





Modelos alométricos para estimar diámetro, altura y volumen a partir del diámetro del tocón en *Pinus radiata* D. DON, parroquia Palmira, provincia de Chimborazo de Ecuador

Lara Vásconez David Francisco ¹  Hernán Eriberto Chamorro Sevilla ¹  Norma Ximena Lara Vásconez ¹ 
Flores Mancheno, Ana Carola ¹ 

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Panamericana Sur km 1½, Riobamba, EC-060155, Ecuador.

✉ Correspondencia: franciscolara@esPOCH.edu.ec  + 593 099 685 4186

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj72138>

Resumen: Las plantaciones forestales son fuentes de vida valiosas las cuales en los últimos tiempos han tomado una importancia relevante gracias al impacto en la oferta, demanda y la gran biodiversidad que estas plantaciones proporcionan a las empresas forestales, lo cual se manifiesta en un progreso económico para el país. En este estudio se presenta un análisis alométrico para estimar el crecimiento de *Pinus radiata* D. DON en la comunidad Galte Jatunloma en la parroquia Palmira, cantón Guamote provincia de Chimborazo. Para llevar a cabo el estudio se procedió de la siguiente manera: a través de un muestreo sistemático se monitorearon 13 parcelas permanentes conformadas por 62 árboles de *Pinus radiata* D. DON libres de toda imperfección, luego se determinó el diámetro de tocón (D_TOCON), diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (H_TOT), datos que posteriormente fueron depurados y estimados a través de un programa estadístico con el que se determinó la correlación en las variables diámetro, altura y volumen. Luego se estableció que el diámetro a la altura del pecho (DAP) tiene una fuerte relación con D_TOCON, ya que el 85.99% de su variabilidad se puede explicar por esta variable. Sin embargo, la altura total (H_TOT) no pareció estar tan relacionada con D_TOCON, ya que solo el 15.87% de su variabilidad se puede explicar por D_TOCON. En cuanto al volumen, la relación fue muy fuerte, ya que el 71.09% de la variabilidad en el volumen se pudo explicar por D_TOCON, lo cual es significativo estadísticamente. Lo cual denota que D_TOCON es un buen predictor para estimar el volumen.

Palabras claves: Alometría; *pinus radiata*; diámetro del tocón, plantaciones forestales

Allometric models to estimate diameter, height and volume from stump diameter in *Pinus radiata* D. DON, Palmira parish, Chimborazo province, Ecuador.



Check for updates

Cita: Lara Vásconez, D. F., Chamorro Sevilla, H. E., Lara Vásconez, N. X., & Flores Mancheno, A. C. (2024). Modelos alométricos para estimar diámetro, altura y volumen a partir del diámetro del tocón en *Pinus radiata* D. DON, parroquia Palmira, provincia de Chimborazo de Ecuador. *Green World Journal*, 07(02), 138. <https://doi.org/10.53313/gwj72138>

Received: 20/May /2024

Accepted: 16/June /2024

Published: 18/June/2024

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and

Abstract: Forest plantations are valuable sources of life which in recent times have taken on relevant importance thanks to the impact on supply, demand and the great biodiversity that these plantations provide to forestry companies, which is manifested in economic progress for the country. In this study, an allometric analysis is presented to estimate the growth of *Pinus radiata* D. DON in the Galte Jatunloma community in the Palmira parish, Guamoto canton, province of Chimborazo. To carry out the study, we proceeded as follows: through systematic sampling, 13 permanent plots made up of 62 *Pinus radiata* D. DON trees free of all imperfections were monitored, then the stump diameter (D_TOCON) was determined. diameter at chest height (DAP) and total height (H_TOT), data that were subsequently refined and estimated through a statistical program with which the correlation in the variables diameter, height and volume was determined. It was then established that diameter at breast height (DBH) has a strong relationship with D_TOCON, since 85.99% of its variability can be explained by this variable. However, the total height (H_TOT) did not seem to be so related to D_TOCON, since only 15.87% of its variability could be explained by D_TOCON. Regarding volume, the relationship was very strong, since 71.09% of the variability in volume could be explained by D_TOCON, which is statistically significant. Which denotes that D_TOCON is a good predictor to estimate the volume.

Keywords: Allometry; *pinus radiata*; stump diameter, forest plantations

1. Introducción

Los bosques son considerados fuentes de fibra, combustible, alimentos y forraje que proporcionan medios de vida a millones de persona [1], brindan bienestar y seguridad a través de una rica variedad de productos no maderables lo que los convierte en guardianes de la vida indispensables para el bienestar del planeta y sus habitantes [2]. El género *Pinus* abarca 120 especies a nivel mundial distribuidas en zonas templadas y subtropicales en diferentes regiones del mundo [3,4], las cuales evolucionaron aproximadamente hace 300 millones de años a finales del periodo carbonífero [5].

La especie *Pinus radiata* se destaca por ser una conífera que puede alcanzar alturas que bordean los 60 metros acompañadas de un DAP de 100 centímetros [6] además esta especie presenta un recurso maderable altamente apreciado en la industria forestal por su excelente crecimiento, calidad, resistencia, estabilidad y una durabilidad que bordea de 20 a 35 años [7,8].

En lo que se refiere a la biometría forestal el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) es una medida que ha tenido mucha acogida forestal misma que es utilizada para determinar el diámetro de los árboles [8,9]. Por lo que en la investigación científica la biometría forestal es como una herramienta cuantitativa para el manejo de ecosistemas forestal [11] templados y tropicales.

[12], señalan que los modelos alométricos son herramientas útiles para estimar el volumen de madera de un árbol a partir de variables de crecimiento, como el diámetro del tocón [13] la cual es aplicada cuando como evidencia de una plantación deforestada tenemos únicamente al tocón [14] por ejemplo en la tala ilegal de madera.

Entre los estudios llevados a cabo en los Estados Unidos de Norte América podemos citar a [15], quien por medio de transformaciones algorítmicas logró desarrollar un modelo de regresión lineal para 53 especies de árboles, además [16] generó ecuaciones de predicción del volumen en las que se empleó el diámetro del tronco a la altura del tocón como variables independientes de igual manera [17], relacionó los diámetros del tocón y los diámetros a la altura pecho en 17 especies quien seguido por [18] generó modelos de predicción del diámetro a la altura del pecho por medio de mínimos cuadrados ordinarios y regresión lineal simple para *Pinus contorta*.

La [19] enfatiza que la gestión forestal sostenible no debe limitarse a la tala de árboles, sino que debe buscar la integridad de los ecosistemas y el equilibrio de los recursos forestales para su preservación a largo plazo [20] a través de herramientas innovadoras para optimizar la producción forestal más precisa y eficiente [19] apoyando a políticas y gobernanza de otros

países a integrar el cambio climático en base a normativas forestal para el buen manejo sostenible de este recurso.

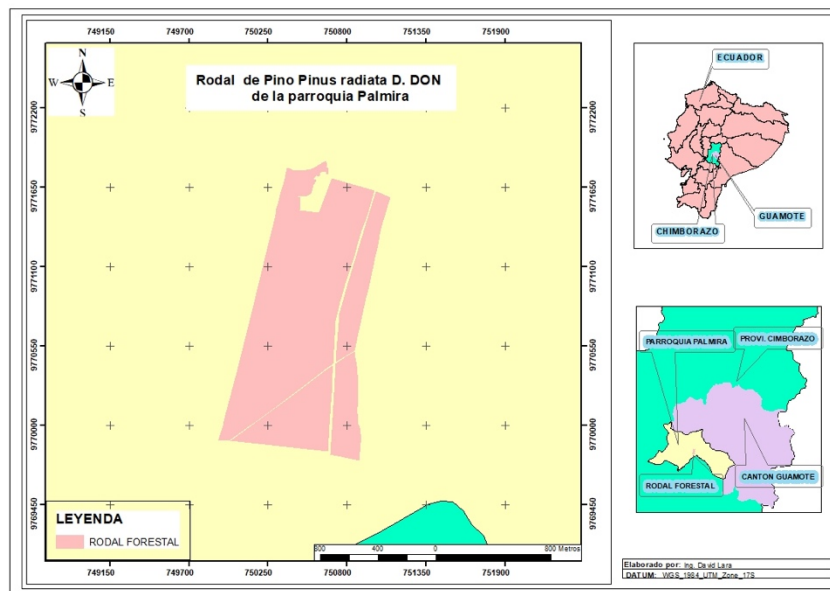
El objetivo principal de este estudio fue desarrollar modelos predictivos que permitan la estimación confiable del diámetro, la altura y el volumen de los árboles basándose en el diámetro del tocón como variable predictiva; en base a datos recopilados en una plantación ubicadas en la provincia de Chimborazo, en las que utilizó técnicas de muestreo sistemático.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un área boscosa coetánea de pino (*Pinus radiata*) perteneciente a la comunidad GALTE JATUNLOMA, parroquia Palmira del cantón Guamote, al noreste de la provincia de Chimborazo, Ecuador (Figura 1). Esta plantación se localiza en los puntos GPS X: 750669,91 Y: 9771777,1966.

Figura 1. Área de estudio



2.2. Colecta de datos

Mediante un diseño de muestreo al azar se seleccionaron en una plantación de *Pinus radiata* 62 árboles libres de toda imperfección distribuidos en 13 parcelas permanentes, cada una con un radio de 12,62 m en una extensión de 500 m² en las que se efectuaron monitoreos insitu con el fin de recolectar datos de campo como: Área basal (AB), Altura Total (H_TOT), DAP, Diámetro de Copa (D_C), Diámetro del Tocón (D_TOCON), Distancia del Árbol (DA) y Volumen Total del Árbol (VT). Para efectuar este ensayo se utilizó una forcípula una cinta diamétrica con la finalidad de conocer de manera exacta los DAP de los árboles, también se utilizó un clinómetro digital para determinar las alturas de los árboles con una distancia promedio de 5 a 22 metros.

2.3. Modelos alométricos utilizados

Se observó que el DAP de estas especies oscilo de 10 cm a 47.2 cm acompañadas de un Diámetro del Tocón (D_TOCON) de 13 a 48.20 variables dasométricas con las que se determinó: Altura Total (H_TOT); Área Basal (AB) y Volumen Total (V_T) las cuales fueron depuradas a través

de un programa estadístico con el que se obtuvo un R^2 más preciso.

La Tabla 1 describe los métodos alométricos utilizados para calcular el Área Basal y el Volumen Total con los cuales se pudo determinar la Altura 1 y Altura 2 de la plantación de Galte Jatun Loma.

Tabla 1. Modelos alométricos

Modelo
$AB = \frac{\pi * D^2}{4}$
$VT = \frac{\pi * AB^2}{4} * 0,77 * H_TOT$
Altura 1 = Tan (Lec. Apice* $\pi/180$) *Distancia
Altura 2 = Tan (Lec. Base* $\pi/180$) *Distancia
H_TOT = Altura 1 – Altura 2
Modelo de Regresión Lineal = $Y_0 + b_1X$

3. Resultados

3.1. Relación Diámetro del Tocón DAP

En la tabla 2 se presenta una muestra de 61 tocones de *Pinus radiata* los cuales fueron monitoreados insitu en la que observo un Diámetro del Tocón de 13 a 48,55 y un DAP que oscilo de 10 a 47,20. ES

Tabla 2. Relación diámetro del tócon DAP

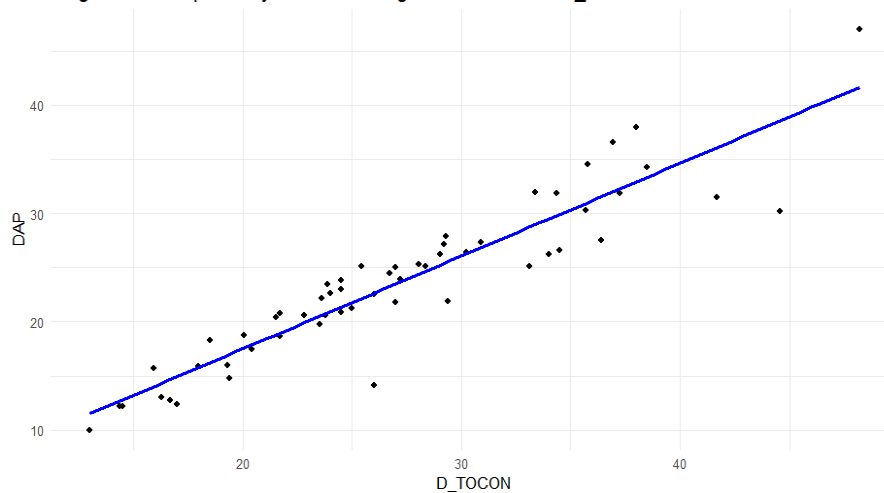
Pinus radiata	D_TOCON	DAP
1	13	10
2	21,51	20,37
3	29,22	27,11
4	21,70	28,81
5	28,39	25,11
6	36,92	36,60
7	20,75	19,09
8	18,14	14,76
-		
61	48,55	47,20

3.2. Análisis de la Relación entre D_TOCON y DAP

Modelo de Regresión Lineal: El modelo ajustado fue $DAP \sim D_TOCON$. Los resultados mostraron que el coeficiente de D_TOCON es altamente significativo ($\beta = 0.85680$, $p < 2e-16$), con un valor de R^2 de 0.8599, indicando que el 85.99% de la variabilidad en DAP puede ser explicada por D_TOCON lo cual concuerda con (Quezada et al., 2023) quien manifiesta que en algunas Unidades de Manejo Forestal (UMAFOR), el diámetro del tocón explicó el 91 % o más de la variación en el diámetro normal (DAP) lo cual tiene un efecto significativo en el crecimiento y la supervivencia de *Pinus radiata* D. Don

Figura 2. Diagrama de dispersión y modelo de regresión.

Diagrama de Dispersión y Modelo de Regresión de DAP vs D_TOCON



Verificación de Supuestos:

- Normalidad: La prueba de Kolmogorov–Smirnov ($p = 0.3549$) no rechazó la hipótesis de normalidad de los residuos, pero la prueba de Anderson–Darling ($p = 0.03004$) sí lo hizo.
- Homocedasticidad: La prueba de Breusch–Pagan ($p = 0.0006062$) rechazó la hipótesis de homocedasticidad, indicando la presencia de heterocedasticidad.
- Independencia: La prueba de Durbin–Watson ($p = 0.009318$) indicó autocorrelación positiva en los residuos.

Diámetro del Tocón Altura Total

En la tabla 3 se presenta una muestra de 43 árboles de *Pinus radiata* que presentaron un Diámetro del Tocón que se sostuvo desde los 13 a 44,56 cm acompañados de una Altura que oscilo desde los 7 metros hasta los 22,81 metros.

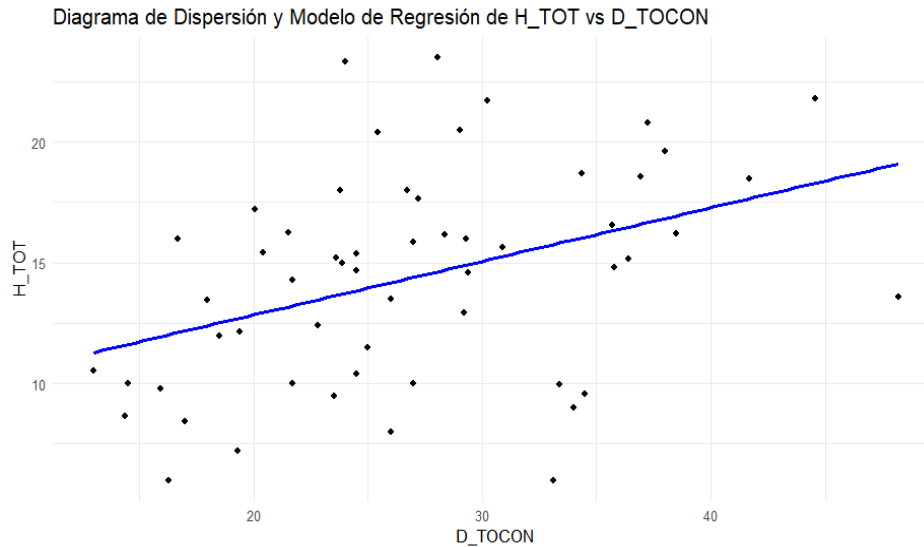
Tabla 3. Relación diámetro del tócon

Pinus Radiata	D_TOCON	H_TOT
1	13	7
2	21,52	16,25
3	29,22	12,94
4	21,71	14,28
5	28,39	16,18
6	36,92	18,57
7	20,75	14,14
8	18,14	8,2
-	-	-
43	44,56	21,81

3.3. Análisis de la Relación entre D_TOCON y H_TOT

Modelo de Regresión Lineal: El modelo ajustado fue $H_TOT \sim D_TOCON$. Los resultados del análisis mostraron que el coeficiente de D_TOCON es significativo ($\beta = 0.22186$, $p = 0.00236$), lo que indica una relación positiva entre el Diámetro del Tocón y la Altura Total. Sin embargo, el valor del coeficiente de determinación R^2 fue 0.1587, lo que sugiere que solo el 15.87% de la variabilidad en H_TOT puede ser explicada por D_TOCON . Resultado que coincide con (Shan Chenxi et al., 2019) quien manifiesta que entre estas dos variables existe una variabilidad proporcional relativamente baja.

Figura 3. Diagrama de dispersión de regresión de H_TOT vs D_TOCON



Verificación de Supuestos:

- Normalidad: La prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p = 0.9752$) y la prueba de Anderson-Darling ($p = 0.893$) no rechazaron la hipótesis de normalidad de los residuos.
- Homocedasticidad: La prueba de Breusch-Pagan ($p = 0.4128$) no rechazó la hipótesis de homocedasticidad.
- Independencia: La prueba de Durbin-Watson ($p = 1.319e-05$) indicó autocorrelación positiva en los residuos, sugiriendo que los residuos no son completamente independientes.

Relación Tócon Volumen

En la tabla 4 se presenta una muestra de 50 árboles de *Pinus radiata* los cuales fueron monitoreados insitu los cuales presentaron un Diámetro del tocón el cual oscila de 13,00 a 48,20 cm y un Volumen de 0,04 m³ a 1,65 m³.

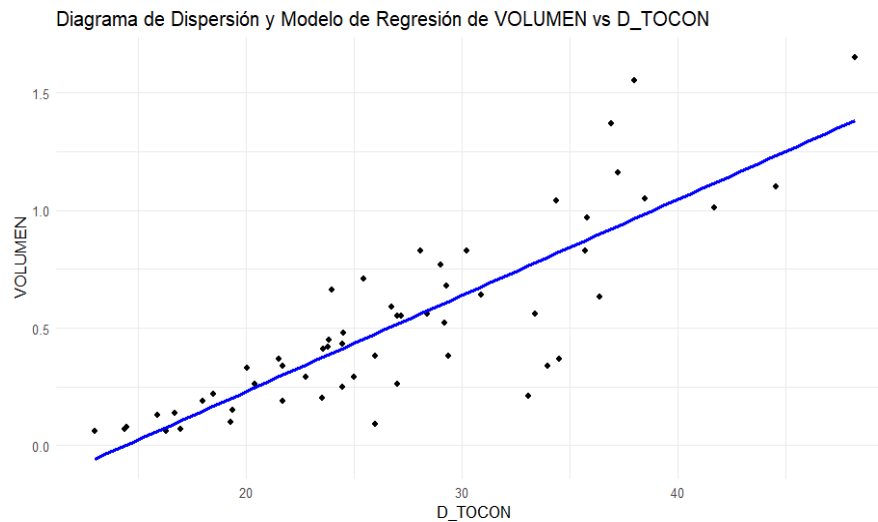
Tabla 4. Relación volumen tócon

Pinus radiata	D_TOCON	VOLUMEN
1	13,00	0,04
2	21,52	0,37
3	29,22	0,52
4	21,71	0,34
5	28,39	0,56
6	20,75	0,28
7	18,14	0,09
8	30,88	0,64
-	-	-
50	48,20	1,65

Análisis de la Relación entre

Modelo de Regresión Lineal: El modelo ajustado fue $VOLUMEN \sim D_TOCON$. El coeficiente de D_TOCON resultó ser significativo ($\beta = 0.040870$, $p < 2e-16$), con un R^2 de 0.7109, indicando que el 71.09% de la variabilidad en $VOLUMEN$ puede ser explicada por D_TOCON . Lo cual concuerda con (Aranda Dieguez 2008 et al., 2008) quien manifiesta que el volumen de un árbol puede ser estimado a través del diámetro del tócon.

Figura 4. Diagrama de dispersión y modelo de regresión de volumen



Verificación de Supuestos:

- Normalidad: La prueba de Kolmogorov–Smirnov ($p = 0.3642$) no rechazó la hipótesis de normalidad, mientras que la prueba de Anderson–Darling ($p = 0.01714$) sí lo hizo.
- Homocedasticidad: La prueba de Breusch–Pagan ($p = 0.001708$) rechazó la hipótesis de homocedasticidad.
- Independencia: La prueba de Durbin–Watson ($p = 0.0152$) sugirió la presencia de autocorrelación positiva en los residuos.

4. Discusión

El estudio encontró que el diámetro del tocón (D_TOCON) explica el 85.99% de la variabilidad en el DAP, con un coeficiente de regresión altamente significativo. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Quezada et al. (2023), quienes reportaron que el diámetro del tocón explicaba el 91% de la variabilidad en el DAP en ciertas Unidades de Manejo Forestal (UMAFOR). Ambos estudios sugieren que el diámetro del tocón es un buen predictor del DAP en *Pinus radiata*, lo cual tiene implicaciones importantes para el manejo y conservación de estas plantaciones.

El análisis mostró una relación positiva entre el diámetro del tocón y la altura total (H_TOT), aunque con un coeficiente de determinación más bajo ($R^2 = 0.1587$), indicando que solo el 15.87% de la variabilidad en H_TOT puede ser explicada por D_TOCON . Este resultado coincide con los hallazgos de Shan Chenxi et al. (2019), quienes observaron una variabilidad proporcional relativamente baja entre estas dos variables en *Pinus radiata*. La baja correlación podría deberse a factores ambientales y genéticos que afectan el crecimiento en altura de los árboles.

Los modelos de regresión lineal fueron evaluados mediante pruebas de normalidad, homocedasticidad e independencia: Normalidad: Las pruebas de Kolmogorov–Smirnov y Anderson–

Darling mostraron resultados mixtos, con algunas pruebas rechazando la hipótesis de normalidad de los residuos. Homocedasticidad: La prueba de Breusch-Pagan indicó la presencia de heterocedasticidad en algunos modelos, sugiriendo que la variabilidad de los residuos no es constante. Independencia: La prueba de Durbin-Watson señaló la presencia de autocorrelación positiva en los residuos, indicando que los errores no son completamente independientes. Estas verificaciones son cruciales para la validez de los modelos de regresión y deben ser consideradas al interpretar los resultados.

5. Conclusión

La presente investigación llevada a cabo en la parroquia Palmira del Cantón Guamote provincia de Chimborazo del Ecuador muestra como resultado tres variables estudiadas como diámetro, altura y volumen las cuales presentan una fuerte relación alométrica de la especie *Pinus radiata*. Revelando que un 85.99% de variabilidad en DAP es explicada por D_TOCON el 15.87% de la variabilidad en H_TOT puede ser explicada por D_TOCON y 71.09% de la variabilidad del VOLUMEN puede ser explicada por D_TOCON. Con este estudio se espera abrir nuevas brechas en la investigación forestal para futuros estudios que permitan un mejor manejo de plantaciones.

Contribución de autores: Conceptualización, E.A.S.Z. y G.A.B.S.; metodología, E.A.S.Z.; software, E.A.S.Z.; validación, E.A.S.Z., G.A.B.S. y M.M.G.A.; análisis formal, E.A.S.Z.; investigación, E.A.S.Z.; recursos, E.A.S.Z.; curaduría de datos, E.A.S.Z.; redacción-revisión y edición, E.A.S.Z.; visualización, E.A.S.Z.; administración, E.A.S.Z.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. ONU. (2023, mayo 8). *Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques: 5 cosas que debes saber* | Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2023/05/1520777>
2. FSC, F. S. C. (2022, agosto 17). *Why Forests Matter* | Forest Stewardship Council. Why Forests Matter | Forest Stewardship Council. <https://fsc.org/es/por-que-importan-los-bosques>
3. Tropicos. (1982). *Tropicos—NameSearch*. <https://www.tropicos.org/name/Search?name=pinus>
4. Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y bosques*, 14(1), 107–120.
5. Hilton, J., Wang, S.-J., Tian, B., & Li, C.-H. (2003). Evidence for conifer origins and early evolution from the late palaeozoic cathaysian flora of south east Asia. *Acta Horticulturae*, 615, 59–65. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.615.3>
6. Vinueza, M. (2013). *Ficha Técnica No. 13 Pino (Pinus radiata)*. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>
7. Serement, N. (2021, septiembre 16). *Maderera Andina: Pino Radiata, las ventajas de la mejor Madera*. *Maderera Andina*. <https://maderera-andina.com/maderera-andina-pino-radiata-las-ventajas-de-la-mejor-madera/>
8. Uquillas Guerrero, T. L. (2022). *Evaluación de la durabilidad natural de madera aserrada de la especie Pinus radiata de la empresa AGLOMERADOS COTOPAXI en reacción a un hongo xilófago*. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/18402>

9. Wabö, E., Cellini, J. M., Martínez Pastur, G., & Lencinas, M. V. (2007). 14. <https://www.redalyc.org/pdf/481/48101401.pdf>
10. Salas-Eljatib, C. (2013, julio 25). *Biometría de los bosques naturales de Chile: Estado del arte*. Christian's Website. https://eljatib.com/publication/2013-07-25_biometria_de_los_bos/
11. Vargas-Larreta, B., Aguirre-Calderón, O. A., Aguirre-Calderón, C. G., Zamudio-Sánchez, F. J., López-Martínez, J. O., Corral-Rivas, J. J., & Treviño-Garza, E. J. (2018). *Manual del Sistema Biométrico Forestal (SIBIFOR)*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD006165.pdf>
12. Quiñónez Barraza, G., Cruz Cobos, F., Vargas Larreta, B., & Javier Hernández, F. (2019). ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO, ALTURA Y VOLUMEN A PARTIR DEL TOCÓN PARA ESPECIES FORESTALES DE DURANGO. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(9), 23-39. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i9.535>
13. Martínez-López, J., & Acosta-Ramos, A. (2014). Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del diámetro del tocón para *Quercus laurina*, en Ixtlán, Oaxaca, México. *Madera y bosques*, 20(1), 59-70.
14. Chukwu, O., Ogana, F. N., & Nwatu, J. U. (2020). Comparison of Volumes Estimated from Breast Height and Stump Diameters: Application to *Tectona grandis* Data. *Forest Science*, 66(5), 551-555. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxaa015>
15. McClure, J. P. (1968). Predicting Tree Diameter Breast Height from Stump Measurements in the Southeast. *Res. Note SE-99*. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 4 p., 099. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/835>
16. Bylin, C. V. (1982). Volume Prediction from Stump Diameter and Stump Height of Selected Species in Louisiana. *Res. Pap. SO-182*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 p., 182. <https://doi.org/10.2737/SO-RP-182>
17. Wharton, E. H., & Pa). (1984). *Predicting diameter at breast height from stump diameters for northeastern tree species*. [Broomall, Pa.]: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. <http://archive.org/details/predictingdiamet322whar>
18. Schlieter, J. A., Forestry Sciences Laboratory (Missoula, M.), Intermountain Research Station (Ogden, U., & United States. Forest Service. (1986). *Estimation of diameter at breast height from stump diameter for lodgepole pine*. [Ogden, Utah]: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. <http://archive.org/details/estimationofdiam359schl>
19. FAO. (2024). *Gestión forestal sostenible | Portal de apoyo a las políticas y la gobernanza | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | Policy Support and Governance | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/policy-support/policy-themes/sustainable-forest-management/es/>
20. Soto Cervantes, J. A., Padilla Martínez, J. R., Domínguez Calleros, P. A., Carrillo Parra, A., Rodríguez Laguna, R., Pompa García, M., García Montiel, E., Corral Rivas, J. J., Soto Cervantes, J. A., Padilla Martínez, J. R., Domínguez Calleros, P. A., Carrillo Parra, A., Rodríguez Laguna, R., Pompa García, M., García Montiel, E., & Corral Rivas, J. J. (2021). Efecto de cuatro tratamientos silvícolas en la producción maderable en un Bosque de Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 56-80. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.991>



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>