

Estimación de la densidad básica de la madera en tres especies tropicales en Chiapas, México

Estimation of the basic density of wood in three tropical species in Chiapas, Mexico

Pablo Marroquín-Morales

Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas. Entronque carretera y pueblo de Huehuetán, Chiapas, México.

Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Nacional #85, Km. 145, Linares, Nuevo León.

Eduardo Alanís-Rodríguez*

Oscar Alberto Aguirre-Calderón

Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Nacional #85, Km. 145, Linares, Nuevo León.

Dorian de Jesús Pimienta-de la Torre

Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas. Entronque carretera y pueblo de Huehuetán, Chiapas, México.

*Autor para correspondencia: eduardoforestal@gmail.com

Resumen

Actualmente se ha demostrado que la densidad básica de la madera está relacionada con el crecimiento de los árboles y la capacidad de almacenamiento de carbono, así mismo proporciona información como la resistencia, durabilidad y calidad de la madera, con ello se determina el uso eficiente de la madera en las especies tropicales. El objetivo de esta investigación fue estimar la densidad básica de la madera en tres especies tropicales (*Tectona grandis* L. f., *Gmelina arborea* Roxb. y *Cedrela odorata* L.). Para estimar la densidad básica de las especies, se empleó el método empírico, el cual consiste en extraer una viruta del árbol mediante un taladro de pressler, a una altura de pecho (1.30 m), una vez obtenida las 20 virutas por especie, las pequeñas muestras se deshidratan en una estufa de secado hasta obtener una temperatura constante, a través de ello se obtuvo la densidad básica por especie. Una vez obtenido los datos de densidad fueron sometidos a un análisis de varianza y posteriormente se les aplicó una prueba de Tukey. El análisis estadístico indica que, si hay diferencias significativas entre las especies, donde la mayor densidad básica se presentó en *Tectona grandis* L. f. con 0.59 g/cm³, seguido *Gmelina arborea* Roxb. 0.44 g/cm³ y por último *Cedrela odorata* L. con 0.37 g/cm³, estos valores de acuerdo a la clasificación de madera nos indican que en teca y melina presentan una madera media y para el cedro una madera baja.

Palabras clave: *Cedrela odorata*, *Gmelina arborea*, método empírico, volumen y *Tectona grandis*.

Abstract

It has now been shown that the basic density of wood is related to tree growth and carbon storage capacity, it also provides information such as the resistance, durability and quality of the wood, with this, the efficient use of wood in tropical species is determined. The objective of this research was to estimate the basic density of wood in three tropical species (*Tectona grandis* L. f., *Gmelina arborea* Roxb. and *Cedrela odorata* L.). To estimate the basic density of the species, the empirical method was used, which consists of extracting a core from the tree using a pressler drill, at a breast height (1.30 m), once the 20 cores per species have been obtained, the small samples are dehydrated in a drying oven until a constant temperature is obtained, through this the basic density per species was obtained. Once the density data was obtained they were subjected to an analysis of variance and later a Tukey test was applied. The statistical analysis indicates that, if there are significant differences between the species, where the highest basic density occurred in *Tectona grandis* L. f. with 0.59 g/cm³, followed by *Gmelina arborea* Roxb. 0.44 g/cm³ and finally *Cedrela odorata* L. with 0.37 g/cm³, these values according to the wood classification indicate that teak and melina have medium wood and cedar has low wood.

Keywords: *Cedrela odorata*, *Gmelina arborea*, empirical method, volume, *Tectona grandis*.

Introducción

En México los árboles maderables tropicales representan un alto valor comercial y fuente de materia prima para fabricación de herramientas y viviendas (CONAFOR, 2011). Las principales plantaciones forestales tropicales se localizan en el sur del país y las especies con mayor demanda son *Cedrela odorata* L. (22.1 %), *Tectona grandis* L. f. (12.4 %) y *Gmelina arborea* Roxb (13.7 %) (CONAFOR, 2013). Estas maderas contribuyen el 4.4 % de la producción nacional, aunque han perdido su participación en varios segmentos del mercado, esto por la oferta insuficiente, baja calidad y débil capacidad de comercialización (SEMARNAT, 2013).

La densidad de la madera ha sido un tema central en el desarrollo de técnicas de utilización y procedimiento de la madera debido a la relación con la resistencia y durabilidad (Riesco *et al.* 2019). Por lo anterior, la densidad de la madera tiene una importancia en las propiedades físicas que están asociadas con la mayoría de las características químicas y mecánicas de la madera, rendimiento y calidad (Ríos *et al.* 2017). Así mismo, se utiliza en el ambiente maderero como en la industria de la pulpa y papel, además la densidad ha adquirido gran importancia en la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal (Núñez, 2007).

En la actualidad se han estudiado varias especies para estimar la densidad de la madera, dando mayor certidumbre a trabajos relacionados con la estimación de biomasa y captura de carbono, también nos indica atributos para el uso específico de la madera y su rendimiento (Ordóñez *et al.*, 2015). Bajo este contexto y ante la necesidad de conocer la clasificación de la madera la presente investigación tiene como objetivo estimar la densidad básica de la madera de tres especies tropicales (*T. grandis* L. f., *G. arborea* Roxb y *C. odorata* L.) mediante el método empírico.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el campo de la Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA) de la Universidad Autónoma de Chiapas, se localiza entre

15° 0' 29.75" de latitud norte y 92° 24' 0.77" de longitud oeste, en el municipio de Huehuetán, Chiapas. El campo experimental de la FCA cuenta una superficie de 25.63 ha, dentro de ello existen las plantaciones de *T. grandis* L. f., *G. arborea* Roxb. y *C. odorata* L. siendo plantadas en el año 2000 a 2005 (Figura 1). El clima que predomina en el área es cálido subhúmedo con lluvia en verano, con una precipitación de 2 500 a 4 000 mm, temperatura media anual mayor de 22 °C y los suelos que prevalecen son luvisol y litosol (García, 2004).

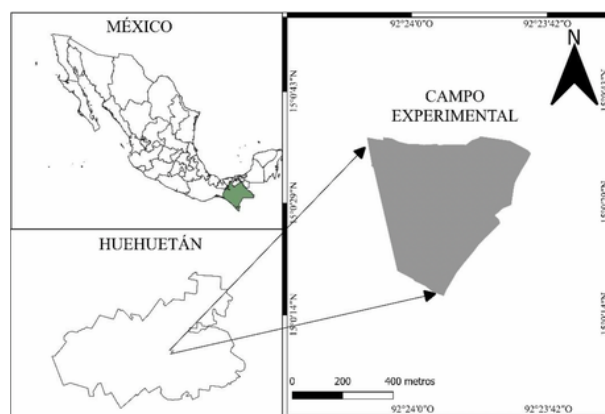


Figura 1. Área de estudio

Muestreo y tamaño de muestra

El muestreo fue selectivo, cada individuo seleccionado contaba con las siguientes características: rectitud de fuste y libres de plagas. El tamaño de muestra por cada especie fue de 20 individuos, considerando todas las categorías presentes, dando un total de 60 árboles (Anquise *et al.* 2020; Hernández *et al.* 2020). En cada árbol se evaluó el diámetro a la altura de 1.30 m con una cinta diamétrica modelo 283D/5m Forestry Suppliers y las alturas con una pistola haga W-Germany.

Estimación de la densidad básica

La densidad básica de las tres especies se estimó mediante el método empírico propuesto por Valencia y Vargas (1997), el método consiste en; extraer una viruta al árbol a una altura de 1.30 m a través de un taladro de Pressler Haglöf Sweden, una vez obtenida la muestra se midió el largo de cada sección utilizando una regla graduada. Con el valor de longitud de la muestra y del diámetro

interior del taladro (5 mm) se obtuvo el volumen de longitud de la madera, empleando la siguiente fórmula (1).

$$V_v = 3.1416 D^2 * \frac{L}{4} \quad (1)$$

Donde:

V_v = volumen estimado del cilindro de madera (cm³)

D = diámetro interior del cilindro del taladro Pressler (0.5 cm)

L = largo de la viruta de madera (cm)

Posteriormente las muestras se llevaron al laboratorio de la Facultad de Ciencias agrícolas para su deshidratación en una estufa a 105°C durante 72 horas, una vez deshidratadas las muestras se pesaron en una balanza analítica, obteniendo el peso anhidro (P_o), por último, se estimó la densidad básica (g/cm³) mediante la fórmula (2).

$$D_b = \frac{P_o}{V_v} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

Dónde:

D_b = Densidad básica de la madera (g/cm³)

P_o = Peso de la muestra anhidra (g)

V_v = Volumen verde (cm³)

Análisis estadísticos

Los datos de densidad básica por especie respecto a su categoría diamétrica y entre especies fueron sometidos a un análisis de varianza y posteriormente sí presentaban diferencias significativas se les aplicaría la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$) como comparador múltiple, y comprobar estadísticamente las diferencias, las pruebas estadísticas se realizaron en el programa estadístico R Studio, versión 4.1.2 (Sáenz *et al.* 2021; R Core Team, 2022).

Resultados

Datos dasométricos

Las variables de diámetro y altura en promedio fueron diferentes para cada una de las especies tropicales, la especie cedro fue la que presentó el menor diámetro y altura en promedio, la especie teca es la que tiene el mayor diámetro en comparación con el resto de las especies.

Sin embargo, la altura mayor se obtuvo en melina (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables dasométricas de las tres especies tropicales

Especie	Diámetro normal (cm)			Altura total (m)		
	Min.	Máx.	Promedio*	Min.	Máx.	Promedio*
<i>T. grandis</i> L. f.	27	75	42.45 a	15	21	16.10 b
<i>G. arborea</i> Roxb.	25	80	40.25 b	14	26	20.75 a
<i>C. odorata</i> L.	24	45	30.90 c	9	19	13.30 c

Min = Mínimos; Máx = Máximos. *Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Densidad básica entre las especies tropicales

Los análisis estadísticos entre las especies tropicales indican que si hay diferencias significativas ($p = 1.76^{*05}$), posteriormente la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) separó la densidad básica en tres grupos (a, b y c). *T. grandis* L. f. tiene la mayor densidad básica en seguida *G. arborea* Roxb. y por último *C. odorata* L. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de la densidad básica de las tres especies tropicales.

Especie	Mínimo	Máximo	Promedio	Agrupación Tukey*
<i>T. grandis</i> L. f.	0.55 g/cm ³	0.63 g/cm ³	0.59 g/cm ³	a
<i>G. arborea</i> Roxb.	0.41 g/cm ³	0.47 g/cm ³	0.44 g/cm ³	b
<i>C. odorata</i> L.	0.35 g/cm ³	0.39 g/cm ³	0.37 g/cm ³	c

*Letras iguales son estadísticamente similares ($P \leq 0.05$).

Clasificación de las maderas tropicales

Las maderas se clasifican según el valor obtenido de su densidad básica, en el cuadro 3 se presentan las clasificaciones descrita por Sotomayor (2005) respecto a su densidad. En esta investigación la densidad básica de *T. grandis* L. f. y *G. arborea* Roxb. nos indican una madera media y en *C. odorata* L. una madera baja.

Cuadro 3. Clasificación de maderas mexicanas

Clasificación	Densidad básica (kg/m ³)
Muy baja	Menor de 200
Baja	201 – 400
Media	401 – 600
Alta	601 – 800
Muy alta	Mayor de 800

Densidad básica por categoría diamétrica por especie

Se realizaron las pruebas individuales por cada especie forestal respecto a sus categorías diamétricas, dicho análisis estadístico demostró que no hay diferencias significativas ($p = 0.07$), en cada una de sus categorías diamétricas por especie.

En la Figura 2 los valores de la densidad básica en teca muestra una tendencia ascendente de 0.58 a 0.61 g/cm³, en cambio para melina la densidad mayormente se mantiene horizontalmente y en cedro la categoría diamétrica 30 y 35 cm son las que presentan una mayor densidad básica en comparación con el resto de categorías.

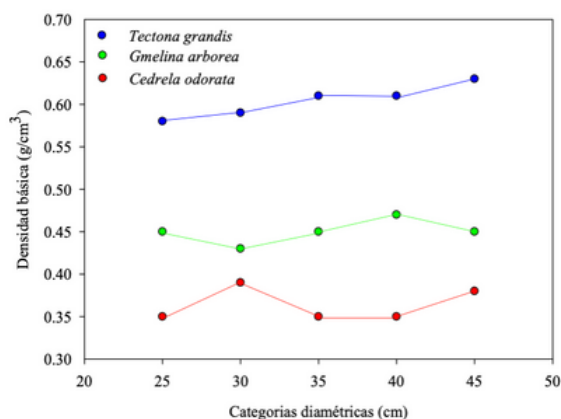


Figura 2. Densidades básicas en las especies tropicales.

Discusión

Los valores dasométricos de cedro en este estudio, son similares al que reporta Serna y Borja (2011), obteniendo un diámetro promedio de 30.4 cm y una altura media de 15.4 m, en un estudio sobre propiedades físicas de la madera de cedro en Colombia. Otros investigadores han realizado estudios de teca donde han encontrado valores en diámetro de 14.90 a 20.4 cm, y en alturas de 12.49 a 13.00 m, estos valores reportados son menores al de esta investigación (Blanco *et al.* 2014; Telles *et al.* 2017). Los resultados de diámetro y altura de melina son mayores a los que reportan Balcorta y Vargas (2004), registrando valores de 19.5 cm en diámetro y 13.5 m en altura en una plantación de melina en Campeche. En el presente estudio la densidad básica de las especies tropicales fueron diferentes, esta variación puede ser al porcentaje de madera tardía presente en los diferentes árboles, ya que ocasiona un incremento en la densidad básica (Fujimoto *et al.* 2008). Así mismo Romanya y Vallejo (2004) mencionan que esta variación se debe al impacto de los factores ambientales sobre el crecimiento de los árboles. La densidad básica de teca del presente estudio fue de 0.59 g/cm³, este valor es similar al de Blanco *et al.* (2014) obteniendo un valor de 0.60 g/cm³ en *T. grandis* L. f. en Brasil. Así mismo Telles *et al.* (2017)

realizaron un estudio en Michoacán en teca donde determinaron una densidad de 0.59 g/cm³, siendo similar al del presente estudio. Sin embargo, otros investigadores encontraron densidades menores (0.53 a 0.58 g/cm³) a lo que se reportó en esta investigación (Rivero y Moya, 2006; Rodríguez *et al.* 2014).

El valor promedio de la densidad básica de melina fue de 0.44 g/cm³, el valor es igual a la densidad (0.44 g/cm³) reportada por Coromoto *et al.* (2011) en *G. arborea* Roxb. con 25 años de edad, así también Salazar (2015) reporta una densidad básica en promedio de 0.44 g/cm³, para plantaciones de melina en Costa Rica. Por el contrario, Balcorta y Vargas (2004) registraron una densidad de 0.47 g/cm³, en plantaciones comerciales de melina, siendo este valor menor al de este estudio.

La densidad básica de cedro en esta investigación fue de 0.37 g/cm³, este valor es igual a lo reportado por Bárcenas y Dávalos (1999), en un estudio realizado en la selva lacandona del estado de Chiapas, donde reportan una densidad de 0.37 g/cm³ en cedro. Pero, menores para otros autores donde registran densidades básicas de 0.33 a 0.36 g/cm³ en plantaciones de cedro con edades menores a 22 años (Gutiérrez *et al.* 2012; Anquise *et al.* 2020). Por otro lado, Serna y Borja (2011) realizaron un estudio en Colombia, donde el cedro presentó una densidad básica mayor al de esta investigación (0.38 g/cm³).

Respecto a la densidad básica de las especies estudiadas se clasificó la madera (Cuadro 3), a partir de ello, la clasificación encontrada en teca (media) coincide con la clasificación de otros investigadores donde los estudios fueron realizados en Brasil y el sur de México en la especie teca (Blanco *et al.* 2014; Telles *et al.* 2017). La clasificación de la especie melina en este estudio fue similar al de Salazar (2015), el cual registra una densidad media. Así mismo para cedro (baja) la clasificación es igual a la que reportaron otros autores en estudios de plantaciones de cedro en Perú y el centro de México (Anquise *et al.* 2020; Sotomayor *et al.* 2020).

Por otro lado, las especies no presentaron variación de la densidad entre sus categorías, esta información también es validada por Vásquez *et al.* (2015) donde la densidad básica no fue distinta entre la especie. Silva y Nívar (2012) estimaron la

densidad básica en *Quercus* spp. donde no encontraron diferencias estadísticas en los componentes de la madera (duramen y albura) y altura. Sin embargo, Goche *et al.* (2011) realizaron un estudio en Hidalgo sobre la estimación de la densidad básica de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. donde reportaron una variación entre la especie, esta información difiere al del presente estudio.

Conclusión

La mayor densidad básica se presentó en *T. grandis* L. f. (0.59 g/cm³), seguido de *G. arborea* Roxb. (0.44 g/cm³), y por último la especie de *C. odorata* L. (0.37 g/cm³), estos valores indican una clasificación media de madera para teca y melina, en cambio para cedro presenta una madera baja. El método empírico es confiable para la estimación de la densidad básica de la madera además que es un método sencillo, económico y rápido.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor para desarrollar sus estudios de Doctorado en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales. Así mismo a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas por el uso de sus instalaciones para el desarrollo de la investigación.

Literatura citada

- Anquise-Ticahuanca, R., Ccahuana-Jihuallanca, E. y Portal-Cahuana, L. (2020). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *C. odorata* L., de 22 años, San Gabán – Perú. *Revista de investigación de agroproducción sustentable*, 4(3), 8-18. <https://doi.org/10.25127/aps.20203.564>
- Balcorta-Martínez, H. C. y Vargas-Hernández, J. J. (2004). Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) de tres años de edad. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 10(1), 13-19. Disponible desde internet en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62910102>.
- Bárcenas-Pazos, G. y Dávalos-Sotelo, R. (1999). Importancia de la lignina en las contracciones de la madera: Revisión bibliográfica. *Madera y Bosques*, 5(1), 13-26. <https://doi.org/10.21829/myb.1999.511351>
- Blanco-Flórez, J., Fernando-Trugilho, P., Tarcisio-Lima, J., Gherardi-Hein, P. y Moreira-da Silva, J. (2014). Caracterización de la madera joven de *Tectona grandis* L.f. plantada en Brasil. *Madera y Bosques*, 20(1), 11-20. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.201172>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2011). Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. 472 p. Disponible desde internet en: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/PFC.pdf> (03 de junio de 2022).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2013). Especies maderables establecidas en PCF por año. Disponible desde internet en: <http://www.conafor.gobmx/web/temas-forestales/plantaciones-forestales/>. (06 de agosto de 2022).
- Coromoto-Cerrada, G., Zambrano-Lacruz, Y., Reyes, E. y Valero, S. (2011). Propiedades físicas de la especie *Gmelina arborea*, de 25 años de edad provenientes de la plantación de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 55(2), 193-201. Disponible desde internet en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35574>. (4 de julio de 2022).
- Fujimoto, T., Kita, K. y Kuromaru, M. (2008). Genetic control of intra-ring wood density variation in hybrid larch (*Larix gmelinii* var. *japonica* y *L. kaempferi*) F1. *Wood Sci Technol*, 42, 227-240. <https://doi.org/10.1007/s00226-007-0171-4>
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Serie Libros, Núm. 6. Instituto de Geografía -Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México. 97 p. Disponible en <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>. (5 de septiembre de 2022).
- Goche-Télles, J., Velázquez-Martínez, A., Borjade la Rosa, A., Capulín-Grande, J y Palacios-Mendoza, C. (2011). Variación radial de la densidad básica en *Pinus patula* Schlttdl. Et Cham. De tres localidades en Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(7), 71-78. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i7.568>
- Gutiérrez-Vázquez, B., Cornejo-Oviedo, E., Gutiérrez-Vázquez, M. y Gómez-Cárdenas, M. (2012). Variación y predicción de la densidad básica de la madera de *Cedrela odorata* L. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(5), 87-90. https://doi.org/10.35196/rfm.2012.especial_5.87
- Javier-Hernández, F., Meraz-Aragón, J., Vargas-Larreta, B. y Nájera-Luna, J. (2020). Crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen para tres especies de pino en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(60), 121-143. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i60.711>
- Núñez, C.E. (2007). Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera. *Revista Ciencia Tecnología*, 9(9), 44-50. Disponible desde internet en: <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/594>. (13 de septiembre de 2022).
- Ordóñez-Díaz, J., Galicia-Naranjo, A., Venegas-Mancera, N., Hernández-Tejeda, T., Ordóñez-Díaz, M. y Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y bosques*, 21(especial), 77-216. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210428>

- R Core Team. (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponible desde internet en <https://www.R-project.org/>. (6 de agosto de 2022).
- Riesco-Muñoz, G., Imaña-Encinas, J. y de Paula, J. (2019). Densidad de la madera de 59 especies del orden Sapindales procedentes de bosques naturales brasileños. *Madera y Bosque*, 25(2), 1-11. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521817>
- Rios Saucedo, J.C., Rubilar Pons, R., Cancino Cancino, J., Acuña Carmona, E., Corral Rivas, J.J. y Rosales Serna, R. (2018). Densidad básica de la madera y poder calorífico en vástagos de tres cultivos dendroenergéticos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9, 4(7), 253–272. DOI:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.157>.
- Rivero-Moreno, J. y Moya-Roque, R. (2006). Propiedades físico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba, Bolivia. *Revista Forestal*, 4(9), 1-14. Disponible desde internet en: <https://www.researchgate.net/publication/276277113>. (9 de septiembre de 2022).
- Rodríguez-Anda, R., Zamora-Natera, J., Silva-Guzmán, F., Salcedo-Pérez, E y Fuentes-Talavera, F. (2014). Propiedades físico-mecánicas de madera de teca de plantaciones comerciales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(24), 12-25. Disponible desde internet en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n24/v5n24a3.pdf>. (1 de septiembre de 2022).
- Romanya, J. y Vallejo, V. R. (2004). Productividad de plantaciones de *Pinus radiata* en España en respuesta al clima y suelo. *Forest Ecology and Management*, 195, 177-189. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.045>
- Sáenz, J., Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J., Muñoz-Flores, H., Castillo-Quiroz, D y Sáenz-Ceja, J. (2021). Ecuaciones alométricas, biomasa y carbono en plantaciones forestales tropicales en la costa de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(65), 26-44. Doi: [10.29298/rmcf.v12i65.856](https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.856).
- Salazar-Zeledón, E. (2015). Influencia de altas densidades de plantación en el poder calorífico y propiedades físicas de la madera para la especie *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 13(20), 51-56. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v13i30.2460>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2013). Anuario Estadístico de la Producción Forestal (2012). México, D. F., México. 232 p. Disponible desde internet en: <https://snigf.cnf.gob.mx/wpcontent/uploads/Anuarios%20estad%C3%ADsticos/anuarios-estadisticos-2013.pdf> (10 de agosto de 2022).
- Serna-Mosquera, Y. y Borja-de la Rosa, A. (2011). Características anatómicas y algunas propiedades físicas de la madera de *Cedrela odorata* L. del centro Multipropósito de la Universidad Tecnológica del Chocó. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 30(2), 176-188. <https://doi.org/10.18636/ribd.v30i2.306>
- Silva-Arredondo, F. M. y Návar-Cháidez, J. de J. (2012). Estimación de la densidad de madera en árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México. *Madera y Bosque*, 18(1), 77-88. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.1811139>
- Sotomayor-Castellano, J. R. (2005). Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 1(1), 1-24. Disponible desde internet en: https://www.researchgate.net/publication/260752809_Caracteristicas_mecanicas_y_clasificacion_de_150_especies_de_maderas_Mexicanas#fullTextFileContent (15 de julio de 2022).
- Sotomayor-Castellano, J., Tinoco-Campos, L y Raya-González, D. (2020). Características higroscópicas de la madera de *Enterolobium cyclocarpum*, *Cupressus lindleyi* y *Cedrela odorata*. *Ciencia Nicolaita*, (79), 75–93. <https://doi.org/10.35830/cn.vi79.459>
- Telles-Antonio, R., Nájera-Luna, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Jiménez-Pérez, J., Gómez-Cárdenas, M. y Muñoz-Flores, H. (2017). Propiedades físico-mecánicas de la madera *Tectona grandis* L. f. de una plantación comercial en el estado de Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(40), 37-56. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.35>

- Valencia-Manzo, S. y Vargas-Hernández, J. (1997). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y Bosque*, 3(1), 81-87. <https://doi.org/10.21829/myb.1997.311381>
- Vázquez-Cuecuecha, O., Zamora-Campos, E., García-Gallegos, E y Ramírez-Flores, J. A. (2015). Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas. *Madera y Bosques*, 21(1), 129-138. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.211437>