

Precisión de la fórmula de Pressler para la estimación del volumen de árboles en pie de *Pinus montezumae* Lamb. en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán

Guadalupe Geraldine García Espinoza¹, Jonathan Hernández Ramos²,
J. Jesús García Magaña¹, Xavier García Cuevas², Patricia Delgado Valerio¹
y Ma. Carmen Rocha Granados¹

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

Resumen

La estimación del volumen por árbol es esencial para el cálculo de las existencias maderables presentes en un bosque. Para la estimación de esta variable se emplean métodos directos e indirectos con diversas técnicas de ajuste estadístico. El objetivo fue generar una ecuación de volumen con datos de árboles en pie procesados con la fórmula de Pressler y comparar los volúmenes calculados con los procedentes de una ecuación de volumen formulada con datos obtenidos con el telerelascopio de Bitterlich. En bosques de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, se midieron 86 árboles de *Pinus montezumae*, donde las medidas registradas de forma directa fueron los diámetros de tocón y

normal, además de manera indirecta los diámetros a las alturas de 2.3, 5 m y en longitudes variables sobre el fuste hasta llegar a la altura total. Se ajustaron los modelos de Spurr con variable combinada aritmética, Schumacher-Hall, Korsun, Spurr con variable combinada logarítmica y Thornber, que posteriormente se compararon con la fórmula de Pressler. Los resultados señalan que la fórmula de Pressler es confiable, ya que permite obtener el volumen de árboles en pie con diferencias mínimas respecto a los volúmenes obtenidos con el telerelascopio de Bitterlich independientemente de su diámetro y altura.

Palabras claves: Ecuaciones, cubicación, Schumacher, volumen, modelos matemáticos.

Abstract

The volume estimation per tree is essential for the calculation of timber stocks present in a forest, to obtain this variable direct methods are used but can be used indirectly without significantly reducing the precision, therefore, The objective was to generate a volume equation with data on standing trees processed with Pressler's formula and to compare the volumes calculated with those from a formulated volume equation with data obtained with the Bitterlich relascope. A total of 86 *Pinus montezumae* trees located in the site of the indigenous community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, were measured. Direct measures of the 0.3 m stump and normal diameter at 1.3 m were included with caliper and indirectly with Bitterlich's telereloscope, diameters at heights of 2.3, 5 m and in variable lengths until reaching the tip of the tree. We tested the Spurr models with combined arithmetic variable, Schumacher-Hall, Korsun, Spurr with combined logarithmic variable and Thornber. The results indicate that the use of the Pressler formula for the volumetric estimation of *Pinus montezumae* is reliable. Since it allows to obtain the volume of standing trees with minimum differences with respect to the volumes obtained with Bitterlich telereloscope irrespective of their diameter and height.

Keywords: Volume equations, cubage, Schumacher, volume, mathematical models.

Introducción

El volumen por unidad de superficie es la forma de expresión de la cantidad de madera contenida en árboles y rodales más ampliamente utilizada a escala mundial

(Trincado y col., 1997; Tschieder, 2011; Hernández y col., 2018), mientras que el rendimiento maderable puede considerarse como la suma de los volúmenes de todos los árboles en pie de una hectárea o rodal (Torres y Magaña, 2005; Da Cunha y Guimarães, 2009, Parra-Piedra y col., 2017).

El uso de las ecuaciones de volumen como apoyo en la elaboración de Programas de Manejo Forestal (PMF), permiten estimar el volumen de madera por unidad de superficie y determinar la cosecha anual, ya sea de árboles individuales o el bosque en su conjunto (Diéguez y col., 2003; Carrillo y col., 2004) y una de las alternativas de bajo costo y tiempo es la implementación de ecuaciones alométricas, ya que son de fácil aplicación en el campo y permiten calcular las existencias de forma confiable en los predios forestales (Quiñonez y col., 2012; Piedra, 2017).

La estimación de volumen de madera en pie sin duda ha tenido cambios operativos a lo largo del tiempo. En un principio se utilizó un método destructivo como el apeo de árboles para su medición, mientras que a la fecha se han diseñado diversos instrumentos que facilitan la medición de ellos sin necesidad de derribarlos; además, como complemento, se emplean modelos matemáticos (Ramos-Uvilla y col., 2014), coeficientes y cocientes de forma para facilitar la estimación. En particular, la expresión de Pressler puede ser útil para el cálculo rápido y preciso del volumen de especies de coníferas (García y col., 2016; López, 2013).

Por la importancia de estimar con precisión el volumen maderable de las áreas boscosas y reducir los tiempos destinados a la obtención de información en campo, en la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, existe el interés de evaluar metodologías para la rápida y precisa estimación del volumen en pie debido al cambio dinámico de la forma de los árboles por efecto de los aprovechamientos, lo que hace necesario actualizar las herramientas con que se cuenta para estimar los volúmenes por árbol y de los rodales. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue generar una ecuación de volumen con datos de árboles en pie procesados con la fórmula de Pressler y comparar los volúmenes calculados con los procedentes de una ecuación de volumen formulada con datos obtenidos con el telerelascopio de Bitterlich.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio. La comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, comprende una superficie total de 18,138 ha que se localiza en el estado de Michoacán, a unos 15 km al occidente de la ciudad de Uruapan. Se

delimita geográficamente al norte entre los 19° 34' LN y 102° 17' LW y 19° 34' LN y 102° 00' LW, y en la parte sur entre los 19° 25' LN y 102° 17' LW y 19° 25' LN y 102° 10' LW (PMF, 2007). En general, la topografía es accidentada, con pendientes que fluctúan entre 5% y 50%. La región forma parte del Sistema Volcánico Transversal, específicamente del extremo suroccidental de la Sierra Purhépecha, dentro de la subprovincia volcánica Meseta Tarasca. Según la clasificación FAO/UNESCO, modificado por CETENAL, el suelo que se encuentra en el área de estudio es el tipo Andosol, de diferentes profundidades que van en relación con la pendiente y el grado de perturbación existente en la zona; es de color café olivo en seco y de color negro en húmedo; están clasificados como suelos franco-arenosos (PMF, 2007). Con base en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1981), la región presenta un clima templado húmedo, con abundantes lluvias en verano, lluvia invernal menor del 5% del total anual; temperatura media anual de 18° C y la del mes más frío entre 3 y 18° C, la fórmula climática es del tipo C (m) (w) (PMF, 2007).

La vegetación predominante en la zona corresponde a los bosques templados de altura, donde destacan: *Pinus michoacana* Mtz., *P. montezumae* Lamb., *P. douglasiana* Mtz., *P. leiophylla* Schl. et Cham., *P. pseudostrobus* Lindl., *Quercus laurina* Bonpl., *Q. rugosa* Née, *Abies religiosa* Kunth (Schltdl. et Cham) y *Alnus jorullensis* Kunth (Saucedo y Acosta, 1987).

Toma de datos. Se eligieron árboles representativos de la especie, completamente sanos, monopódicos, rectos y que no se encontraban aislados, ni a las orillas del rodal para evitar el efecto de orilla (Cruz-Cobos y col., 2008; Muñoz, 2000).

Tamaño de muestra. Se consideraron los criterios de Loetsch y col. (1973) que aconsejan emplear entre 50 y 100 árboles para la construcción de una tabla de volúmenes local y los reportados en la literatura internacional que sugieren emplear entre 23 y 229 árboles para tablas de volúmenes locales y tablas regionales (Ramos-Uvilla y col., 2014). Para realizar la comparación entre la metodología de ajuste estadístico y la fórmula de Pressler, se midieron 86 árboles de *P. montezumae* para obtener una ecuación de volumen donde se incluyeron árboles de todas las categorías diamétricas presentes en la zona de muestreo.

Obtención de volúmenes individuales con datos obtenidos con el telereleascopio de Bitterlich. Los datos registrados en campo se integraron a una hoja de cálculo (Excel) para su procesamiento. El volumen de cada sección del tronco se calculó con la fórmula de Smalian; para el tocón se consideró el diámetro

superior y la longitud de 0.3 m y para la punta se utilizó la fórmula del cono. Las fórmulas son las siguientes:

Volumen del tocón: $V_{tocón} = (ab_0) * 0.30$

Volumen de cada sección (Fórmula de Smalian): $V_{sección} = \left(\frac{S_0 + S_1}{2} \right) * LS$

Volumen de la punta (Fórmula del cono): $V_{punta} = \left(\frac{(ab_n)}{3} \right) * LP$

Donde:

ab_0 = Área basal de la sección gruesa de la sección (m^2)

ab_1 = Área basal de la sección angosta de la sección (m^2)

ab_n = Área basal de la base de la punta (m^2)

LS = Longitud de sección (m)

LP = Longitud de punta (m).

Obtención de volúmenes individuales con la fórmula de Pressler. Se procedió a calcular los volúmenes individuales de la muestra de 86 árboles obtenidos con el telerelascopio de Bitterlich y 82 mediante la fórmula de Pressler con la modificación hecha por Bitterlich (Romahn y col., 2010): $V = \frac{2}{3} g * hp + 0.65$

Donde:

g = área basal a la altura del diámetro normal (m^2)

hp = altura de Pressler ($h_{0.5d}$ m)

0.65 = modificación de Pressler en m

Análisis de regresión. Con los volúmenes reales estimados para cada troza y por árbol y los calculados con la fórmula de Pressler, para cada caso se procedió a generar una ecuación de volumen mediante un análisis de regresión para encontrar una relación matemática que permita predecir el volumen de árboles en pie, los análisis se corrieron con el procedimiento Proc reg en el paquete estadístico SAS 9.0.

Se probaron los modelos Schumacher-Hall, Korsun, Thornber, Spurr modelo aritmético y Spurr modelo logarítmico (Ramos-Uvilla y col., 2014; Velasco y col., 2006) (Tabla 1).

TABLA 1. Modelos predictivos de volumen de fuste (v) para *Pinus montezumae* en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Modelo	Forma no lineal	Forma Linealizada
Schumacher-Hall	$VFU = aD^b A^c$	$\ln VFU = \ln a + b \ln D + c \ln A$
Thomber	$VFU = a (A/D)^b (D^2 A)$	$\ln VFU = \ln a + b \ln (A/D) + \ln (D^2 A)$
Spurr con Variable combinada lineal y no lineal	$VFU = a(D^2 A)^b$	$VFU = a + b(D^2 A)$
Spurr con Variable combinada no lineal y linealizada (forma logarítmica)	$VFU = a(D^2 A)^b$	$\ln VFU = \ln a + b \ln (D^2 A)$
Korsun	$VFU = a(D+1)^b A^c$	$\ln VFU = \ln a + b \ln (D+1) + c \ln A$

VFU= volumen fustal, D= diámetro normal, A= altura total, a,b,c = coeficientes, ln= logaritmo natural.

Para la selección de la ecuación de mejor ajuste, se consideraron los estadísticos del cuadrado medio del error (CME), Coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), significancia de los parámetros y distribución de los residuales (Quiñonez y col., 2012; Hernández-Ramos y col., 2017; Velasco y col., 2006). Para el cumplimiento de los supuestos de regresión de normalidad de los datos y auto correlación se emplearon las pruebas de Shapiro-Wilk (SW) y Durbin-Watson (DW) (Da Cunha y Guimarães, 2009; Vibrans y col., 2015).

Con los volúmenes obtenidos de la ecuación de mejor ajuste (volúmenes reales) se contrastaron con los volúmenes de las ecuaciones derivadas del cálculo mediante la fórmula de Pressler, para evaluar las desviaciones, se expresaron en términos de la Diferencia agregada (DA%) en porcentaje. La expresión para obtener la DA% es (Romahn y col., 2010):

$$DA \% = \frac{(\sum V_c - \sum V_r)}{\sum V_c} * 100$$

Dónde: DA% = Diferencia agregada en porcentaje; $\sum V_c$ = sumatoria de los volúmenes calculados o estimados; $\sum V_r$ = sumatoria de los volúmenes reales.

Resultados y Discusión

Tamaño de muestra. Se incluyeron 86 árboles de las categorías diamétricas entre 15 a 70 cm, cantidad semejante a la utilizada por Tenorio (2003) en el estado de Hidalgo, quien usó 101 árboles para *P. patula* en la construcción de una tabla de volumen; Müller (1994) utilizó 60 árboles de *Quercus laceyi* Small y 40 de *Quercus rysophylla* Weath para su trabajo. Por su parte González (2003) empleó 111

muestras para obtener una tabla de volumen para *Piranhea mexicana* en el municipio de Tomatlán, Jalisco; en Metztitlán, Hidalgo Muñoz y col. (2012) consideraron 87 muestras para *Pinus greggii* y Ramos-Uvilla y col. (2014) para obtener una ecuación de volumen para *Pinus lawsonii* Roezl utilizaron 152 árboles y 83 para *Pinus oocarpa* Schiede.

Dispersión de datos observados. Los datos provenientes de 86 árboles presentaron una tendencia exponencial para la relación d-v y at-v en donde quedaron representadas todas las categorías diamétricas consideradas.

Análisis de regresión. Para determinar si los volúmenes reales calculados y los obtenidos con la fórmula de Pressler permiten obtener una ecuación válida que represente la tendencia de la muestra, se valoraron los estadísticos y en las Tablas 2 y 3 se presenta el resumen de los resultados obtenidos del análisis de regresión.

TABLA 2. Resumen del análisis de varianza de cinco modelos para estimar los volúmenes reales.

Modelo	G.L.	RCME	F cal.	P > F	R ² ajust.
Schumacher-Hall	85	0.01931295	161334	<0.0001	0.9998
Thomber	85	0.01931295	161334	0.0001	0.9998
Spurr Var.	85	0.01988064	304498	0.0001	0.9997
Combinada logarítmica					
Spurr Var.	85	0.05848077	107310	0.0001	0.9993
Combinada aritmética					
Korsun	85	0.02071787	140189	0.0001	0.9997

TABLA 3. Resumen del análisis de varianza de cinco modelos ensayados para los volúmenes estimados con la fórmula de Pressler.

Modelo	GL	RCME	F cal.	P > F	R ² ajust.
Schumacher-Hall	81	0.04159327	34874.9	0.0001	0.9988
Thomber	81	0.04159327	34874.9	0.0001	0.9988
Spurr Var. Combinada logarítmica	81	0.04254409	66762.2	0.0001	0.9988
Spurr Var. Combinada aritmética	81	0.14649232	17862.7	0.0001	0.9954
Korsun	81	0.04289522	32937.2	0.0001	0.9988

Para los volúmenes reales, los modelos de Schumacher- Hall y Thornber presentaron los mejores valores y similares entre sí, tanto en menor RCME, F calculada, significancia y R^2 aj.; en las estimaciones con la fórmula de Pressler, se presentó una situación análoga donde los modelos de Schumacher- Hall y el de Thornber presentaron los valores más deseables además del menor cuadrado del error, el mayor valor de F se logró con el modelo de Spurr con variable combinada logarítmica y el menor valor de la R^2 aj. se obtuvo con el modelo de Spurr con variable combinada aritmética mientras que el resto presentaron estimadores similares.

Como se observa, los mejores resultados se obtienen cuando el ajuste se hace con los datos reales ya que se minimizaron el cuadrado medio del error y las mayores F calculadas, sin embargo, los ajustes con datos procedentes de la fórmula de Pressler presentan valores altamente deseables y válidos.

Distribución gráfica de la dispersión de los residuales. A los resultados obtenidos con los cinco modelos, se les efectuó un análisis gráfico de la distribución de los residuales para verificar los supuestos del modelo, es decir, la no presencia de heterocedasticidad, los errores no están correlacionados, la distribución es normal y que el error tiene una varianza uniforme (Alder, 1980.; Velasco y col., 2007, Da Cunha y Guimarães, 2009), excepto en el modelo de la Figura 1A, donde se observa que los residuales son mayores a medida que los diámetros aumentan (Prodan y col., 1997).

En el caso de los volúmenes reales, la distribución de residuales fue buena y homogénea de acuerdo a la clasificación de Bussab, este requisito es importante para la confiabilidad de los estimadores ya que muestra que la misma no presenta tendencias definidas (Figura 1). Con la fórmula de Pressler, los residuales arrojados con el modelo de Spurr aritmético presentaron la tendencia de formar un embudo abierto hacia afuera que parece violar el supuesto de homocedasticidad con la menor dimensión con los volúmenes pequeños y creciendo conforme aumenta el volumen, esto indica que la varianza de los errores no es uniforme respecto a las $\hat{Y}_i$ - y , el resto de los modelos arrojó una distribución de residuales apropiada (Figura 2A).

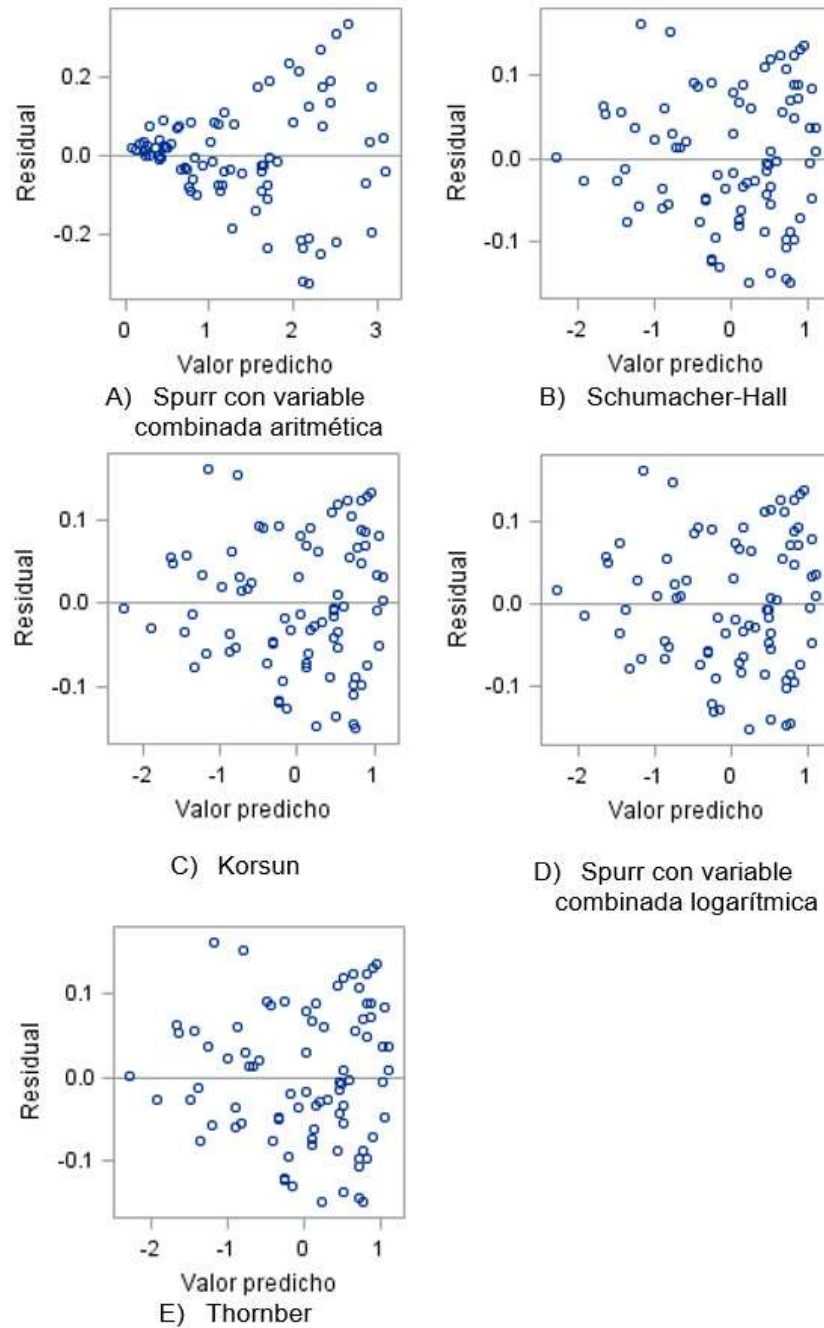


Figura 1. Distribución de residuales de los volúmenes reales.

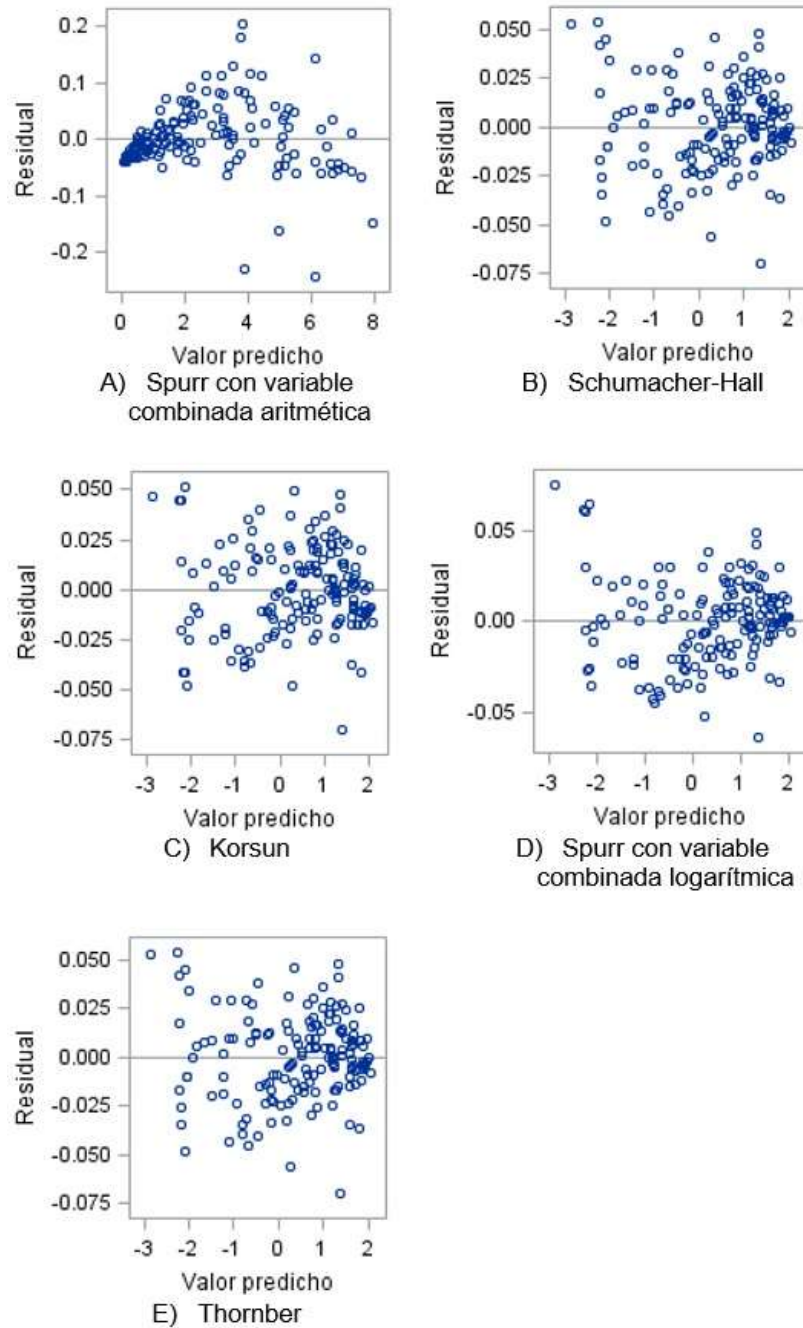


Figura 2. Distribución de residuales de la fórmula de Pressler.

Tanto para los volúmenes reales como para los obtenidos con la fórmula de Pressler, se observa que los modelos de Schumacher Hall y de Thornber (gráficos B y E) presentaron resultados estadísticos y gráficas de residuales similares, por lo que se eligió al primero por tener mayor facilidad de cálculo y por ser el más utilizado en bosques de coníferas. En la Tabla 4 se presentan los estadísticos de validación de la ecuación seleccionada con el modelo de Schumacher Hall para los volúmenes reales y los obtenidos con la fórmula de Pressler, se incluyen al estadístico de Durbin Watson, el de Shapiro Wilk y la significancia de los coeficientes β_0 , β_1 y β_2 .

TABLA 4. Resultados de los estadísticos de Durbin Watson, Shapiro Wilk y la significancia de los coeficientes de la ecuación de Schumacher para los valores obtenidos con los volúmenes reales y los de Pressler.

DW	SW	β_0			β_1			β_2		
		Coeficiente	Valor t	Prob. t	Coeficiente	Valor t	Prob. t	Coeficiente	Valor t	Prob. t
Reales										
1.43	0.992	-9.77616	-460.88	<0.0001	1.9679	196.79	<0.0001	0.93906	67.27	<0.0001
Pressler										
1.83	0.919	-9.68944	-211.87	<0.0001	197.852	94.26	<0.0001	0.90506	30.6	<0.0001

Para los volúmenes reales, el estadístico de Durbin Watson presentó un valor cercano a 2 que es el más deseable y por lo tanto no hay problemas de autocorrelación, el valor del estadístico de Shapiro Wilk se acerca a la unidad y en consecuencia a la curva normal de los datos y los tres coeficientes de la ecuación son significativos.

En relación a los valores obtenidos con la fórmula de Pressler, el estadístico de Durbin Watson (1.83) es cercano a dos, lo que indica que no hay autocorrelación, mientras que el valor de Shapiro Wilk de 0.919 es cercano a la unidad lo que indica que los datos no tienen problemas de normalidad y los coeficientes fueron significativos.

Comparación entre los volúmenes reales y los obtenidos con la fórmula de Pressler. En la Figura 3 se muestra el gráfico que indica la tendencia de los datos y la alta relación entre los pares de valores de los volúmenes reales y los obtenidos con la fórmula de Pressler lo que confirma la factibilidad de emplear la expresión de Pressler para la obtención del volumen de árboles en pie de *Pinus montezumae* Lamb. en bosques de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, acorde a lo señalado por Romahn (1999).

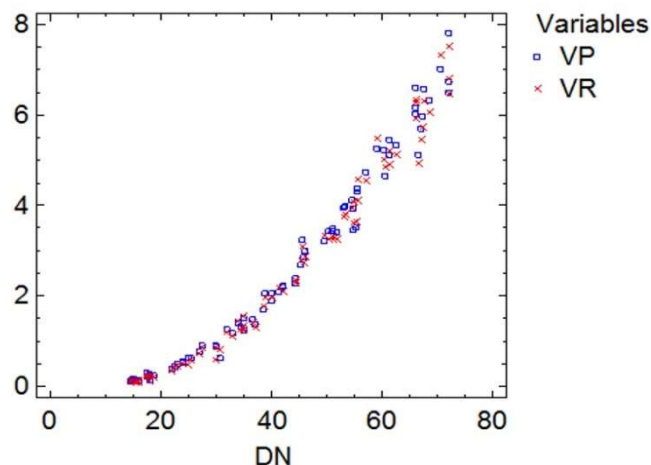


Figura 3. Comparación gráfica de los volúmenes reales y los obtenidos con la fórmula de Pressler.

Diferencia agregada (%). Los resultados de la aplicación de la prueba de la Diferencia Agregada en porcentaje mostraron los siguientes resultados:

$$DA \% = \frac{(\sum Vp - \sum Vr)}{\sum Vp} * 100 = \frac{(228.709536 - 225.90115)}{228.709536} * 100 = 1.227927 \%$$

El valor deseable de la Diferencia Agregada debe ser cercano a 1 (Loján, 1967), en este estudio el valor fue de 1.22% que es cercano a la unidad, lo que confirma la bondad de la expresión de Pressler para la estimación del volumen de árboles en pie de *Pinus montezumae* en bosques de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Conclusiones

Se confirma que la fórmula de Pressler permite estimar rápidamente y con precisión el volumen de árboles en pie de *Pinus montezumae*, independientemente de su diámetro y altura con una diferencia mínima en comparación a los volúmenes reales obtenidos con la medición total del fuste.

Los estadísticos analizados mostraron valores altamente deseables para la regresión, los modelos y los elementos para su validación, lo que brinda amplia confiabilidad a las estimaciones aun cuando las ecuaciones ajustadas con datos reales son ligeramente mejores según los estadísticos analizados.

Para evitar el derribo de árboles sin dejar de obtener información confiable para elaborar ecuaciones de volumen, los métodos indirectos se utilizan ampliamente y en la toma de datos de campo, la ubicación del punto R o altura de Pressler representada en la altura donde se presenta la mitad del diámetro normal, se facilita con el empleo del relascopio o el telerelascopio de Bitterlich y los cálculos de los volúmenes individuales con el método de los diámetros.

Bibliografía

- Alder D., 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento: con referencia especial a los trópicos. Vol. 2: Predicción del rendimiento. Roma: FAO. 209 p. (Estudio FAO. Montes; 22/2).
- Carrillo, A. F., F. Becerra L., G. Tenorio G. y M. Acosta M. 2004. Tabla de volumen para *Pinus patula* Schl. et Cham. en el estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, CIR Centro, C. E. Pachuca. Folleto Técnico No. 2. 16 p.
- Cruz-Cobos F., H. M. de los Santos-Posadas y J. R. Vázquez-Lazalde. 2008. Sistema compatible de ahusamiento-volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango, México. Agrociencia 42:473-485.
- Da Cunha, T. A. y C. A. Guimarães F. 2009. Modelo de regresión para estimar el volumen total con corteza de árboles de *Pinus taeda* L. en el sur de Brasil. Kuru. Revista Forestal. Costa Rica. 6(16). 15 p.
- Diéguez, A. U., M. Barrio A., F. Castedo D., A. D. Ruíz G., M. F. Álvarez T., J. G. Álvarez G. y A. Rojo. 2003. Dendrometría. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 327 p.
- García, C. X., V. Herrera-Ávila, J. Hernández-Ramos, J. J. García-Magaña y A. Hernández-Ramos. 2016. Ecuaciones para predecir el diámetro normal en función del diámetro del tocón para *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham. Rev. Mex. de Cien. For. Vol. 7 No. 37. pp: 95-103.
- García, M. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª Ed. México D. F. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 500 p.
- González, J. F. 2003. Tabla de volumen para *Piranhea mexicana* (Standl.) Radcl.-Sm. en la costa de Jalisco. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. CUCBA, División de Ciencias Agronómicas. 38 p.
- Hernández-Ramos J., A. Hernández-Ramos., X. García-Cuevas, J. C. Tamarit-Urías, L. Martínez-Ángel y J. J. García-Magaña. 2017. Ecuaciones de

- volumen total y de razón para estimar el volumen comercial de *Swietenia macrophylla* King. Colombia Forestal. Vol. 21 No.1. pp:34-46.
- Loetsch, F., Zörer, F., Haller, K. E. 1973. Forest Inventory. vol. II. BLV Verlagsgesellschaft, München, 469 pp.
- Loján, I. L. 1967. Apuntes del curso de dasometría. v.1. Medición de árboles individuales. v.2. Mediciones en bosques. IICA. Turrialba, Costa Rica. 2a. Edición. 83 p.
- Programa de Manejo Forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (PMF). 2007. Dirección Técnica Forestal CINSJP.
- López P. C., 2013. Curso de dendrometría disponible en <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/dasometria/contenidos-ocw-2008/dendrometria/>
- Müller, C. H. 1944. Fagaceae. Jour. Arn. Arb. 25: 437-450.
- Muñoz F. J. H. 2000. Tablas de volumen para *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Ciencia Forestal en México. 25 (88): 75-92.
- Muñoz, F. H. J., J. C. Velarde R., J. J. García M., J. T. Sáenz R., E. H. Olvera D. y J. Hernández R. 2012. Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. Rev. Mex. Cien. For. 3(14):11-22
- Parra-Piedra, J. P., H. M. De los Santos-Posadas, A. M. Fierros-González, J. R. Valdez-Lazalde y J. L. Romo-Lozano. 2017. Proyección explícita e implícita del rendimiento maderable de plantaciones forestales comerciales de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Agrociencia*, 51: 455-470.
- Prodan M., Peters P., Cox F., Real P. 1997. Mensura Forestal. San José: IICA. 586p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible; A1/SC-97-01).
- Quiñonez B. G., F. Cruz C., B. Vargas L. y F. J. Hernández. 2012. Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. Rev. Mex. de Cien For, Vol. 3 (9):20-39. Disponible en: http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3330&catid=1275
- Ramos-Uvilla J. A., J. J. García-Magaña, J. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, J. C. Velarde R., H. J. Muñoz-Flores y G. G. García-Espinoza. 2014. Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de *Pinus* de la Sierra Purhépecha, Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 5, Núm. 23: 92-108. Disponible en: <http://revistas.inifap.gob.mx/index.php/Forestales/article/view/3808>. Fecha de consulta: noviembre de 2016. xxx

- Romahn de la V. C. F. 1999. Relascopía una técnica de medición forestal. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, 125 p.
- Romahn de la V., C. F., y H. Ramírez M. 2010. Dendrometría. Edición digital corregida y aumentada. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 309 p. (Biblioteca Digital de la DiCiFo).
- Saucedo, L. A. y B. Acosta. 1987. Modelo de organización para el aprovechamiento forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Tesis Profesional. FAUMSNH. Uruapan. Michoacán. 67 p.
- Tenorio, G. G. 2003. Tabla de volumen para *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 62 p.
- Torres-Rojo, J. M., y O. S. Magaña T. 2005. Evaluación de plantaciones forestales. Limusa. Distrito Federal, México: 472 p.
- Trincado, V. G., Von Gadow, K. y Sandoval, V. 1997. Estimación del volumen comercial en latifoliadas. Bosque, 18, pp :39-44. DOI:<https://doi.org/10.4206/bosque.1997.v18n1-05>.
- Tschieder, E. F., Fassola, H. E., & García, C. M. 2011. Ecuaciones de volumen total para *Populus deltoides* de plantaciones del bajo delta del Parana. *Revista de Investigaciones Agropecuaria*, 37, 172-179.
- Velasco, B. E., S. Madrigal H., I. Vázquez C., A. González H. y F. Moreno S. 2006. Manual para la elaboración de tablas de volumen fustal en pino. INIFAP-CANACYT-CONAFOR. Libro Técnico No. 1. México. 34 p. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Mex. 13 p.
- Vibrans A. C., Moser P., Zimmermann O. L., Mazaneuro J. P. (2015). Height-diameter models for three subtropical forest types in Southern, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia: Lavras* 39: 205-215.