835										

Cuadro 4. Tabla de volumen de fuste en función del diámetro normal (DN) y la altura total (HT) para *Pinus maximinoi* H.E. Moore

Resultados muy similares obtuvo Velasco *et al.*, (2020), al realizar tablas de volumen con corteza para *Pinus pseudostrobus* del occidente de Michoacán, obtuvo que un árbol que tiene 10 cm de diámetro y 15 m de altura, tendrá un volumen maderable de 0.037 m<sup>3</sup>, por su parte Muños *et al.*, (2012), quienes realizaron tablas de volumen de fuste total sin corteza con una categoría diamétrica

**Artículo**

Medio Ambiente y Recursos Naturales de 10 a 35 cm para *Pinus greggii* en la región del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Sus resultados muestran que un árbol de 10 cm de diámetro y una altura de 15 m presentará un volumen maderable de 0.053 m<sup>3</sup>, a diferencia de estos resultados Melchor *et al.*, (2010), generó tablas de volumen aplicables para bosques naturales de *Pinus chiapensis* en los municipios de Atzalan, Veracruz y de Tlatlauquitepec Puebla. En donde se obtuvo que un árbol con un diámetro de 10 cm y una altura de 15 m tiene un volumen maderable de 0.60m<sup>3</sup>.

**Conclusiones**

Los modelos de volumen de fuste son útiles para la estimación de las existencias maderables de árboles en pie en bosques naturales y en plantaciones forestales comerciales. El modelo de Schumacher- Hall presentó los indicadores de bondad de ajuste mejores. Lo que resultó ser el más confiable para la elaboración de la tabla de volumen de fuste para *Pinus maximinoi* H.E. Moore. La tabla de volumen generada en este trabajo solo es aplicable a las plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore ubicada en la Hacienda de Almolonga municipio de Tecpan de Galeana con edades no mayores de 15 años. Esta tabla de volumen obtenida facilitará al productor realizar el cálculo de volumen maderables de árboles en pie y a su vez planificar los posteriores tratamientos silvícolas.

**Recomendaciones:** Utilizar especies de la región y planificar el manejo de las plantaciones mediante la aplicación correcta de los aclareos y demás labores silviculturales.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen al Ing. Miguel García y todo el personal que integra la Fábrica de Triplay de Tecpan, por brindarnos las facilidades para poder muestrear su

**Foro de Estudios sobre Guerrero**

Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132  
plantación y por brindarnos información adicional acerca de la misma.

**Referencias**

- Arias-Aguilar D. (2012). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana* Kurú. 1 (2): 33-43.
- Carmean, W. H. (1972). Site index curves for upland oaks in the Central States. *Forest Science* 18(2):109-120.
- Castillo-López, A., Santiago-García, W., Vargas-Larreta, B., Quiñonez-Barraza, G., Solís-Moreno, R., y Corral-Rivas, J. J. (2018). Modelos dinámicos de índice de sitio para cuatro especies de pino en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(49). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i49.185>
- Castillo-López, A., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas, J. J., Nájera-Luna, J. A., Cruz-Cobos, F., y Hernández, F. J. (2013). Modelo compatible altura-índice de sitio para cuatro especies de pino en Santiago Papasquiario, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(18): 89-103.
- Chaman-Anleu, D. Y. (2015). Evaluación de tres concentraciones de ácido indolbutírico en combinación con dos sustratos y tres tipos de corte, para el enraizamiento de estacas vegetativas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore; diagnóstico y servicios realizados en el proyecto mejoramiento genético de *Pinus maximinoi* HE Moore (Tesis) Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Clutter, L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Brister, G.H. y Bailey, R. L. (1983). *Timber Managment: A Quantitative Approach*.

**Artículo****Foro de Estudios sobre Guerrero**

- Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Ed. John Wiley & Sons. EEUU. P. 1-140.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19840691762>
- Diéguez Aranda, U. Barrio Anta, M. Castedo Dorado, F. Balboa Murias, M. (2003). Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. Sistema de recursos forestales. Volumen 12. 2. 131-139
- Diéguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Castedo-Dorado, F. y Balboa-Murias, M. (2003). Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 12 (2): 131-139.
- Dyer, M. E. y Bailey. R. L. (1987). A test of six methods for estimating true heights from stem analysis data. *Forest Science* 33(1): 3-13.
- Fabbio, G., M. Frattegiani and M. C. Manetti. (1994). Height estimation in stem analysis using second differences. *Forest science* 40(2): 329-340.
- Hernández-Ramos, J., Santos-Posadas, H. M., Valdéz-Lazalde, J. R., Tamarit-Urias, J. C., Ángeles-Pérez, G., Hernández-Ramos, A, y Peduzzi, A. (2017). Estimación del volumen comercial en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* con modelos de volumen total y de razón. *Agrociencia*, 51(5): 561-580.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tecpan de Galeana Guerrero.
- Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132
- Klepac, D. (1983). Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 P.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGFDS). (2021). Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018. Última reforma publicada 26-04-2021.
- Mata-Lechuga J. J. y Obregón-Ramos E. (2007). Inventario físico de los recursos minerales del Municipio Tecpan de Galeana, Guerrero. Servicio Geológico Mexicano.
- Melchor-Marroquín J.I. Romero-Hernández A. E. Rodríguez-Acosta M. y Salazar-García J. G. (2010). Tabla de volumen para *Pinus chiapensis*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Golfo Centro Veracruz, Ver. 50: 978-607.
- Muñoz-Flores H. Velarde-Ramírez J. García-Magaña J. J. Sáenz-Reyes J. Olvera-Delgadillo T. y Hernández-Ramos J. (2012). Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 3 (14): 11-22.
- Musalém-Miguel, A. (2005). Silvicultura de Plantaciones Forestales Comerciales. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Evaluación de plantaciones forestales comerciales de *Tabebuia rosea* en el estado de Jalisco. 56 Forestales. *Departamento de Ecología y Silvicultura. Ra Ximhai*. 1 (2), 174.
- Nava-Nava A. y Antúnez P. (2018). Aplicación de la regresión cuantílica para predecir el volumen fustal: Estudio de caso. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 5 (15): 591-600.  
<https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1498>

**Artículo****Foro de Estudios sobre Guerrero**

- Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Newberry, J. D. (1991). A Note on Carmean's Estimate of Height from Stem Analysis Data. *Forest Science* 37(1): 368-369.
- Pérez-De la Rosa, J. A. y Farjón, A. (2009). Flora mesoamericana. *pinaceae* 2(1),1-14.
- Prodan, M., R. Peters, F. Coxy, y P. Real. (1997). Mensura Forestal. *Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible*. Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica, 561 p
- Ramírez-Martínez, A., Santiago-García, W., Quiñonez-Barraza, G., Ruiz-Aquino, F., & Antúnez, P. (2016). Modelación del perfil fustal y volumen total para *Pinus ayacahuite* Ehren. *Madera y Bosques*, 3(2), 61-74.
- Ramos-Uvilla J.A., García-Magaña J.J., Hernández-Ramos J., García-Cuevas X., Velarde-Ramírez J.C., Muñoz-Flores H.J. y García-Espinoza G.G. (2014). Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de *Pinus* de la Sierra Purépecha, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 5 (23): 92-109.
- Schumacher, F.X. and Hall, F.D.S. 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *J. Agr. Res.* 47:719-734
- Spurr, S.H. (1952). *Forest inventory*. The Ronald Press Company. New York. NY. USA. 476
- Statistic Analysis System (SAS) (2016). *SAS/STAT® 14.1 User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/documentation/online/doc/stat/141/nlmixed.pdf> (25 de mayo de 2020).
- Tapia, J. Návar, J. (2011). Ajuste de modelos de volumen y funciones de ahusamiento para *Pinus pseudostrobus* Lindl en
- Mayo 2021 - abril 2022 Vol. 9 No. 2 123 - 132  
bosques de pino de la sierra madre Oriental de Nuevo León, México. *Foresta Veracruzana*. 13 (2): 19-28.
- Torres-Rojo, J. M. y Magaña-Torres, O. S. (2001). *Evaluación de plantaciones forestales*. Editorial Limusa Noriega. Grupo Noriega Editores. México, D. F., México. 472 p.
- Vega-Alarcón, A. (2013). *Evaluación de las plantaciones forestales comerciales establecidas entre 1994 y 1996 en los Tuxtla, Ver.* [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas].
- Velasco-Bautista E, Madrigal-Huendo S, Vázquez-Collazo I, Moreno-Sánchez F, y González-Hernández A. (2020). Tablas de volumen con corteza para *Pinus douglasiana* y *Pinus pseudostrobus* del sur-occidente de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 32 (101): 93-15.