

Densidad de la madera de 64 especies presentes en selva mediana subperennifolia en Coatzacoalcos, Veracruz, México

Wood density of 64 species present in medium sub-evergreen forest in Coatzacoalcos, Veracruz, Mexico

José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz

Servicios Ambientales y Cambio Climático, SACC A.C.
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Ciudad de México (ITESM-CCM).
Grupo de Energía y Cambio Climático
The Climate Reality Project

Luis Enrique Ortega-Treviño*

Servicios Ambientales y Cambio Climático, SACC A.C.
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Adolfo Galicia Naranjo

Servicios Ambientales y Cambio Climático, SACC A.C.

Anabell Munguía Barcenás

Servicios Ambientales y Cambio Climático, SACC A.C.
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Carlos Mallén Rivera

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria para la Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (INIFAP, CENID-COMEF).

Verónica Reyero Hernández

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

*Autor para correspondencia: leot_lito@ciencias.unam.mx

Resumen

La ubicación y forma de la República Mexicana hace que presente características notables en su territorio, siendo una de esas características notables la vegetación como la selva mediana subperennifolia, la cual presenta gran variedad de especies con densidades de la madera diferentes. La densidad de la madera es propia de cada especie vegetal, y depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen, además de que es necesaria para el cálculo de la biomasa para la estimación de captura de carbono. El objetivo de esta investigación es recopilar la densidad básica de la madera de 64 especies presentes en la selva mediana subperennifolia, y proveer una base de datos que pueda ser consultada en México. Se realizó un inventario florístico en un segmento de 100 ha en selva mediana subperennifolia en Coatzacoalcos, Veracruz, México, empleando el método de parcelas circulares de 500 m² compensadas con la pendiente de acuerdo a diferentes autores. Con base en la clasificación del tipo de cobertura vegetal de Rzedowski (1978), se registraron las diferentes especies presentes (arbóreas y arbustivas leñosas) en el área de estudio. La identificación de las especies encontradas en dicha cobertura vegetal se realizó visitando herbarios forestales, así mismo, se realizó una revisión bibliográfica de la densidad básica de la madera de las especies identificadas empleando diferentes fuentes como libros especializados, artículos científicos, bases de datos internacionales, y especialistas en el tema. Se registraron un total de 3,685 individuos de 64 especies distribuidas en 57 géneros, enlistando valores mínimo, promedio y máximo del estrato arbustivo y arbóreo de las densidades de la madera.

Palabras clave: Densidad, selva mediana subperennifolia, Coatzacoalcos.

Abstract

The location and shape of the Mexican Republic means that they present remarkable characteristics in their territory, one of those notable characteristics being the vegetation such as the medium sub-evergreen forest, which presents a great variety of species with different densities of wood. The density of wood is specific to each plant species, and depends on the amount and type of cellular elements that constitute it, in addition to being necessary for the calculation of biomass for the estimation of carbon sequestration. The objective of this research is to compile the basic wood density of 64 species present in the medium sub-evergreen forest, and to provide a database that can be consulted in Mexico. A floristic inventory was carried out in a segment of 100 ha in medium sub-evergreen forest in Coatzacoalcos, Veracruz, Mexico, using the method of circular plots of 500 m² compensated with the slope according to different authors. Based on the classification of the type of vegetation cover by Rzedowski (1978), the different species present (arboreal and woody shrubs) in the study area were recorded. The identification of the species found in said vegetation cover was carried out by visiting forest herbaria, likewise, a bibliographic review of the basic density of the wood of the identified species was carried out using different sources such as specialized books, scientific articles, international databases, and specialists on the subject. A total of 3,685 individuals of 64 species distributed in 57 genera were recorded, listing minimum, average and maximum values of the shrub and arboreal stratum of the wood densities.

Keywords: Regression trees, geostatistics, harvesting potential, sampling intensity.

Introducción

La ubicación en el planeta y la forma de la República Mexicana hace que presente características notables en su territorio, siendo una de esas características la vegetación. Los tipos de vegetación pueden formar una o más asociaciones; los primeros trabajos e investigaciones sobre vegetación se realizaron con una metodología empleada para estudios de asociaciones vegetales de las cuales la selva mediana subperennifolia (SMSp) es una de ellas (Basañes *et al.*, 2005).

La SMSp está establecida en zonas húmedas de clima tipo A (tropical) con precipitaciones del orden de 1,100 a 1,300 mm anuales. Los suelos en donde se establece son muy someros y en terrenos con topografía cárstica, encontrando comúnmente afloramientos de roca con drenajes muy rápidos debido a la fuerte pendiente de los terrenos (Remington y Sarukhan, 2005). La altura de esta selva distingue tres estratos arbóreos: uno inferior de 4-5 a 10-12 m, uno intermedio de 11-13 a 20-22 m, y uno superior de 21-23 a 30-35 m, aunque no es frecuente que los árboles sean tan altos debido a la naturaleza rocosa y a la gran inclinación de los terrenos donde están (Basañes *et al.*, 2005). En México, la SMSp se distribuye en la vertiente del Golfo, en los límites de Oaxaca y Veracruz. Su composición florística y estructura es característica de cada lugar, presentando gran abundancia de especies leñosas (Zamora-Crescencio *et al.*, 2017) con cualidades específicas como la densidad de la madera.

La densidad de la madera es característica de cada especie vegetal, y depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen (Ordóñez *et al.*, 2015; y Martínez, 2005). La densidad de la madera es la relación entre el peso y su respectivo volumen, teniendo como unidades el g/cm^3 o kg/m^3 . La densidad se considera como la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales, además de que influye de forma muy directa en casi la totalidad de características físicas y mecánicas de la madera. Aparte, la productividad total en biomasa de un rodal, no se puede determinar sin conocer la densidad de la madera (Valencia-Manzo y Vargas Hernández, 1997).

Así mismo, la densidad es importante en procesos de aprovechamiento, transformación y secado. Por ejemplo, en la fabricación de embalajes se busca la ligereza de maderas menos densas (pero no menos resistentes) para eficientizar el transporte, para la obtención de pasta para papel, se prefieren maderas más densas, y para procesos dendroenergéticos, se utilizan maderas más densas (Vignote Peña y Martínez Rojas, 2006).

El cálculo de la biomasa para la estimación de captura de carbono es otro factor en el que la densidad tiene un papel muy importante. Para ello, se requiere entender la variabilidad espacial en la estructura del bosque, las relaciones diámetro-altura de los árboles y la densidad de la madera (Álvarez *et al.*, 2013). Así mismo, la productividad total de la biomasa de un rodal no puede determinarse a menos de que se conozca la densidad promedio de la madera (Zobel y Talbert, 1988; Silva *et al.*, 2010).

El objetivo del presente estudio es recopilar la densidad básica de la madera de 64 especies presentes en la selva mediana subperennifolia, y proveer una base de datos que pueda ser consultada para investigaciones y desarrollos tecnológicos en México.

Materiales y Métodos

Con base en la clasificación del tipo de cobertura vegetal de Rzedowski (1978), se registraron las diferentes especies presentes (arbóreas y arbustivas leñosas) en el área de estudio con el fin de establecer una base de datos. Se realizó una revisión bibliográfica de las densidades de madera publicadas en compilaciones como lo realizado por Sotomayor y Hernández (2012) y Ordóñez *et al.* (2015). La bibliografía consultada incluyó artículos científicos, bases de datos internacionales de las densidades básicas de la madera y libros, además de consultar con especialistas en el tema.

Se realizó un inventario forestal del área de estudio utilizando el método de parcelas circulares de 500 m^2 compensadas con la pendiente de acuerdo a diferentes autores (Velasco *et al.*, 2002; Ordóñez *et al.*, 2008). Se registraron las especies identificadas de selva mediana subperennifolia (SMSp) dentro de las parcelas del inventario. Posteriormente, consultando fuentes bibliográficas como artículos

científicos y libros especializados, así como consultas con expertos en el tema, se realizó un listado con los valores mínimo y máximo de la densidad básica de dichas especies. En los casos en los que no se encontraba información de alguna especie, se consideró apropiado no sugerir un valor para otras especies pertenecientes al mismo género, dado que la densidad de la madera es diferente por especie, reduciendo la incertidumbre asociada con los diferentes valores en la densidad de una misma especie (Ordóñez *et al.*, 2015).

Con los valores máximos y mínimos encontrados en la literatura consultada, y con base en la calificación propuesta por Tknika (2019) en su “Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de su uso estructural”, la cual sugiere que las maderas se clasifican según su densidad en ligeras ($< 0.50 \text{ g/cm}^3$), medio ligeras (entre $0.50 - 0.59 \text{ g/cm}^3$), peso medio (entre $0.60 - 0.69 \text{ g/cm}^3$), pesadas (entre $0.70 - 0.79 \text{ g/cm}^3$) y muy pesadas ($> 0.80 \text{ g/cm}^3$).

Área de estudio

La selva mediana subperenifolia es la vegetación dominante de la región. Las especies arbóreas representativas de este tipo de vegetación son *Coccoloba barbadensis*, *Ficus pertusa*, *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cecropia obtusifolia* y *Miconia argentea*. También están presentes especies de vegetación secundaria, lo que es un rasgo de fragmentación de la vegetación original. De acuerdo con el mapa de clasificación de vegetación realizado para esta investigación, el área de estudio tiene una superficie total de 98.71 hectáreas, de las cuales 31.45 ha pertenecen a la selva mediana subperenifolia con vegetación secundaria, es decir, 32% de la superficie total.

Otras especies representantes del estrato arbustivo del ecosistema son *Piper* sp., *Malvaviscus arboreus*, *Psychotria elata*, *Lacistema aggregatum*, *Trichilia breviflora*, *Miconia trinervia*, *Calyptanthes chytraculia*, *Cestrum schlechtendalii* y *Helicteres guazumifolia*.

Resultados y discusión

Se recopiló información de la literatura de la densidad básica de la madera de 66 especies diferentes pertenecientes a la selva mediana subpe-

rennifolia. Se consultaron aproximadamente tres páginas de herbarios y xilotecas, una base de datos internacional sobre densidad básica de la madera, dos libros especializados, tres catálogos de características físicas de la madera y más de diez artículos especializados.

El Cuadro 1 expone las especies, los valores de densidad básica mínimo y máximo (si los tiene), y la fuente de la que se obtuvo. De las especies enlistadas, 40 presentan un valor único de densidad básica, por lo que se optó en ubicarlo en la categoría de valor máximo. Las restantes 24 especies, presentaron los valores de densidades básicas necesarios para catalogar como valor mínimo y máximo.

La referencia con mayor número de datos de densidades básicas de la madera de especies incluidas en el listado realizado en este estudio fue la de Sotomayor y Hernández (2012), un listado de propiedades físicas de más de 100 especies, el cual aportó valores para 22 especies de este estudio. La segunda publicación fue la elaborada por Ricker *et al.* (2015), el cual utilizó información y muestras del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009-2014 de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), aportando a este estudio valores para 14 especies. La tercer referencia fue de Ordóñez *et al.* (2015), la cual presenta un listado de densidades de la madera de más de 636 especies de diferentes tipos de vegetación, aportando a este estudio los valores de densidades de 11 especies. La densidad de la madera varía, y de aplicarse a un conjunto de especies, se requiere de un promedio de las densidades de las especies presentes ponderado por el volumen de las especies (Cancino, 2012).

Las propiedades de la madera, en general, son un atributo variable que puede cambiar según las condiciones como la zona geográfica, el clima, la edad del árbol, la velocidad de crecimiento, las diferencias genéticas, la disponibilidad de nutrientes y la historia evolutiva (Goche *et al.*, 2011; Ordóñez *et al.*, 2015). Es así que especímenes de la misma especie que se desarrollen en la misma zona, pero bajo condiciones que difieran en cuanto a la altitud, humedad y/o composición, pueden tener diferencias notables en cuanto a la densidad en la madera (Goche *et al.*, 2011). Debido a esto, y a que no se conoce la relación de la densidad de la

Cuadro 1. Densidades básicas (mínima y máxima) de la madera (g/cm³) de especies de presentes en Selva Mediana Subperennifolia por especie y sus fuentes.

Especie	Densidad (g/cm ³) *		Fuente
	Mínima	Máxima	
<i>Acacia cornigera</i>	0.54	0.96	Atencia, 2003
<i>Acrocomia aculeata</i>		0.60	Álvarez <i>et al.</i> , 2013
<i>Adelia barbinervis</i>		0.49	Sotomayor y Hernández, 2012; Ordoñez <i>et al.</i> , 2015.
<i>Alchornea latifolia</i>	0.39	0.40	Sotomayor y Ramírez, 2013
<i>Andira inermis</i>	0.67	0.75	Téllez-Sánchez <i>et al.</i> , 2009.
<i>Bixa orellana</i>		0.36	Catálogo virtual de flora del Valle del Burrá, 2014.
<i>Bursera simaruba</i>	0.30	0.38—0.47	Silva <i>et al.</i> , 2013.
<i>Calophyllum brasiliense</i>		0.62	Atencia, 2003
<i>Cecropia obtusifolia</i>		0.31	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Cedrela fysiis</i>	0.35	0.50—0.60	Silva <i>et al.</i> , 2013
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.56	0.71	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Cochlospermum vitifolium</i>		0.27	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Conostegia arborea</i>		0.69	Global Wood Density; Ordoñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Cordia alliodora</i>	0.40	0.53 - 0.60	Silva <i>et al.</i> , 2013
<i>Cordia megalantha</i>		0.40	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Chrysophyllum cainito</i>		0.50	Ordoñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Critonia morifolia</i>		0.50	Ruiz-Montoya <i>et al.</i> , 2017
<i>Croton billbergianus</i>	0.37	0.45 - 0.57	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Cupania dentata</i>		0.38	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Cupania glabra</i>		0.57	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.41	0.53-0.61	Silva <i>et al.</i> , 2013
<i>Dialium guianense</i>	0.78	0.99	Sotomayor y Ramírez, 2013
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0.29	0.44	Sotomayor y Ramírez, 2013
<i>Erythrina folkersii</i>		0.38	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Eugenia acapulcensis</i>		0.54	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Eugenia capuli</i>		0.54	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Faramea occidentalis</i>		0.82	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Ficus pertusa</i>	0.32	0.35 - 0.34	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Gliricidia sepium</i>		0.64	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Guatteria anomala</i>		0.43	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.36	0.5	Sotomayor y Hernández, 2012; Atencia, 2003
<i>Hampea nutricia</i>		0.39	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>		0.19	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Heliocarpus donell-smithii</i>		0.13	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Inga sinacae</i>		0.58	Ordoñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Inga vera</i>	0.56	0.56	Global Wood Density
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>		0.87	Richter <i>et al.</i> , 2015
<i>Lysiloma auritum</i>		0.74	Richter <i>et al.</i> , 2015
<i>Manilkara zapota</i>	0.9	1.13	Sotomayor y Hernández, 2012; Richter <i>et al.</i> , 2015
<i>Miconia argentea</i>		0.69	Ordoñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Nectandra</i> sp.**	0.53	0.59	Atencia, 2003
<i>Palicourea</i> sp.**	0.32	0.59	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Persea</i> sp.**		0.47	Ordoñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Piper marginatum</i>	0.35	0.50	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Pithecellobium dulce</i>		0.59	Ordoñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Pourouma minor</i>		0.41	Finegan y Bryan; 1992
<i>Pouteria durlandii</i>		0.80	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Pouteria neglecta</i>	0.40	0.74	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Psidium guajava</i>		0.65	Sotomayor y Hernández, 2012

<i>Psychotria chiapensis</i>		0.65	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Psychotria pubescens</i>		0.52	Ordóñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Randia armata</i>		0.91	Ordóñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Robinsonella mirandae</i>	0.44	0.46	Sotomayor y Hernández, 2012; Ordóñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Sapium lateriflorum</i>		0.50	Sotomayor y Hernández, 2012
<i>Sideroxylon capiri</i>		0.77	Ordóñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Spondias mombin</i>	0.45	0.49	Sotomayor y Hernández, 2012; Sotomayor y Ramírez, 2013
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.47	0.55 - 0.63	Silva <i>et al.</i> , 2013
<i>Tabernaemontana alba</i>		0.65	Ordóñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Trichilia havanensis</i>		0.40	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Trichospermum mexicanum</i>	0.18	0.26 - 0.37 - 0.40	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Vochysia guatemalensis</i>	0.32	0.52	Ricker <i>et al.</i> , 2015
<i>Xylopia frutescens</i>		0.64	FAO, 2008
<i>Xylosma flexuosa</i>		0.73	Aguilar y Castro, 2006
<i>Zanthoxylum caribaeum</i>		0.97	Sotomayor y Hernández, 2012

Fuente: Elaboración propia con datos de las fuentes utilizadas.

* Hay especies que presentan una sola densidad de la madera, ya que las fuentes no reportaban densidad mínima ni máxima.

** Dentro de estos taxa, solo se encontraron densidades a nivel de género.

madera en diferentes condiciones de sitio y crecimiento en las especies enlistadas, es conveniente realizar estudios para detectar los factores del ambiente que más afectan y el grado de control genético a nivel de procedencia (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 2010).

La selva mediana subperennifolia presenta una gran variación en la densidad básica de la madera de las especies reportadas. En algunas especies, la literatura consultada no reportaba más valores, por lo que solo tienen un valor único de densidad. La relevancia de este ecosistema se basa en que es uno de los más complejos y biodiversos, además de que presenta una alta variación de especies de un lugar con respecto a otro (Sarukhán *et al.*, 2009).

La densidad es la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales (Valencia-Manzo y Vargas Hernández, 1997); así mismo para los procesos de aprovechamiento y transformación, así como para dendroenergéticos (Vignote Peña y Martínez Rojas, 2006).

Debido a lo anterior, y con base en la clasificación de Tknika (2019) según su valor de densidad básica, es que 31 especies se ubican en la categoría de madera ligera (< 0.50 g/cm³), 22 especies como madera medio ligeras (entre 0.50 – 0.59 g/cm³), 14 especies como madera de peso medio (entre 0.60 – 0.69 g/cm³), 7 especies en la categoría de madera pesadas (entre 0.70 – 0.79 g/cm³), y 8 especies como maderas muy pesadas (>0.80 g/cm³) (Fig. 1)

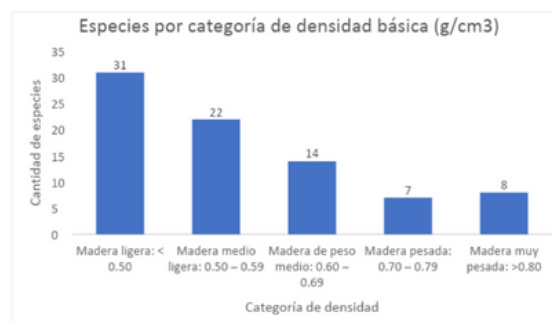


Figura 1. Cantidad de especies por categoría de densidad y dureza según la clasificación propuesta de Tknika, 2019.

La gran variabilidad de densidades reportadas en la literatura y la clasificación de densidades mínima y máxima de este estudio ubica a especies dentro de una, dos o hasta tres categorías de densidad y dureza (Cuadro 2). El listado presenta 10 especies cuyas densidades mínima y máxima las ubican dentro de la una categoría: *Alchornea latifolia*, *Bursera simaruba*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus pertusa*, *Inga vera*, *Manilkara zapota*, *Nectandra* sp., *Robinsonella mirandae*, *Spondias mombin* y *Trichospermum mexicanum*. En comparación, hay nueve especies cuyas densidades las ubican dentro de dos categorías: *Acacia cornígera*, *Andira inermis*, *Coccoloba barbadensis*, *Dialium guianense*, *Guazuma ulmifolia*, *Palicourea* sp., *Piper marginatum*, *Pouteria neglecta* y *Vochysia guatemalensis*. Además, las especies con densidades dentro de tres categorías son las siguientes cinco: *Cedrela fisciis*, *Cordia alliodora*, *Croton billbergianus*, *Dendropanax arboreus* y *Swietenia macrophylla* (Figura 2).

Cuadro 2. Clasificación de especies según su densidad y dureza

Categoría de densidad	Densidad (g/cm ³)	Especies por categoría
Madera ligera	< 0.50	<i>Adelia barvinervis, Alchornea latifolia, Bixa orellana, Bursera simaruba, Cecropia obtusifolia, Cedrela fysiis, Cochlospermum vitifolium, Cordia alliodora, Cordia megalantha, Croton billbergianus, Cupania dentata, Dendropanax arboreus, Enterolobium cyclocarpum, Erythrina folkersii, Ficus pertusa, Guatteria anomala, Guazuma ulmifolia, Hampea nutricia, Heliocarpus appendiculatus, Heliocarpus donell-smithii, Palicourea sp., Persea sp., Piper marginatum, Pourouma minor, Pouteria neglecta, Robinsonella mirandae, Spondias mombin, Swietenia macrophylla, Trichilia havanensis, Trichospermum mexicanum, Vochysia guatemalensis.</i>
Madera medio ligera	0.50 – 0.59	<i>Acacia cornigera, Cedrela fysiis, Coccoloba barbadensis, Cordia alliodora, Chrysophyllum cainito, Critonia morifolia, Croton billbergianus, Cupania glabra, Dendropanax arboreus, Eugenia acapulcensis, Eugenia capuli, Guazuma ulmifolia, Inga sinacae, Inga vera, Nectandra sp., Palicourea sp., Piper marginatum, Pithecellobium dulce, Psychotria pubescens, Sapium lateriflorum, Swietenia macrophylla, Vochysia guatemalensis.</i>
Madera de peso medio	0.60 – 0.69	<i>Acrocomia aculeta, Andira inermis, Calophyllum brasiliense, Cedrela fysiis, Conostegia arborea, Cordia alliodora, Dendropanax arboreus, Gliricidia sepium, Miconia argentea, Psidium guajava, Psychotria chiapensis, Swietenia macrophylla, Tabernaemontana alba, Xylopia frutescens.</i>
Madera pesada	0.70 – 0.79	<i>Andira inermis, Coccoloba barbadensis, Dialium guianense, Lysiloma auritum, Pouteria neglecta, Sideroxylon capiri, Xylosma flexuosa.</i>
Madera muy pesada	>0.80	<i>Acacia cornigera, Dialium guianense, Faramea occidentalis, Lonchocarpus guatemalensis, Manilkara zapota, Pouteria durlandii, Randia armata, Zanthoxylum caribaeum.</i>

Fuente: Elaboración propia con la clasificación propuesta por Tkniika, 2019.

El valor de la densidad básica de una especie permite contemplar el valor de un bosque en términos de biomasa, y ante el emergente mercado de servicios ambientales, se ha planteado la captura de carbono como una opción viable para reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera y como herramienta para la mitigación del cambio climático (Ordóñez *et al.*, 2015). Es necesario hacer una estimación adecuada de la biomasa presente en las coberturas vegetales, y en este caso, en la selva mediana subperrifolia, con el fin de determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes y de esta forma conocer la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera o almacenado en alguna superficie (Brown, 1997; Ordóñez *et al.*, 2015).



Figura 2. Número de especies por categorías.

Conclusión

Las densidades básicas de la madera recopiladas de las 64 especies presentes en la selva mediana subperenifolia del área de estudio son muy variables debido a las condiciones y características ecofisiológicas del sitio. El listado de densidades realizado en el presente estudio aspira, junto con las fuentes bibliográficas consultadas, a incrementar la cantidad de datos existentes en cuanto a esta característica física, en específico para este tipo de vegetación.

El conocimiento de la densidad de la madera por especie tiene gran importancia no solo para los fines de procesos de aprovechamiento y de transformación, sino que también para inventarios de biomasa forestal y estudios de mitigación de cambio climático como la estimación del contenido y captura de carbono. El conocimiento determinado de las densidades por especie representaría mayores ventajas para los silvicultores, ya que ayudaría a tomar mejores decisiones en cuanto a la determinación del producto forestal buscado. En materia de cambio climático, conocer el valor específico de la densidad básica de la madera incrementa la certidumbre en los estudios de estimación y captura potencial de carbono, arrojando resultados más precisos, y en específico, para la Selva Mediana Subperennifolia.

Debido a la variedad de factores ecofisiológicos que determinan el valor de la densidad básica de la madera, tanto por sitio y dentro de la misma especie, es necesario realizar estudios de caso para las áreas a las que se pretende realizar actividades de aprovechamiento forestal, o bien a las que se realizarán inventarios de biomasa o para estimar la captura potencial de carbono

Literatura citada

- Álvarez, E.; Benítez, D.; Velázquez, C. y Cogollo, A. 2013. Densidad básica del fuste de árboles del bosque seco en la costa caribe de Colombia. *Intrópica* 8: 17-28.
- Atencia, M.E. 2003. Densidad de maderas (Kg/m³) ordenadas por nombre común. [publicación en línea], disponible desde internet en <https://www.inti.gov.ar/publicaciones/buscador> [con acceso el día 22 de junio del 2021].
- Basáñez, A. J.; Alanís, J. L. y Badillo, E. 2005. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido “El Remolino”, Papantla, Veracruz. Composición florística y estructura arbórea. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12 (2): 3-21.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper 134. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Cancino, J. 2012. Dendrometría básica. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 171 p.
- Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. 2014. Bixa orellana. Universidad EIA. Colombia. Disponible desde internet en <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/15> [con acceso el 22 de junio del 2021]
- FAO. 2008. Evaluación de los recursos forestales Nacionales 2010, Directrices para la elaboración de Informes Nacionales destinados a FRA 2010, Borrador Final. Departamento Forestal de la FAO. Roma, Italia. 86 p.
- Goche-Télles, J.R.; Velázquez-Martínez, A.; Borja de la Rosa, A.; Capulín-Grande, J.; Palacios-Mendoza, C. 2011. Variación radial de la densidad básica en *Pinus patula* Schltdl. et Cham. de tres localidades en Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2 (7):71-78.
- Gutiérrez-Vázquez, B.N.; Gómez-Cárdenas, M.; Valencia-Manzo, S.; Cornejo-Oviedo, E.H.; Prieto-Ruiz, J.A. y Gutiérrez-Vázquez, M.H. 2010. Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* schiede ex schltdl. del estado de Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (Núm. Especial 4): 75-78.
- Jiménez-Osornio, J.; Durán-García, R.; Dupuy-Rada, J.M. y González-Iturbe, J.A. 2010. Uso del suelo y vegetación secundaria, pp. 460-464. En: Durán R. y M. Méndez (Eds). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p.
- Martínez, J. y Borja de la Rosa, A. 2005. Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11 (1):78-82.
- Ordóñez, A.; de Jong, B.H.J. y Masera, O. 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán. *Madera y Bosques* 7 (2):27-47.
- Ordóñez, J.A.B. y Masera, O. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7 (1):3-12.
- Ordóñez-Díaz, J.A.B.; Galicia-Naranjo, A.; Venegas-Mancera, N.J.; Hernández-Tejeda, T.; Ordóñez-Díaz, M.J. 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 (número especial): 77-126.
- Pennington, T.D. y Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México. UNAM y Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México. 523 p.
- Ricker, M.; Calónico, J.; Chávez C. N.; Gernandt, D.; Gutiérrez, G.; Martínez, E.; Montealegre, C.; Mora, M.; Parra, W.; Ramos, C.; Rincón, A.; Rodríguez, S. y Salazar, G. 2015. *Determinación taxonómica de los ejemplares de herbario del re-muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009-2013 (año 2013) en: México: Informe de resultados*. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) e Instituto de Biología. Ciudad de México, México. 53 p.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. 504 pp.

- Sarukhán, J.; Koleff, P.; Carabias, J.; Soberón, J.; Dirzo, R.; Llorente-Bousquets, J.; Halffter, G.; González, R.; March, I.; Mohar, A.; Anta, S. y de la Maza, J. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. 100 p.
- Silva, J.A. 2013. Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo I. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 62p.
- Silva, J.A.; Fuentes, F.J.; Rodríguez, R.; Torres, P.A.; Lomelí, M.G.; Ramos, J.; Waitkus, C. y Richter, H.G. 2010. Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo II. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 132 p.
- Sotomayor-Castellanos, R.J. y Hernández-Maldonado, S.A. 2012. Características Elásticas de Maderas Mexicanas. Investigación e Ingeniería de la Madera 8 (2). Morelia, Michoacán, México. 78 p.
- Sotomayor-Castellanos, R.J. y Ramírez-Pérez, M. 2013. Densidad y características Hidroscópicas de Maderas Mexicanas. Investigación e Ingeniería de la Madera, Vol. 9 (3). Morelia, Michoacán, México. 30 p.
- Tamarit U., J.C. y J.L. López T. 2007. Xilotecnología de los principales árboles tropicales de México. Libro Técnico No. 7. INIFAP-CIRGOC. Tlahuapan, Pue. 264 p.
- Téllez-Sánchez, C.; Herrera-Ferreira, M.A. y Rutiaga-Quñones, J.G. 2009. Anatomía, física y mecánica de la madera de *Andira inermis* (W. Wright) DC. (Leguminosae). Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15 (1): 15-21.
- Tknika. 2019. Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de su uso estructural. Gobierno Vasco, Departamento de Educación, Lingüística, y Cultura-Tknika. [publicación en línea], disponible desde internet en <https://normadera.tknika.eus/> [con acceso el 22 de junio del 2021].
- Valencia M., S. y F. López A. 1999. Variación de la densidad de la madera dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl., en Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coah. Foresta-AN. Nota Técnica No. 1. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 17 p.
- Valencia-Manzo, S. y Vargas-Hernández, J. 1997. Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. Madera y Bosques 3(1): 81-87.
- Velasco B., E., F. Moreno S. y R. Rodríguez P. 2002. Comparación de Siete Diseños de Unidades de Muestreo Secundarias en Inventarios Forestales. Revista Ciencia Forestal en México 27 (92):29-51.
- Vignote-Peña, S. y Martínez-Rojas, I. 2006. Tecnología de la madera. Tercera Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 682p.
- Zamora-Crescencia, P.; Rico-Gray, V.; Ramírez-Medina, L.N.G.; Barrientos-Medina, R.C.; Plascencia-Vázquez, A.H.; Villegas, P.; Domínguez-Carrasco, M. del R. y Gutiérrez-Báez, C. 2018. Composición y estructura de la vegetación secundaria en Bethania, campeche, México. Polibotánica (45): 57-74.
- Zamora-Crescencia, P.; Rico-Gray, V.; Barrientos-Medina, R.C.; Puc-Garrido, E.C.; Villegas, P.; Domínguez-Carrasco, M.R. y Gutiérrez-Báez, C. 2017. Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia en Bethania, Campeche, México. Polibotánica (43): 1-20.
- Zanne, A.E.; Lopez-Gonzalez, G.; Coomes, D.A.; Ilic, J.; Jansen, S.; Lewis, S.L.; Miller, R.B.; Swenson, N.G.; Wiemann, M.C. and Chave, J. 2009. Global wood density database Dryad Identifier: [publicación en línea], disponible desde internet en <https://datadryad.org/resource/doi:10.5061/dryad.234/1> [con acceso el 22 de junio del 2021].
- Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético en árboles forestales. Limusa. México. pp: 199-244.