



DOI: 10.29298/rmcf.v15i83.1457

Artículo de investigación

Estructura y diversidad florística en áreas verdes urbanas de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México

Structure and floristic diversity of urban green areas in *Tapachula city, Chiapas, Mexico*

Carlos Mario Almeida-Cerino¹, Vincenzo Bertolini^{1*}, Tomás Martínez-Trinidad²

Fecha de recepción/Reception date: 8 de diciembre de 2023.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 28 de febrero de 2024.

¹El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Unidad Tapachula. México.

²Colegio de Postgraduados (Colpos) Campus Montecillo. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: vin.bertolini@gmail.com

*Corresponding author; e-mail: vin.bertolini@gmail.com

Resumen

La vegetación es una parte vital de la infraestructura urbana por los servicios ambientales y los beneficios que provee a la población, por lo que es importante conocer su diversidad y estructura. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la estructura y composición florística de árboles, palmas y arbustos ubicados en áreas urbanas públicas de la ciudad de Tapachula, en el estado de Chiapas. Se recabó información dasométrica de ocho parques públicos, cinco áreas verdes públicas, cuatro camellones o jardineras y 38 calles, con una superficie total de 27.32 ha. Se registró el diámetro normal (1.30 m de la base del suelo) y la altura total. Se calculó la densidad de especies por área verde. La diversidad fue evaluada mediante los índices de *Shannon-Weiner* y de *Margalef*. Taxonómicamente, se identificaron 130 especies, 109 géneros y 44 familias. De los taxa registrados, 65 pertenecen a especies nativas (550 individuos) y 65 a exóticas (1 927 individuos). *Ficus microcarpa* es el taxón exótico preponderante con un Índice de Valor de Importancia (IVI) de 6.14. De las especies nativas, *Roseodendron donnell-smithii* destaca como el elemento más representativo (IVI=1.45). El Índice de *Shannon-Weiner* calculado para diferentes áreas verdes registró $2.7 \leq H' \leq 3.3$ y el Índice de *Margalef* $5.2 \leq D_{Mg} \leq 15.2$, lo cual evidencia que las calles poseen una gran diversidad de especies.

Palabras clave: Arbolado urbano, dasonomía urbana, especies exóticas, especies nativas, índice de diversidad, paisajismo.

Abstract

Urban vegetation is a vital part of urban infrastructure due to the environmental services it provides and the benefits to the population; therefore, it is important to know its diversity and structure. The objective of this work was to assess the structure and floristic composition of trees, palms and shrubs located in public urban areas of the city of *Tapachula*, state of *Chiapas*. Mensuration information was collected from eight public parks; five public green areas, four medians and 38 streets, with a total area of 27.32 ha. Normal diameter (1.30 m base from the ground) and total height were recorded. The density of species per urban green area was calculated. Diversity was evaluated using the *Shannon-Weiner* and *Margalef* indexes. Taxonomically, 130 species, 109 genera and 44 families were identified. Of the 130 specific taxa recorded, 65 belong to native species and 65 exotic. The total number of individuals was 1 927 exotic and 550 native. *Ficus microcarpa* is the

predominant exotic with 6.14 Importance Value Index (*IVI*). Of the native species, *Roseodendron donnell-smithii* stands out as the most representative ($IVI=1.45$). The Shannon-Weiner Index calculated for different green areas registered $2.7 \leq H' \leq 3.3$ and the Margalef Index $5.2 \leq D_{Mg} \leq 15.2$, showing that the streets have a great species diversity.

Key words: Urban trees, urban forestry, exotic species, native species, diversity index, landscaping.

Introducción

La urbanización rápida y descontrolada provoca la pérdida de biodiversidad, la degradación de los suelos, altos niveles de fragmentación de los espacios verdes y una baja conectividad entre la urbe y el ambiente natural (Velasco *et al.*, 2014). En este sentido, resulta indiscutible la importancia de estudiar el arbolado urbano para tener datos concretos de lo que está ocurriendo en el presente y proporcionar soluciones que puedan mitigar los problemas ambientales a escala local (Martínez-Trinidad *et al.*, 2021). Las áreas verdes de uso público ayudan a conservar y preservar la variabilidad biológica dentro de la urbe, ya que son reservorios de especies de fauna y flora de cada región (Mexia *et al.*, 2018). El arbolado intercepta y almacena agua de lluvia para recargar los acuíferos del suelo, absorbe las partículas contaminantes y el dosel funciona como barrera contra el ruido y ofrece a la vez, refugio para aves, ardillas, murciélagos, insectos, entre otros animales (Guillen-Cruz *et al.*, 2021).

Conocer la diversidad y estructura florística contribuye a manejar adecuadamente los árboles de las áreas verdes urbanas para maximizar los servicios ambientales que proporcionan (Morales-Gallegos *et al.*, 2023). Al interior de una ciudad, la composición arbórea se vuelve parte integrante de ella; interactúa positivamente con la atmósfera y el suelo, y se adapta a las difíciles condiciones que dicta el entorno urbano (Liu *et al.*, 2022). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue

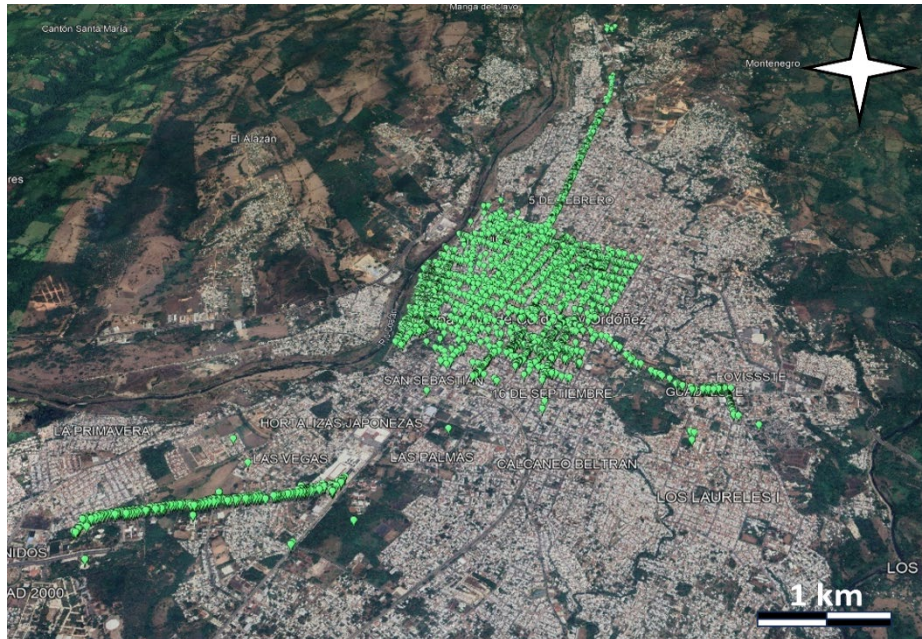
evaluar la estructura, composición de árboles y arbustos, así como comparar la riqueza y diversidad de especies entre avenidas, calles, plazas, parques y camellones públicos de la ciudad de Tapachula, Chiapas; con la finalidad de tener una estimación representativa del patrimonio arbóreo y marcar una pauta para una mejor planeación a futuro.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La ciudad se ubica dentro de la región del Soconusco, Chiapas, y se localiza entre las coordenadas geográficas 14°53'28.34" N y 92°16'15.74" O (Martínez-Camilo *et al.*, 2019). Predominan dos tipos de clima: Am (cálido húmedo con lluvias intensas en verano), con una precipitación anual mayor a 2 500 mm y temperatura media anual de 26 °C; y el tipo Aw₂ (cálido subhúmedo con lluvias en verano), con una temperatura media anual superior a 22 °C y una precipitación media anual de 500 a 2 500 mm (Murcia y Macías, 2009). El municipio Tapachula cubre un área de aproximadamente 51.74 km², con una altitud promedio de 170 m. Geomorfológicamente, la ciudad se encuentra entre la sierra baja de laderas tendidas y la llanura costera con lomeríos, que descansan sobre rocas metamórficas mesozoicas (García-Palomo *et al.*, 2006). Las áreas de muestreo se ubicaron en todo el casco central de la ciudad con el propósito de registrar los ejemplares más antiguos (Figura 1). También, se decidió evaluar el eje sur-oeste que coincide con el

camino al aeropuerto y la salida al este de la ciudad, hasta llegar a la glorieta de Bonanza, que corresponde con el término de la ciudad, antes de la autopista para Guatemala. Se procedió a la recolección de los datos de campo durante los años 2018-2020.



Fuente: Elaborada por los autores con base en una imagen de <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>.

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo al interior de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

Se seleccionaron 55 áreas verdes, todas con libre acceso al público y se describió la tipología de los espacios verdes urbanos como: 38 calles, ocho parques públicos, cuatro jardineras o camellones y cinco áreas verdes públicas. Además, se determinó la superficie de los tipos de áreas verdes urbanas y se generó una base de datos en *Microsoft Excel*[®] en la que se incorporó la infraestructura de la tipología urbana (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2022, Morales-Gallegos *et al.*, 2023).

Inventario florístico

Se realizó un censo de árboles, palmas y arbustos establecidos en los tipos de áreas verdes urbanas seleccionados. Se georreferenciaron los individuos de interés mediante un navegador *GPS/GNSS* para *Android*[®] (Dangulla *et al.*, 2020). Se midieron todos los individuos del censo en términos de la altura total (h) con un hipsómetro *Suunto*[®] PM-5 y el diámetro normal a la altura 1.30 m ($d_{1.30\text{ m}}$) con una cinta métrica de 30 m de fibra de vidrio cruceta *Truper*[®] modelo TP30ME (Cruz-Salazar *et al.*, 2020; Holguín-Estrada *et al.*, 2021).

Las especies se identificaron por nombre común y científico, mediante claves botánicas (Macías *et al.*, 2015), para verificar la nomenclatura correcta y actualizada se utilizó la plataforma *Tropicos*[®] (Tropicos, 2023). Los taxa que no se identificaron en campo, se recolectaron para su posterior identificación en el herbario ECO-TA-H de El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). Se determinó su origen (nativa o exótica) y se contabilizó el número total de árboles, palmas y arbustos por área verde urbana (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2022, Morales-Gallegos *et al.*, 2023).

Estructura y diversidad

Para cada especie se calculó la abundancia a partir del número de individuos, su dominancia de acuerdo con su área basal y su frecuencia con base en la presencia

en los sitios de muestreo. Los valores relativos de los atributos estructurales se combinaron en el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Holguín-Estrada *et al.*, 2021). La riqueza y la diversidad alfa se estimaron con el Índice de Entropía de *Shannon-Wiener*, que se fundamenta en la distribución proporcional de la abundancia de cada especie; el Índice de Riqueza de *Margalef*, que considera la cuantificación del número de especies presentes; y el Índice de Diversidad Verdadera de *Shannon* (1D) (Moreno *et al.*, 2011); además, se utilizó un Índice Foráneo (S_a) que indica el porcentaje de especies no originarias del área geográfica, en función de las especies nativas y especies originarias de la región (Morales-Gallegos *et al.*, 2023) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fórmulas utilizadas para calcular la riqueza, diversidad, especies foráneas e Índice de Valor de Importancia en los tipos de áreas verdes urbanas de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

Fórmulas	Donde
	Área basal
$Ab = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times d^2$	$Ab = \text{Área basal (m}^2\text{)}$ $\pi = 3.1416$ $d = \text{Diámetro}$
	Abundancia absoluta y relativa
$A_i = \frac{N_i}{S}$	$A_i = \text{Abundancia absoluta}$ $N_i = \text{Número de individuos de la especie } i$ $S = \text{Superficie muestreada (ha)}$
$AR_i = \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \right] \times 100$	$AR_i = \text{Abundancia relativa por especie}$
	Dominancia absoluta y relativa
$D_i = \frac{G_i}{S}$	$D_i = \text{Dominancia absoluta}$ $G_i = \text{Área basal de la especie } i$ $S = \text{Superficie muestreada (ha)}$
$DR_i = \left[\frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \right] \times 100$	$DR_i = \text{Dominancia relativa de la especie } i$

respecto a la dominancia total

Frecuencia absoluta y relativa

$$F_i = \frac{P_i}{NS}$$

F_i = Frecuencia absoluta

P_i = Número de sitios en los que está presente la especie i

$$FR_i = \left[\frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \right] \times 100$$

NS = Número total de sitios de muestreo

FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total

Índice de Valor de Importancia

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (AR_i + DR_i + FR_i)}{3}$$

IVI = Índice de Valor de Importancia

AR_i = Abundancia relativa de la especie i respecto al total

DR_i = Dominancia relativa de la especie i respecto al total

FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto al total

Índice de Riqueza de *Margalef* (D_{Mg})

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

D_{Mg} = Índice de *Margalef*

S = Número de especie

N = Número total de individuos

\ln = Logaritmo natural

Índice de Entropía de *Shannon-Weiner* (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \times \ln(p_i)$$

H' = Índice de Entropía de *Shannon-Weiner*

S = Número de especies presentes

p_i = Proporción de especie

\ln = Logaritmo natural

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número total de individuos

Índice de Diversidad Verdadera de *Shannon* (1D)

$${}^1D = \exp(H')$$

1D = Índice de diversidad verdadera de Shannon

H' = Índice de entropía de Shannon

$$Sa = \left(\frac{Snn}{(Snn + Sn)} \right) \times 100$$

Índice Foráneo (Sa)

Sa = Índice Foráneo

Snn = Número de especies no nativas

Sn = Número de especies nativas

También se usó la regla 10-20-30, la cual asume que una especie arbórea no debe exceder 10 %, un género 20 % y una familia no más de 30 % como un indicador de la diversidad (Dangulla *et al.*, 2020; Martínez-Trinidad *et al.*, 2021). Los cálculos se realizaron en una hoja de cálculo de *Microsoft Excel*[®] (Morales-Gallegos *et al.*, 2023).

Resultados

El área total explorada fue de 27.32 ha. El total de individuos (2 477) se agrupó en 130 especies, 109 géneros y 44 familias. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae con 19 taxa, Arecaceae con 12, Bignoniaceae con 10, Rutaceae con ocho, Moraceae con siete y Malvaceae con seis. Las angiospermas representaron 96.92 %, mientras que las gimnospermas 3.08 %. Por su origen, de los 130 taxa registrados en el estudio, 65 fueron nativas y 65 exóticas. *Cedrela odorata* L. y *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook están declaradas como sujetas a protección especial (Pr) en la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies arbóreas, palmas y arbustos, y promedio de variables dasométricas registradas en 55 áreas verdes de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

Espece	Familia	Núm. Ind.	Origen	Dn (cm)	At (m)	Ab (cm ²)
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	Fabaceae	1	Na	11.10	2.53	0.01
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Arecaceae	65	Ex	22.04	4.64	2.65
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	6	Ex	48.83	8.08	1.29
<i>Annona macrophyllata</i> Donn. Sm.	Annonaceae	11	Na	29.45	5.82	0.94
<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	21	Na	21.90	5.59	0.94
<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Moraceae	7	Ex	65.86	11.29	2.58
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Moraceae	2	Ex	30.00	5.00	0.15
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Oxalidaceae	11	Ex	41.91	7.27	1.64
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae	10	Ex	26.33	4.33	0.80
<i>Beaucarnea recurvata</i> Lem.	Asparagaceae	2	Na	25.00	4.75	0.10
<i>Bismarckia nobilis</i> Hildebrandt & H. Wendl.	Arecaceae	2	Ex	22.01	7.52	0.08
<i>Bonellia macrocarpa</i> (Cav.) B. Stahl & Källersjö	Primulaceae	3	Na	26.67	4.33	0.18
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Nyctaginaceae	5	Ex	14.40	4.80	0.09
<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	Nyctaginaceae	5	Ex	35.40	4.40	0.62
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	1	Na	20.00	4.00	0.03
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	50	Na	38.29	6.23	7.23
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Fabaceae	4	Na	18.75	4.54	0.11
<i>Calliandra magdalenae</i> (Bertero ex DC.) Benth. var. <i>colombiana</i> (Britton & Rose) Barneby	Fabaceae	5	Na	40.61	5.41	0.65
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Calophyllaceae	2	Na	45.00	4.00	0.32
<i>Camellia japonica</i> L.	Theaceae	1	Ex	15.00	4.00	0.02
<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	2	Na	26.50	6.53	0.11
<i>Caryota urens</i> L.	Arecaceae	2	Ex	24.00	8.00	0.09
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Apocynaceae	8	Na	26.88	5.69	0.47
<i>Cassia fistula</i> L.	Fabaceae	6	Ex	38.67	5.67	0.77
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	6	Ex	62.67	20.33	1.86
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Urticaceae	1	Na	15.00	2.00	0.02
<i>Cedrela odorata</i> L.*	Meliaceae	1	Na	50.00	12.00	0.20
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	7	Na	67.14	14.71	2.59
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Chrysobalanaceae	3	Na	26.00	4.83	0.20
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapotaceae	1	Na	65.00	15.00	0.33

<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	Lauraceae	1	Ex	60.00	6.00	0.28
<i>Citrus × aurantium</i> L.	Rutaceae	6	Ex	22.08	4.83	0.39
<i>Citrus × limetta</i> Risso	Rutaceae	2	Ex	21.53	5.51	0.09
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	52	Ex	22.11	4.43	2.36
<i>Citrus × limonia</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	1	Ex	40.00	6.00	0.13
<i>Citrus × paradisi</i> Macfad.	Rutaceae	1	Ex	40.00	9.00	0.13
<i>Citrus × sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	15	Ex	27.93	6.37	1.24
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	2	Ex	27.00	4.52	0.12
<i>Cnidioscolus chayamansa</i> McVaugh	Euphorbiaceae	3	Na	17.00	4.00	0.07
<i>Coccoloba escuintlensis</i> Lundell	Polygonaceae	1	Na	60.10	6.00	0.28
<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	22	Ex	36.45	8.50	2.54
<i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Rumph. ex A. Juss.	Euphorbiaceae	11	Ex	13.75	3.05	0.20
<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	3	Ex	12.27	2.00	0.05
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Cordiaceae	3	Na	55.00	7.00	0.72
<i>Cordia dodecandra</i> DC.	Cordiaceae	4	Na	29.52	6.52	0.28
<i>Crescentia alata</i> Kunth	Bignoniaceae	4	Na	11.51	3.38	0.05
<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	11	Na	30.62	4.49	1.23
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Cupressaceae	7	Ex	33.86	5.11	0.80
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Fabaceae	10	Ex	60.90	11.00	3.11
<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa	Fabaceae	2	Na	21.00	6.00	0.09
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Asparagaceae	1	Ex	15.00	5.00	0.02
<i>Dyopsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Arecaceae	155	Ex	22.14	5.41	6.41
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Ehretiaceae	1	Na	36.00	4.51	0.10
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	202	Ex	65.01	14.52	67.93
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	7	Na	64.57	21.14	2.60
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Rosaceae	1	Ex	60.00	5.00	0.28
<i>Erythrina folkersii</i> Krukoff & Moldenke	Fabaceae	1	Na	40.00	3.00	0.13
<i>Erythrina variegata</i> L.	Fabaceae	1	Ex	24.00	5.00	0.05
<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae	5	Ex	18.80	5.83	0.14
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	1	Na	75.00	16.00	0.44
<i>Ficus microcarpa</i> L. f	Moraceae	406	Ex	51.93	6.32	97.61
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	4	Na	64.00	13.00	1.33
<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	189	Ex	57.74	6.18	52.67
<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	Moraceae	2	Ex	16.25	11.50	0.04
<i>Garcinia mangostana</i> L.	Clusiaceae	1	Ex	12.00	5.00	0.01

<i>Gardenia jasminoides</i> J. Ellis	Rubiaceae	2	Ex	21.50	4.00	0.07
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Lamiaceae	2	Ex	58.00	11.50	0.53
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Malvaceae	1	Na	21.00	2.51	0.03
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	2	Na	48.50	7.51	0.44
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Rubiaceae	1	Na	20.00	3.00	0.03
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S. O. Grose	Bignoniaceae	8	Na	51.63	14.63	1.78
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Malvaceae	5	Ex	27.60	4.11	0.34
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	1	Na	75.00	14.00	0.44
<i>Inga spuria</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	1	Na	35.00	5.00	0.10
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	1	Na	46.00	8.00	0.17
<i>Inga inicuil</i> G. Don	Fabaceae	1	Na	46.00	5.00	0.10
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	1	Ex	65.00	12.00	0.33
<i>Ixora coccinea</i> L.	Rubiaceae	6	Ex	18.92	3.08	0.24
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Bignoniaceae	1	Ex	38.00	5.00	0.11
<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	1	Na	30.00	8.00	0.07
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	Lythraceae	9	Ex	57.89	7.56	2.51
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	2	Na	17.00	7.00	0.03
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	24	Ex	59.88	11.67	7.28
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Sapotaceae	1	Na	30.00	6.00	0.07
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	13	Ex	33.23	6.77	1.29
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Rubiaceae	2	Ex	25.54	7.00	0.10
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae	5	Ex	29.60	5.42	0.39
<i>Muntingia calabura</i> L.	Muntingiaceae	20	Na	30.40	4.85	1.96
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Rutaceae	112	Ex	31.84	4.64	10.75
<i>Mussaenda erythrophylla</i> Schumach. & Thonn.	Rubiaceae	3	Ex	22.67	4.33	0.12
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Sapindaceae	6	Ex	26.17	3.17	0.40
<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	Bignoniaceae	65	Na	43.47	6.36	11.38
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	8	Na	49.38	9.69	1.93
<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	Arecaceae	29	Ex	20.48	3.31	1.13
<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skeels	Phyllanthaceae	2	Ex	16.52	2.51	0.04
<i>Pinus patula</i> Schlttdl. & Cham.	Pinaceae	1	Na	56.00	16.00	0.25
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Cupressaceae	10	Ex	29.10	4.33	0.70
<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae	4	Na	16.10	3.38	0.09
<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites	Annonaceae	199	Ex	17.98	7.39	5.38
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn	Sapotaceae	1	Na	20.00	12.00	0.03

<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	39	Na	27.69	5.49	2.76
<i>Ravenala madagascariensis</i> Sonn.	Strelitziaceae	1	Ex	32.00	4.00	0.08
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	Bignoniaceae	64	Na	67.05	15.72	23.29
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O. F. Cook*	Arecaceae	27	Na	45.70	13.19	4.52
<i>Sabal mexicana</i> Mart.	Arecaceae	8	Na	59.38	8.13	2.36
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake	Fabaceae	3	Na	74.33	14.67	1.31
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fabaceae	1	Na	21.00	3.00	0.03
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	2	Na	39.00	5.00	0.24
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	1	Ex	75.00	17.00	0.44
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	3	Na	69.33	9.00	1.15
<i>Spondias purpurea</i> L.	Anacardiaceae	1	Na	38.00	7.00	0.11
<i>Sterculia mexicana</i> R. Br.	Malvaceae	2	Na	30.00	11.00	0.16
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	1	Na	65.00	8.00	0.33
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	5	Ex	25.81	6.00	0.27
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Myrtaceae	2	Ex	62.52	8.00	0.64
<i>Tabebuia guayacan</i> (Seem.) Hemsl.	Bignoniaceae	3	Na	58.67	14.67	0.82
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoniaceae	63	Na	57.32	12.83	17.48
<i>Tabernaemontana divaricata</i> (L.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Apocynaceae	3	Ex	18.67	2.03	0.08
<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk.	Sapindaceae	13	Na	32.92	6.77	1.22
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	1	Ex	60.00	9.00	0.28
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	28	Na	32.13	6.25	2.92
<i>Tectona grandis</i> L. f.	Lamiaceae	4	Ex	32.52	7.75	0.35
<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	233	Ex	36.73	7.48	28.81
<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	1	Na	20.00	5.00	0.03
<i>Thrinax</i> sp.	Arecaceae	5	Na	36.22	7.41	0.66
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Cupressaceae	18	Ex	34.05	4.78	2.06
<i>Triplaris melaenodendron</i> (Bertol.) Standl. & Steyerem.	Polygonaceae	1	Na	38.00	4.53	0.11
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Ericaceae	1	Ex	20.00	5.00	0.03
<i>Washingtonia</i> sp.	Arecaceae	3	Ex	56.00	8.33	0.77
<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	Asparagaceae	1	Na	18.00	4.51	0.03

Núm. Ind. = Número de individuos; *Dn* = Diámetro normal (cm); *At* = Altura total (m); *Ab* = Área basal (cm²); Na = Nativa; Ex = Exótica; *Especie en NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010) Sujeta a Protección Especial.

Con relación a la clase de altura, la mayor presencia de árboles, arbustos y palmas se registró en la categoría de 5.04-7.31 m con 904 individuos, seguido de la categoría 2.77-5.04 m en la que se contabilizaron 593 individuos y 31 individuos con una altura superior a 18.65 m. La distribución de individuos en clases de altura tuvo una distribución asimétrica (Figura 2). La mayoría del arbolado urbano está conformado por ejemplares jóvenes y pocos individuos maduros y longevos.

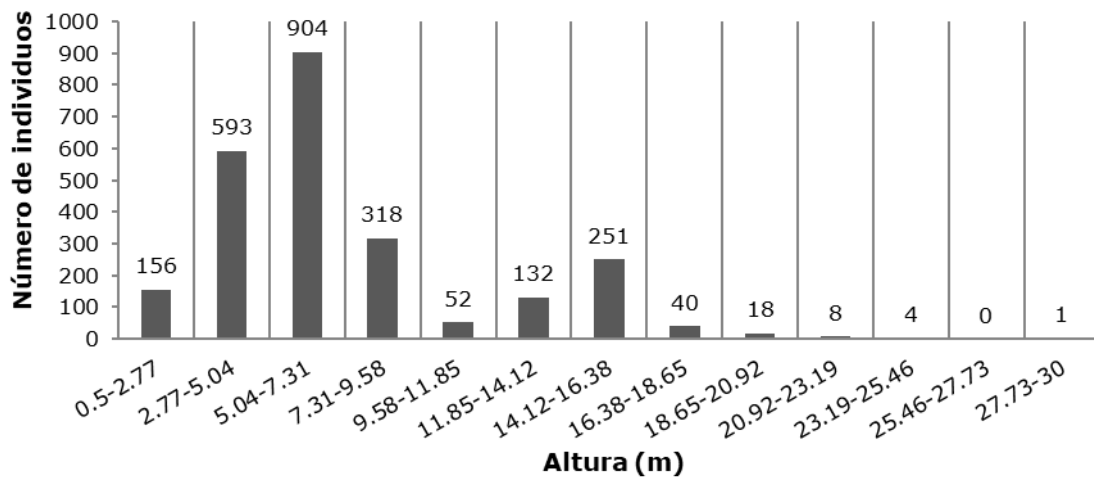


Figura 2. Número de individuos de árboles, arbustos y palmas de acuerdo con la clase de altura total (m).

Con relación a las clases diamétricas, se observó la prevalencia de un bajo número de individuos con diámetros pequeños y un mayor número de ejemplares con diámetros grandes (>21 cm); se presentó heterogeneidad en su distribución; es decir, no fue estrictamente normal. En total se contabilizaron 555 individuos menores a 21 cm de diámetro normal y 1 922 individuos superiores a 21 cm; sin embargo, la mayor abundancia se registró en las clases diamétricas de 13.5-20.0, 59.0-65.5 y 72.0-78.5 cm con 407, 344 y 305 individuos, respectivamente. La

distribución de individuos en clases diamétricas fue asimétrica, probablemente debido a la amplia diversidad de especies presentes (Figura 3).

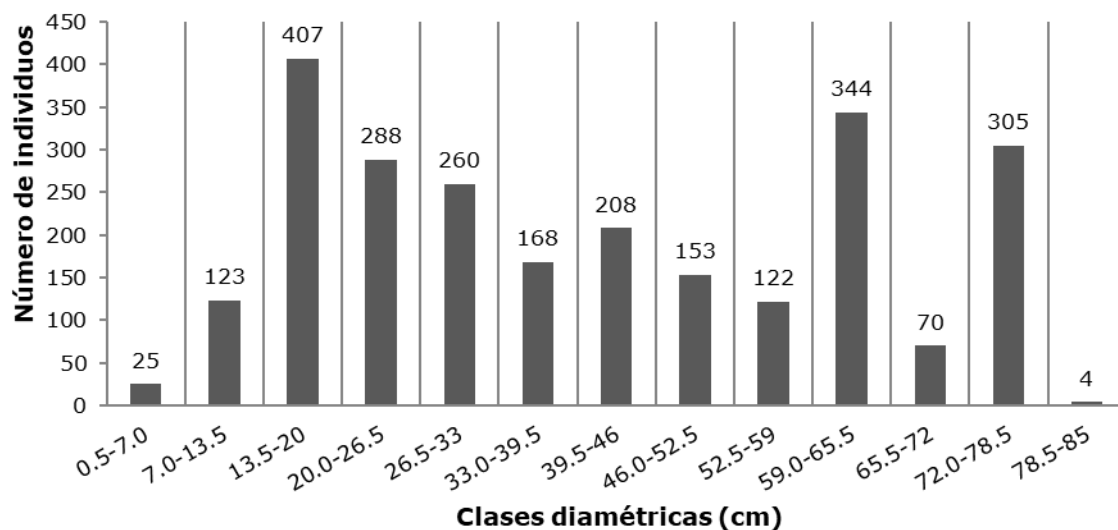


Figura 3. Número de individuos de árboles, arbustos y palmas de acuerdo con la clase del diámetro normal (cm).

Del total de las especies, las más abundantes fueron: *Ficus microcarpa* L. f. (16.39 %), *Terminalia catappa* L. (9.41 %), *Elaeis guineensis* Jacq. (8.16 %), *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwaites (8.03 %), *Ficus benjamina* L. (7.63 %), *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. (6.26 %) y *Murraya paniculata* (L.) Jack (4.52 %) (Cuadro 3). El Índice de Valor de Importancia mayor correspondió a *Ficus microcarpa* (exótica), *Elaeis guineensis* (exótica), *Ficus benjamina* (exótica) y *Terminalia catappa* (exótica) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia de las especies arbóreas, palmas y arbustos más frecuentes en las áreas verdes de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

Espece	Abundancia	Dominancia	Frecuencia	Valor de
--------	------------	------------	------------	----------

	Importancia						
	<i>N</i> ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%	<i>N</i> sitio ⁻¹	%	<i>IVI</i>
<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	14.87	16.39	3.58	0.86	0.75	1.18	6.14
<i>Terminalia catappa</i> L.	8.53	9.41	1.06	0.25	1.00	1.57	3.74
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	7.40	8.16	2.49	0.60	0.75	1.18	3.31
<i>Ficus benjamina</i> L.	6.92	7.63	1.93	0.46	1.00	1.57	3.22
<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites	7.29	8.03	0.20	0.05	1.00	1.57	3.22
<i>Dyopsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	5.68	6.26	0.23	0.06	1.00	1.57	2.63
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	4.10	4.52	0.39	0.09	0.50	0.78	1.80
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda*	2.34	2.58	0.85	0.21	1.00	1.57	1.45
<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.*	2.38	2.62	0.42	0.10	1.00	1.57	1.43
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.*	2.31	2.54	0.64	0.15	1.00	1.57	1.42
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	2.38	2.62	0.10	0.02	1.00	1.57	1.41
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth*	1.83	2.02	0.26	0.06	0.75	1.18	1.09

*Especies nativas.

De acuerdo con los índices de riqueza y diversidad, la ciudad de Tapachula registró una mayor riqueza de especies en el arbolado de alineación (calles) y en las áreas verdes públicas; mientras que, para las jardineras o camellones los resultados fueron menores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índices de Diversidad por tipo de área verde de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

Sitio	Superficie muestreada (ha)	Especies	%	Núm. Ind.	%	Índices		
						<i>Shannon</i> <i>H'</i>	<i>Margalef</i> <i>D_{Mg}</i>	<i>Foráneo</i> <i>Sa</i>
Jardineras o camellones	0.79	30	23.1	258	10.4	2.7	5.2	66.67
Calles	10.92	113	86.9	1551	62.6	3.3	15.2	50.44

Parques públicos	3.1	52	40	302	12.2	3.1	8.9	50
Área verde pública	12.51	60	46.2	366	14.8	3.1	10.00	48.33

Núm. Ind. = Número de individuos.

Discusión

Las calles de la ciudad presentaron mayor diversidad de especies: esto se debe, probablemente, a que ese tipo de superficie muestreada, junto con las áreas verdes fueron la más extensas. Sin embargo, la diversidad de las primeras tuvo el doble de registros respecto a las áreas verdes. Se considera que lo anterior refleja la probable renovación del arbolado propio de la vialidad que es más susceptible a la intervención por parte del Ayuntamiento, debido a que las condiciones de las banquetas provocan más estrés en la vegetación que los espacios más amplios. Se identificaron 130 especies en la ciudad de Tapachula, cifra muy superior a las 38 definidas por Alanís-Rodríguez *et al.* (2022) en el centro de Hualahuises, Nuevo León; y a las 33 por Molina *et al.* (2023) en bosques urbanos de seis zonas rurales de dicha localidad, al noreste de México. Cabe mencionar que la situación ecológica de Tapachula ofrece condiciones más propicias para la diversidad biológica que las de Nuevo León, por tratarse de un ambiente de trópico húmedo.

La familia Fabaceae fue la más representativa, con 19 especies. Se registraron iguales cantidades de taxa nativos y exóticos (65 y 65, respectivamente). Generalmente, para otras ciudades mexicanas se ha citado una situación contraria (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2022; Molina *et al.*, 2023; Morales-Gallegos *et al.*, 2023). Este patrón se puede observar en gran parte del mundo y está relacionado con el incremento en la producción de árboles ornamentales introducidos en los viveros

(Alanís-Rodríguez *et al.*, 2022). La alta presencia de las especies exóticas en la ciudad de Tapachula se explica por el aumento de su utilización en las áreas verdes de las ciudades del sur de México en la década de los años 80 y 90, debido a su atractivo y a la poca disponibilidad de especies nativas (Morales-Gallegos *et al.*, 2023).

Por otro lado, bajo el objetivo de protección y conservación contra plagas y enfermedades exóticas o nativas, Santamour (1990) planteó la regla 10-20-30 para fomentar la diversidad de los bosques urbanos (10 % de abundancia a nivel específico, 20 % de abundancia a nivel genérico y 30 % de abundancia a nivel de familia vegetal). Además, se tendría que mantener una gama de edades para planear racionalmente tanto la remoción y sustitución de ejemplares muertos, como las podas (Flores *et al.*, 2018). Para el caso de la ciudad de Tapachula, *Ficus microcarpa* rebasó 10 % de la abundancia, respecto a, *Citrus*, 20 % en términos del género, y la familia Fabaceae superó 30 % de acuerdo con lo recomendado por Santamour (1990).

En un diagnóstico del arbolado urbano de "El Vedado" en la Habana, Cuba se contabilizaron 33 especies arbóreas, de las cuales *Ficus sp.*, *Calophyllum antillanum* Britton y *Terminalia catappa* representaron 42 % del total; 34 % del arbolado urbano mostró problemas serios de salud, principalmente, en las copas (Castillo y Pastrana, 2015); datos similares a los identificados en el presente estudio. En 17 espacios verdes urbanos de la ciudad de Recife, Pernambuco, Brasil, se calculó 49.1 % de especies nativas y 50.9 % de exóticas, proporción semejante a la del presente estudio (De Souza e Silva *et al.*, 2020). Por el contrario, Dangullaa *et al.* (2020) evaluaron la composición, diversidad, características estructurales y procedencia de árboles en dos ciudades del noroeste de Nigeria, y concluyeron el predominio de especies nativas sobre las exóticas, pero las poblaciones más altas fueron de origen exótico.

En México, se evaluaron la estructura, diversidad y los servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de la ciudad de Texcoco, Estado de México (Martínez-

Trinidad *et al.*, 2021), y de forma similar al estudio que aquí se describe, *Ficus benjamina* fue un taxón abundante con 23 % del total. Para el estado de Chiapas, específicamente para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Román-Guillén *et al.* (2019) refirieron un total de 7 539 árboles, distribuidos en 38 familias, 88 géneros y 114 especies; 74 % fue de individuos introducidos. Si bien, el arbolado urbano de Tapachula presenta menor porcentaje de especies exóticas, por su régimen climático y posición geográfica, es importante fomentar una diversidad arbórea para reducir problemas fitosanitarios debido sobre todo a la falta de planeación en la selección de especies y su relación con los beneficios ecosistémicos.

Conclusiones

Las especies arbóreas de angiospermas son las más numerosas en la ciudad. A diferencia de otras ciudades de México y del mundo, el porcentaje de especies exóticas y nativas es similar. El arbolado de alineación y en áreas verdes públicas reúnen la mayor riqueza de taxa. *Ficus microcarpa* no cumple con la regla 10-20-30, por lo que debe de reducirse su presencia, mientras que el género *Citrus* igualmente está sobre representado. Este estudio es el primer acercamiento y registro histórico publicado acerca del arbolado de la ciudad de Tapachula, y proporciona información para una mejor gestión del arbolado en lo referente a la selección y sustitución de especies arbóreas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las personas que participaron, como practicantes, en las actividades de campo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Carlos Mario Almeida-Cerino: trabajo de campo, elaboración del manuscrito, colecta de información y análisis de datos; Vincenzo Bertolini: elaboración y revisión de los datos y manuscrito; Tomás Martínez-Trinidad: elaboración y revisión del manuscrito.

Referencias

- Alanís-Rodríguez, E., A. Mora-Olivo, V. M. Molina-Guerra, H. Gárate-Escamilla y J. Á. Sigala R. 2022. Caracterización del arbolado urbano del centro de Hualahuises, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(73):39-49. Doi: 10.29298/rmcf.v13i73.1271.
- Castillo R., L. y J. C. Pastrana F. 2015. Diagnóstico del arbolado viario de El Vedado: composición, distribución y conflictos con el espacio construido. *Arquitectura y Urbanismo* 36(2):93-118.

http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982015000200007. (9 de diciembre de 2023).

Cruz-Salazar, B., L. Ruiz-Montoya, M. T. Pérez-Gómez, M. García-Bautista and N. Ramírez-Marcial. 2020. Diversity and floristic enrichment with montane cloud forest species, in an urban forest in Chiapas, Mexico. *Madera y Bosques* 26(3):1-13. Doi: 10.21829/myb.2020.2632100.

Dangulla, M., L. A. Manaf, M. F. Ramli and M. R. Yacob. 2020. Urban tree composition, diversity and structural characteristics in North-western Nigeria. *Urban Forestry & Urban Greening* 48:126512. Doi: 10.1016/j.ufug.2019.126512.

De Souza e Silva, J. L., M. T. Pontes de O., W. Oliveira, L. A. Borges, O. Cruz-Neto and A. V. Lopes. 2020. High richness of exotic trees in tropical urban green spaces: Reproductive systems, fruiting and associated risks to native species. *Urban Forestry & Urban Greening* 50:126659. Doi: 10.1016/j.ufug.2020.126659.

Flores, A., M. V. Velasco-García, L. Muñoz-Gutiérrez, T. Martínez-Trinidad, M. Gómez-Cárdenas y C. Román-Castillo. 2018. Especies arbóreas para conservar la biodiversidad en zonas urbanas. *Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México* 4(5):136-151. https://www.researchgate.net/publication/329859297_TREE_SPECIES_FOR_BIODIVERSITY_CONSERVATION_IN_URBAN_ZONES. (9 de diciembre de 2023).

García-Palomo, A., J. L. Macías, J. L. Arce, J. C. Mora, ... and P. Layer. 2006. Geological evolution of the Tacaná volcanic complex, Mexico-Guatemala. *In: Rose, W. I., G. J. S. Bluth, M. J. Carr, J. W. Ewert, L. C. Patino and J. W. Vallance (Eds.). Volcanic hazards in Central America. The Geological Society of America. Boulder, CO, United States of America. pp. 39-57.*

Guillen-Cruz, G., A. L. Rodríguez-Sánchez, F. Fernández-Luqueño and D. Flores-Rentería. 2021. Influence of vegetation type on the ecosystem services provided by urban green areas in an arid zone of northern Mexico. *Urban Forestry & Urban Greening* 62:1-8. Doi: 10.1016/j.ufug.2021.127135.

Holguín-Estrada, V. A., E. Alanís-Rodríguez, O. Aguirre-Calderón, J. I. Yerena-Yamallel y M. Á. Pequeño-Ledezma. 2021. Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México. *Madera y Bosques* 27(2):1-16. Doi: 10.21829/myb.2021.2722123.

Liu, K., X. Li, S. Wang and X. Gao. 2022. Assessing the effects of urban green landscape on urban thermal environment dynamic in a semiarid city by integrated use of airborne data, satellite imagery and land surface model. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 107:102674. Doi: 10.1016/j.jag.2021.102674.

Macías S., J. E., S. Ochoa G., L. F. Zamora C., M. Martínez I. y W. Peters G. 2015. Guía de campo para la identificación de árboles de la vertiente Pacífico de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). San Cristóbal de las Casas, Chis., México. 226 p.

Martínez-Camilo, R., N. Martínez-Meléndez, M. Martínez-Meléndez, M. Á. Pérez-Ferrera and D. A. Jiménez-López. 2019. Why continue with floristic checklists in Mexico? The case of the Tacaná-Boquerón Priority Terrestrial Region, in the Mexican State of *Chiapas*. *Botanical Sciences* 97(4):741-753. Doi: 10.17129/botsci.2174.

Martínez-Trinidad, T., P. Hernández L., S. F. López-López and L. Mohedano C. 2021. Diversity, structure and ecosystem services of trees in four parks in *Texcoco* using i-Tree Eco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(67):202-223. Doi: 10.29298/rmcf.v12i67.880.

Mexia, T., J. Vieira, A. Príncipe, A. Anjos, ... and P. Pinho. 2018. Ecosystem services: Urban parks under a magnifying glass. *Environmental Research* 160:469-478. Doi: 10.1016/j.envres.2017.10.023.

Molina G., V. M., E. Alanís R., A. Mora O., E. A. Rubio C. y A. T. González C. 2023. Diversidad y estructura de especies arbóreas en localidades rurales de Hualahuises, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 14(79):344-354. Doi: 10.29298/rmcf.v14i79.1343.

Morales-Gallegos, L. M., T. Martínez-Trinidad, P. Hernández-De la Rosa, A. Gómez-Guerrero, D. Alvarado-Rosales y L. de L. Saavedra-Romero. 2023. Diversidad,

estructura y salud del arbolado en áreas verdes de la ciudad de Texcoco, México. *Bosque* 44(2):401-414. Doi: 10.4067/S0717-92002023000200401.

Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4):1249-1261. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.4.745.

Murcia, H. F. y J. L. Macías. 2009. Registro geológico de inundaciones recurrentes e inundación del 4 de octubre de 2005 en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26(1):1-17. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742009000100002. (9 de diciembre de 2023).

Román-Guillén, L. M., C. Orantes-García, C. U. del Carpio-Penagos, M. S. Sánchez-Cortés, M. L. Ballinas-Aquino y Ó. Farrera S. 2019. Diagnóstico del arbolado de alineación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Madera y Bosques* 25(1):1-9. Doi: 10.21829/myb.2019.2511559.

Santamour, F. S. 1990. Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. *In: Metropolitan Tree Improvement Alliance (Metria) (Edit.). Metria 7: Proceedings of the seventh conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance. Morton Arboretum. Lisle, IL, United States of America. pp. 57-76. <https://www.semanticscholar.org/paper/TREES-FOR-URBAN-PLANTING-%3A-DIVERSITY-UNIFORMITY-%2C-Santamour/26a24c5361ce6d6e618a9fa307c4a34a3169e309?p2df>*

(9 de diciembre de 2023).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010. Venustiano Carranza, D.

F., México. 78 p. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>. (9 de diciembre de 2023).

Tropicos. 2023. Tropicos (v3.4.2). Missouri Botanical Garden. <https://www.tropicos.org/home>. (9 de diciembre de 2023).

Velasco M., A., E. Durán M., R. Rivera y D. B. Bray. 2014. Cambios en la cobertura arbolada de comunidades indígenas con y sin iniciativas de conservación, en Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 83:55-73. Doi: 10.14350/rig.34975.

Robles Y., L., S. G. Leyva M., A. Cruz G., M. Camacho T., D. Nieto Á. y J. M. Tovar P. 2016. *Fusarium oxysporum* Schltdl. y *Fusarium solani* (Mart). Sacc. causantes de la marchitez de plántulas de *Pinus* spp. en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(36):25-36. Doi: 10.29298/rmcf.v7i36.57.

Rueda S., A., J. de D. Benavides S., J. Á. Prieto-Ruiz, J. T. Sáenz R., G. Orozco-Gutiérrez y A. Molina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(14):69-82. Doi: 10.29298/rmcf.v3i14.475.

Sáenz R., J. T., H. J. Muñoz F., C. M. Á. Pérez D., A. Rueda S. y J. Hernández R. 2014. Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(26):98-111. Doi: 10.29298/rmcf.v5i26.293.

Sáenz-Romero, C. 2014. Guía técnica para la planeación de la reforestación adaptada al Cambio Climático. Comisión Nacional Forestal (Conafor). Zapopan, Jal., México. 72 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/80238/Guia_Tecnica_para_la_Planeacion_de_la_Reforestacion.pdf. (21 de mayo de 2021).

SAS Institute Inc. 2013. SAS/STAT® 13.1 User's Guide. The GLIMMIX Procedure. SAS Institute Inc. Cary, NC, United States of America. 375 p. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/131/glimmix.pdf>. (13 de octubre de 2023).

Towsend, G. R. and J. W. Heuberger. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicides experiments. *The Plant Disease Reporter* 27(17):340-343. <https://eurekamag.com/research/025/008/025008582.php>. (15 de noviembre de 2023).

Vicente-Arbona, J. C., V. Carrasco-Hernández, D. A. Rodríguez-Trejo y A. Villanueva-Morales. 2019. Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y Bosques* 25(2):e2521784. Doi: 10.21829/myb.2019.2521784.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.