

Importancia del arbolado del Paseo Tollocan en la conservación de la diversidad vegetal urbana de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Importance of the trees on Paseo Tollocan in the conservation of urban plant diversity in the Metropolitan Zone of the Toluca Valley

Marlín Pérez-Suárez ^{a*} , Jorge E. Ramírez-Albores ^b , Leopoldo Mohedano-Caballero ^c ,
Mario González-Aranda ^d , Mario González-Pérez ^a 

*Autor de correspondencia: ^a Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Toluca de Lerdo, Estado de México, México, mperezs@uaemex.mx

^b Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Botánica, Saltillo, Coahuila, México.

^c Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Texcoco, Estado de México, México.

^d Protectora de Bosques del Estado de México PROBOSQUE, Toluca, Estado de México, México

ABSTRACT

Understanding the diversity and structure of green areas is essential for recognizing the multiple environmental and social benefits they provide, which are essential for the sustainability of urban areas and their adaptation to the impacts of climate change. This study aimed to evaluate the diversity and structure of trees present in the central corridor of Paseo Tollocan, located in the Metropolitan Area of the Toluca Valley, Mexico. A census of the trees in the central ridge was conducted to measure the total height and diameter at breast height. Abundance, dominance, and frequency were calculated along with family value (FVI) and importance value index (IVI). Additionally, diversity was evaluated using the Margalef and Shannon indices. In total, 7,723 individuals were recorded, representing 14 families and 41 species. The most abundant species were *Salix babylonica* (2,66) and *Cupressus lusitanica* (2,86). The Margalef index presented a value of 4,47 and the Shannon index 1,97, indicating high diversity. The tree density was 196,4 trees/ha-1, with an average height of 8,3 m and an average diameter of 2,9 m. *Salix babylonica* and *Cupressus lusitanica* had the highest IVIs at 14.7% and 13.5%, respectively. The Paseo Tollocan corridor plays an important role in the conservation of tree diversity, and serves as a refuge for native tree biodiversity. This contributes not only to climate change but also to the adaptation of cities to current environmental changes and to the promotion of resilience and sustainability.

Keywords: urban trees, urban green areas, urban planning, environmental services.

RESUMEN

Conocer la diversidad y estructura de las áreas verdes es primordial para entender los múltiples beneficios ambientales y sociales que brindan, los cuales son esenciales para la sustentabilidad de las áreas urbanas, y su adaptación a los impactos del cambio climático. Este estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad y estructura del arbolado presente en el corredor central del Paseo Tollocan ubicado en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, México. Se realizó un censo del arbolado del camellón central, midiendo su altura total y diámetro normal. Se calculó su abundancia, dominancia y frecuencia, así como los índices de valor familiar (IVF) y de valor de importancia (IVI). Adicionalmente, se evaluó la diversidad mediante los índices de Margalef y Shannon. Se registraron un total de 7.723 individuos, pertenecientes a 14 familias y 41 especies. Las especies más abundantes fueron *Salix babylonica* (266) y *Cupressus lusitanica* (286). El índice de Margalef presentó un valor de 4,47 y el índice de Shannon de 1,97; indicando una alta diversidad. La densidad arbórea fue de 196,4 árboles ha⁻¹, con una altura promedio de 8,3 m y un diámetro promedio de 2,9 m. *Salix babylonica* y *Cupressus lusitanica* presentaron los IVI más altos con 14,7 % y 13,5 %, respectivamente. El corredor Paseo Tollocan juega un papel importante en la conservación de la diversidad arbórea y sirve como un refugio para la diversidad arbórea nativa. Esto contribuye no solo al cambio climático, sino sobre todo a la adaptación de las ciudades a los cambios ambientales actuales y futuros promoviendo la resiliencia y sostenibilidad.

Palabras clave: arbolado urbano, áreas verdes urbanas, planificación urbana, servicios ambientales.

INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes en las zonas urbanas han recibido cada vez más atención en las agendas ambientales internacionales, considerándose como una de las soluciones basadas en la naturaleza para la atención simultánea e integral de problemas ambientales, sociales y económicos que enfrentan las sociedades urbanas en el mundo (Mell 2017, Dorst *et al.* 2019). La protección, restauración y gestión sostenible de la infraestructura verde, definida como la red interconectada de espacios verdes naturales y creados que llevan a cabo las funciones de los ecosistemas naturales, permite la sostenibilidad de dichos beneficios e incrementa la resiliencia socioambiental de las ciudades frente los impactos del cambio climático (Livesley *et al.* 2016).

La infraestructura verde urbana genera diversos beneficios ambientales, como la mitigación de la contaminación atmosférica (Brownin *et al.* 2022), la regulación del clima (Hsied *et al.* 2018), el amortiguamiento del ruido y sus efectos negativos en la salud humana (WHO 2016, Rey-Gonzalo *et al.* 2023). Además, proporcionan hábitat y refugio para la fauna silvestre (Firoj-Jaman *et al.* 2021, Zeng *et al.* 2023), ayudando a contrarrestar así la pérdida de biodiversidad. Las áreas verdes urbanas también proveen múltiples beneficios sociales que incluyen el brindar un espacio para la recreación y ejercicio, así como bienestar físico y mental en la población, al incrementar la belleza escénica que genera la incorporación del color verde de la naturaleza y reflejar los cambios estacionales (Nowak 2010, Hwang *et al.* 2019).

Los beneficios socioambientales que brinda la infraestructura verde dependen no solo de la extensión de las áreas verdes, sino también de la biodiversidad vegetal presente, especialmente de árboles, por lo que la biodiversidad contribuye directamente a la adaptabilidad, estabilidad y resiliencia de los entornos urbanos (Söjan *et al.* 2016). A pesar de los efectos adversos de algunos árboles como la producción estacional de alérgenos de polen y emisión de compuestos orgánicos volátiles (Ji-Wan *et al.* 2022), aunado a los elevados costos de mantenimiento y daños materiales que pueden llegar a suceder, Döhren y Haase 2019), los beneficios pueden ser mucho mayores cuando se toman decisiones con base en una adecuada planeación y manejo de las áreas verdes. Esto, sin embargo, solo puede llevarse a cabo si se consideran las características intrínsecas de las especies de árboles utilizadas (Mitchell *et al.* 2021, Liang y Huang 2023) tal como su estructura (altura y diámetro), composición, riqueza y fisiología, ya que cada función de una especie redundante en los beneficios socioambientales que cada una de ellas es capaz de generar de forma individual y en conjunto (Nowak y Dwyer 2010, Calaza-Martínez e Iglesias-Díaz 2016). Por tanto, conocer la identidad y diversidad de especies vegetales en un área verde urbana es importante para su gestión sostenible, ya que no todas las especies de árboles se desarrollan de forma óptima en el lugar don-

de las establecen, limitando su supervivencia y, por ende, la provisión de beneficios socioambientales (Mitchell *et al.* 2021).

Bajo este contexto, el Corredor Paseo Tollocan, es un área verde en forma lineal que atraviesa el corredor industrial de la Ciudad de Toluca, y es la principal vía de acceso a ésta desde la Ciudad de México, es ahora uno de los espacios verdes más extensos de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), por lo que indudablemente brinda múltiples beneficios socioambientales para dicha zona. Sin embargo, los estudios sobre la vegetación que cubre este corredor son nulos, si se consideran las publicaciones periódicas, por lo que este es el primer reporte con el objetivo de evaluar la diversidad y estructura del arbolado presente en el corredor central del Paseo Tollocan. Lo anterior servirá como línea base para el monitoreo a largo plazo del arbolado de este corredor, así como para la determinación y monitoreo de los múltiples beneficios ecológicos y socioambientales que permitan una mejor planificación y manejo de esta área verde de indiscutible importancia para los habitantes de la ZMVT.

MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en el camellón de la vialidad Paseo Tollocan, ubicada en la ZMVT en el Estado de México, México (figura 1). El Paseo Tollocan es una zona arbolada en forma lineal que se distribuye a lo largo de 13,6 km ubicado entre 19° 17' de latitud norte y 99° 31' - 99° 37' de longitud oeste a una elevación de 2.600 m (figura 1), y atraviesa cinco de los 16 municipios que conforman la ZMVT: Toluca, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco (figura 1). Este espacio está conformado por un camellón central y dos camellones laterales, que inician en el monumento al Bicentenario de la Independencia (o Puerta Tollotzin) y terminan en el Puente Tultepec. Así, conecta con otras vías primarias urbanas hacia el centro de la ciudad de Toluca, así como otras de carácter regional-nacional hacia Atlacomulco, Querétaro, Zitácuaro y Valle de Bravo (Hoyos-Castillo y Camacho-Ramírez 2010). A lo largo del Paseo Tollocan se encuentran parques industriales, zonas comerciales, centros de educación, oficinas gubernamentales y parques. El clima predominante es templado subhúmedo con una temperatura promedio de 18 °C (García 2004), una precipitación entre 800 y 1.000 mm, y julio a diciembre son los meses del año con una mayor precipitación pluvial. Las heladas son frecuentes, particularmente de septiembre a mayo (López *et al.* 2009).

Diseño de muestreo. El muestreo se realizó durante un periodo anual (2021-2022). Dada la extensión de este parque lineal, se establecieron cinco sitios de muestreo permanentes, delimitándolos de acuerdo con las principales avenidas (figura 1). Esta delimitación se realizó con la ayuda de una imagen satelital clasificada y validada en campo, además

del apoyo de imágenes satelitales en Google Earth®. Los sitios de estudio se ubicaron con una orientación oeste-este: a) sitio 1, del monumento al Bicentenario de la Independencia hasta la avenida Ignacio Comonfort con una superficie de 6,9 ha y una extensión de 1,7 km; b) sitio 2, de la avenida Ignacio Comonfort a la avenida Manuel J. Clouthier con una superficie de 6,1 ha y una extensión de 1,6 km; c) sitio 3, de la avenida Manuel J. Clouthier a la avenida Tecnológico con una superficie de 7,8 ha y una extensión de 2,1 km; d) sitio 4, de la avenida Tecnológico al boulevard Miguel Alemán con una superficie de 7,1 ha y una extensión de 1,8 km; y e) sitio 5, del boulevard Miguel Alemán al Puente Tultepec con una superficie de 11,3 ha y una extensión de 2,8 km (figura 1).

Diversidad del arbolado. La diversidad de especies arbóreas en cada sitio se calculó con el índice de Shannon (H') [1], que toma en cuenta tanto la riqueza de especies como la equidad en la abundancia de estas (Ludwig y Reynolds 1988, Magurran 2004). Además, se estimó el índice de Margalef (D_{Mg}) [2] (Margalef 1972). Lo anterior, uno de los índices más empleados para evaluar las comunidades vegetales basados en la cuantificación del número de especies (riqueza) por sitio de muestreo (Moreno y Halfiter 2001).

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i) \quad [1]$$

Donde:

H' = índice de diversidad de Shannon

p_i = número de especies individuales entre número total de individuos

$\ln$ = logaritmo natural

$$D = (S - 1) / \ln N \quad [2]$$

Donde:

D_{Mg} = índice de Margalef

S = número de especies

N = número total de individuos

Finalmente, se evaluó el grado de similitud en la composición de especies entre los sitios de muestreo acorde al índice de similitud de Bray-Curtis en BiodiversityPro 2.0® (McAleece *et al.* 1997), que considera en conjunto datos de presencia-ausencia (Clarke y Warwick 2001). Este índice toma valores de 0 (ninguna especie en común) y 1 (las muestras en los sitios son idénticas). Por último, se usó la regla de diversidad 10-20-30 propuesta por Santamour (1990) como un indicador de la diversidad arbórea para

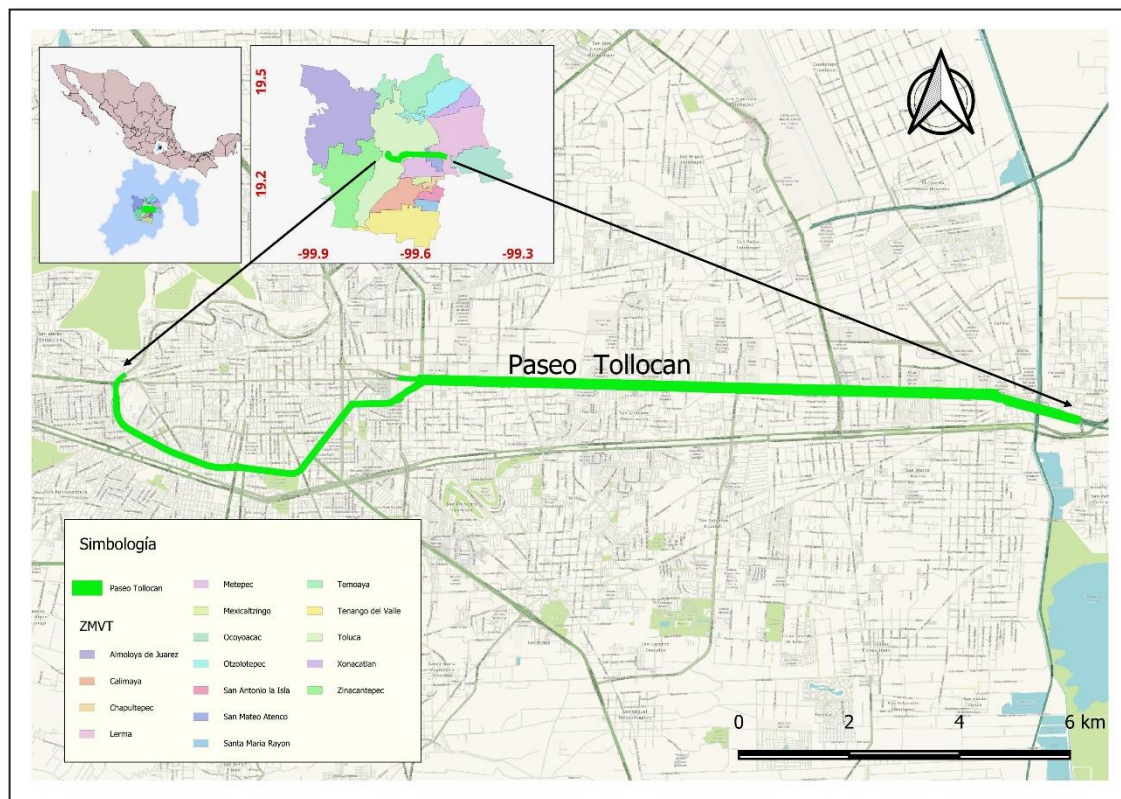


Figura 1. Ubicación del corredor Paseo Toluca en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el Estado de México, México. Imagen elaborada por MP-S.

Location of the Paseo Toluca corridor in the Metropolitan Zone of Toluca Valley 157 in the State of Mexico, Mexico. Image created by MP-S.

evitar plagas y enfermedades en bosques urbanos (Martínez-Trinidad *et al.* 2021). Esta regla establece que el número de individuos de una especie no debe exceder el 10 %, el de un género no debe superar el 20 %, y de una familia no debe ser mayor al 30 % de la población arbórea total.

Estructura del arbolado. En cada sitio del corredor central del Paseo Tollocan se registró el número de individuos por especie midiendo su diámetro normal (DN) a 1,30 m de altura de los individuos con diámetro mayor a 5 cm con una cinta diamétrica Forestry Suppliers 283D®, y la altura con un hipómetro (Nikon Forestry Pro) (Merino y Palacios 2023, Guzmán-Santiago *et al.* 2024). La actualización de la nomenclatura de los nombres científicos de las especies arbóreas se realizó utilizando la base de datos del Missouri Botanical Garden a través de Tropicos (Tropicos 2024). La región geográfica de origen de cada especie se realizó utilizando a Vázquez-Yanes *et al.* (1999), iNaturalistMX (2024) y Tropicos (2024).

Posteriormente se estimó la cobertura y se contabilizó el número total de individuos por especie. Con los datos obtenidos se calculó la densidad (D) [3], área basal (AB) [4] y cobertura absoluta (C) [5] (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974, Newton 2007).

$$D = n/A \quad [3]$$

Donde:

D = densidad

n = número total de individuos

A = área/superficie de muestreo

$$AB = \pi r^2 \quad [4]$$

Donde:

r = radio ($P/2\pi$)

P = perímetro del tronco

$\pi = 3,1416$

$$C = \pi [1/4(D1+D2)]^2 \quad [5]$$

Donde:

C = cobertura absoluta

D1 = diámetro mayor

D2 = diámetro menor

$\pi = 3,1416$

Se estimó el índice de valor familiar (IVF) [6] (Mori *et al.* 1983), que permite observar el éxito ecológico de una familia en el área de estudio muestreada (Graciano-Ávila *et al.* 2017, Pino *et al.* 2022).

$$IVF = \Sigma (\%DvRFi) + (\%DRFi) + (\%DoRFi) \quad [6]$$

Donde:

IVF = índice de valor familiar

DvRFi = (número de especies de la familia *i* / número de especies totales) * 100

DRFi = (número de individuos de la familia *i* / número de individuos totales) * 100

DoRFi = (área basal de la familia *i* / área basal total) * 100

Los valores relativos de los atributos estructurales se combinaron en el índice de valor de importancia relativa (VIR o IVI) [6], que se estimó a partir de los valores relativos de la abundancia relativa, dominancia y frecuencia relativas en cada sitio de muestreo (Silva-García *et al.* 2021, Silva-González *et al.* 2022). Los valores estructurales de las especies se estimaron por sitio, así como información general de cada sitio incluidas la elevación (m), pendiente del terreno (%), exposición u orientación (puntos cardinales) y características de algunas variables edáficas.

$$VIR = (Ar + Dr + Fr) / 3 \quad [7]$$

Donde:

VIR = índice de importancia relativa

Ar = abundancia relativa de la especie *i* respecto al total

Dr = dominancia relativa de la especie *i* respecto al total

Fr = frecuencia relativa de la especie *i* respecto al total

RESULTADOS

Diversidad. Los resultados mostraron que en el corredor central del Paseo Tollocan se encuentra un total de 7.723 individuos, pertenecientes a 41 especies arbóreas distribuidas en 14 familias (cuadro 1). Al respecto, las familias con mayor número de especies y de individuos fueron Pinaceae (10 especies y 284 individuos), Salicaceae (6 especies y 3.441 individuos), Cupressaceae (5 especies y 2.929 individuos) y Oleaceae (3 especies y 333 individuos). Destacan siete de las familias registradas debido a que estuvieron representadas por una sola especie (cuadro 1) entre las cuales, *Cupressus lusitanica* (2.665) y *Salix babylonica* (2.869) fueron las especies con mayor número de individuos. En el cuadro 1 se muestra el valor de Importancia Familiar (FIV) para las 22 familias, siendo las más importantes Salicaceae, con un FIV de 78,59; seguida por Cupressaceae con 55,43 y Pinaceae con 50,47.

Respecto al género, los de mayor riqueza de especies fueron *Pinus* con ocho especies, *Cupressus*, *Acacia*, *Eucalyptus* y *Salix*, con tres especies cada uno (cuadro 1). Se observó que la diversidad de árboles en los sitios resalta que ésta sí varió entre los distintos fragmentos del corredor central del Paseo Tollocan. El sitio 5 presentó el mayor número de especies de árboles e individuos con 25, seguido del sitio 3 con 24 (figura 2). Las mayores riquezas se registraron en el sitio 3 ($D_{Mg} = 3,15$) y en el sitio 5 ($D_{Mg} = 3,12$) (figura 2); mientras que el índice de Shannon señala que los sitios con mayor diversidad arbórea en el corredor central del Paseo Tollocan fueron el sitio 2 ($H' = 1,91$) y el sitio 3 ($H' = 1,80$) (figura 2).

En cuanto a la similitud en la composición de especies entre los sitios de muestreo del corredor del Paseo Tollo-

Cuadro 1. Número de géneros, especies e individuos arbóreos por familia presentes en el corredor central Paseo Tollocan.

Number of genera, species and tree individuals per family present in the central corridor Paseo Tollocan.

Familia	Géneros	Especies	Número de individuos	Índice de Valor Familiar (IVF)	% IVF
Altingiaceae	1	1	81	3,87	1,29
Anacardiaceae	1	1	43	4,29	1,43
Betulaceae	1	1	92	7,06	2,35
Bignoniaceae	1	1	100	4,99	1,66
Casuarinaceae	1	1	14	5,06	1,68
Cupressaceae	3	5	2.969	55,43	18,47
Fabaceae	2	4	89	30,37	10,12
Fagaceae	1	1	1	15,17	5,05
Myrtaceae	1	3	226	17,14	5,71
Oleaceae	2	3	333	13,23	4,41
Pinaceae	3	10	284	50,47	16,82
Rosaceae	2	3	43	11,58	3,86
Salicaceae	2	6	3.441	78,59	26,19
Scrophulariaceae	1	1	7	2,75	0,91
Total	22	41	7.723	299,99	100

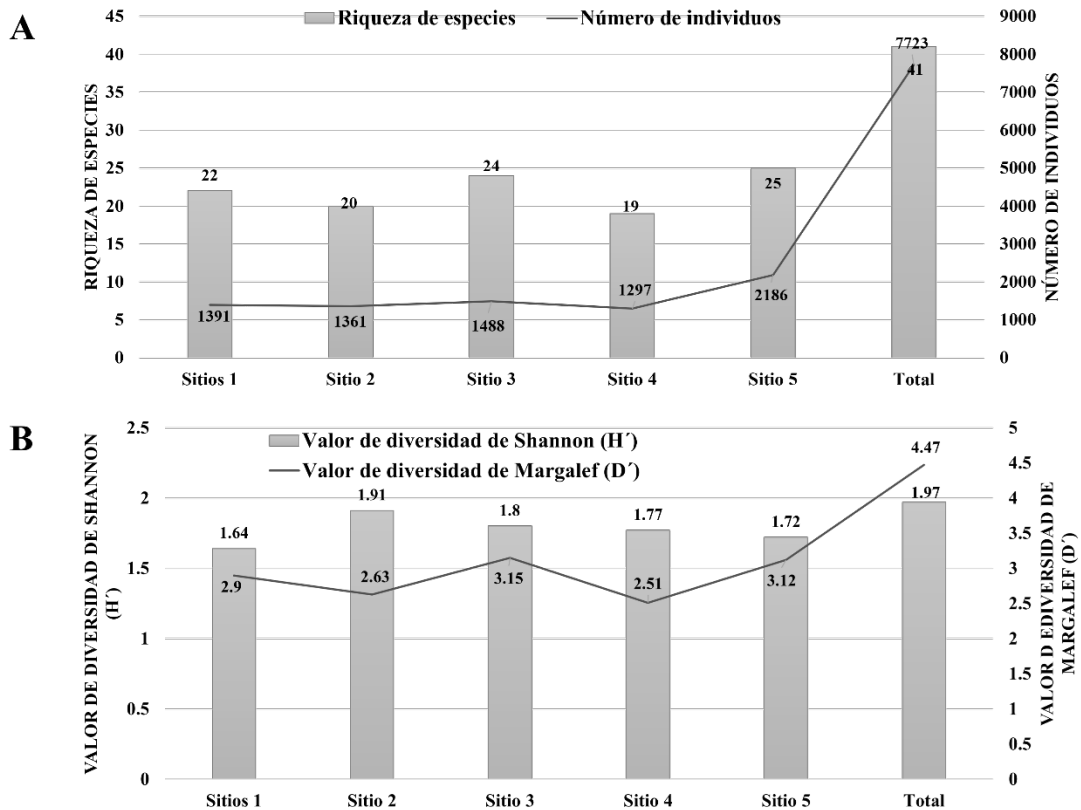


Figura 2. Riqueza de especies (barras) y número de individuos de árboles (línea) por sitio (A); y valores del índice de diversidad de Shannon (barras) y de Margalef (línea) (B) entre sitios del corredor central del Paseo Tollocan.

Species richness (bars) and number of tree individuals (line) by site (A); and values of the Shannon (bars) and Margalef (line) diversity indexes (B) among sites in the central corridor of Paseo Tollocan.

can, el índice de Bray-Curtis señaló la existencia de tres grupos, formados por pares de sitios, entre los que hay una similitud por arriba del 57 %. No obstante, la mayor similitud fue exhibida por los sitios 4-5 (77,2 %), seguida por los sitios 1-5 (75,7 %), y los sitios 1-3 (73,8 %). En contraste, los que comparten una menor similitud fueron los sitios 2-5 (57,7 %) y los sitios 3-5 (57,1 %) (figura 3).

Estructura del arbolado. El arbolado presente en el corredor central del Paseo Tollocan exhibió una densidad promedio de 196,4 árboles ha⁻¹. La altura promedio fue de 8,34 ± 2,3 m, con un diámetro promedio de 2,91 ± 1,4 m y un volumen 142,57 m³ (figura 4). *Cupressus lusitanica*, *Salix babylonica* y *Quercus rugosa*. fueron las especies con un mayor valor de IVI con 13,5 %, 14,7 % y 5,1 %, respectivamente (cuadro 2). Otras especies arbóreas importantes fueron *Alnus jorullensis*, *Pinus oaxacana*, *Populus alba* y *P. canadensis* con valores de IVI cercanos al 3 % (cuadro 2). Las especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron *Salix babylonica* (37,1 %) y *Cupressus lusitanica* (34,5 %) con una frecuencia relativa de casi 4,0 en ambos casos (cuadro 2).

DISCUSIÓN

En el presente estudio se registraron 41 especies y 14 familias de árboles en el corredor central del Paseo Tollocan, un número alto de especies para un solo sitio comparado con otros espacios verdes en México, como el Bosque de San Juan de Aragón en la Ciudad de México, donde registraron 12 especies (Saavedra-Romero *et al.* 2019) o como en otras regiones del mundo, donde solamente se han registrado 6 especies (Nagendra y Gopal 2010). Por otro lado, la riqueza de especies encontrada en el presen-

te estudio fue similar a lo reportado por Leal-Elizondo *et al.* (2018), quienes registraron 41 especies y Alanís *et al.* (2014), quienes enlistaron 39 especies en el noreste de México. Sin embargo, es baja comparada con áreas verdes de otras regiones del mundo, donde se han registrado más de 200 especies (Jim y Liu 2001, Mehraj *et al.* 2021). Es importante destacar que en el área de estudio la diversidad arbórea es elevada si se considera que en las zonas de alineación como son las de tránsito vehicular, bulevares y camellones normalmente se usan pocas especies con la finalidad de priorizar elementos estéticos como la uniformidad (Cowett y Bassuk 2020). En el caso del diámetro promedio del arbolado en Paseo Tollocan (DN = 2,91 m), esta es mayor a lo reportado en otras regiones (Sosa-López *et al.* 2011, Castelao y Fritschy 2019, Saavedra-Romero *et al.* 2019), quienes reportan una densidad promedio menor a 1,8 m. Sin embargo, menor a lo reportado para el arbolado (DN > 3, 0 m) en Texcoco en el Estado de México (Martínez-Trinidad *et al.* 2021). Cabe señalar que la densidad del arbolado en Paseo Tollocan es relativamente alta (196,4 árboles ha⁻¹), si se compara con lo registrado en otras regiones en México como Texcoco en el Estado de México con 167 árboles ha⁻¹ (Martínez-Trinidad *et al.* 2021), Montemorelos en Nuevo León con 194 árboles ha⁻¹ (Canizales *et al.* 2020), Linares en Nuevo León con 75,4 árboles ha⁻¹ (Leal-Elizondo *et al.* 2018) y Mérida en Yucatán con 75,4 árboles ha⁻¹ (De la Concha *et al.* 2017). De acuerdo con Nowak y Greenfield (2018) y Pincetl *et al.* (2013) quienes mencionan que un valor es considerado común en un rango de 100 a 200 árboles ha⁻¹ para los parques urbanos, se considera que nuestros resultados si se encuentran en este rango. Sin embargo, otros estudios sugieren valores superiores a este rango, por ejemplo, Alanís-Rodríguez *et al.* (2014) registran una densidad de 207 árboles ha⁻¹ en

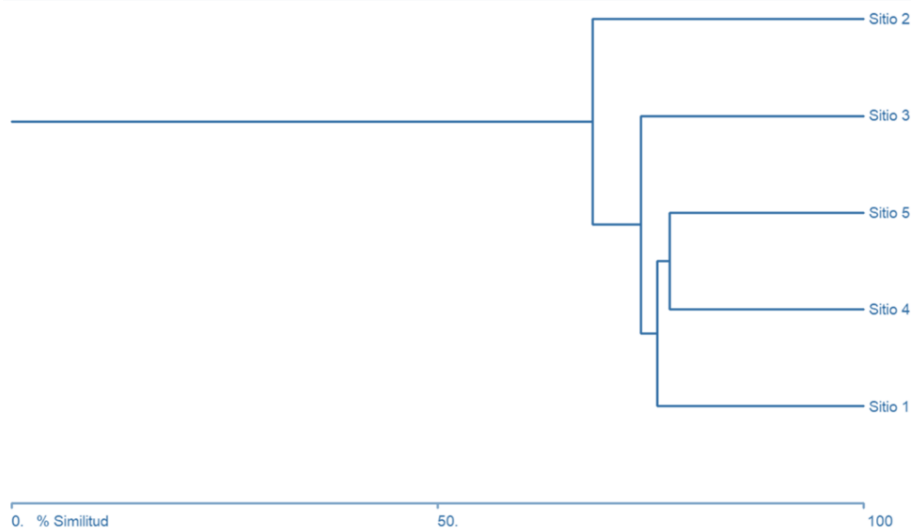


Figura 3. Agrupamiento de similitud de Bray-Curtis entre los sitios de muestreo del corredor central del Paseo Tollocan.

Bray-Curtis similarity clustering among sampling sites in the central corridor of Paseo Tollocan.

Cuadro 2. Parámetros fitosociológicos del arbolado presente en el corredor central del Paseo Tollocan. En el origen se indica en cada caso si son especies nativas (Na), introducidas (In), endémicas (En) y nativas, pero fuera de su área de distribución original (FAD).

Phytosociological parameters of the trees present in the central corridor of Paseo Tollocan. The origin indicates whether each species is native (Na), introduced (In), endemic (En), or native but outside their original distribution area (FAD).

Nombre Científico	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Dominancia (%)	IVI	Origen
<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. & Cham.	0,0518	1,5748	0,2755	0,6340	Na
<i>Acacia baileyana</i> F. Muell.	0,0906	2,3622	2,2234	1,5587	In
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	0,9324	3,9370	1,4429	2,1041	In
<i>Acacia retinoides</i> Schltdl.	0,0777	1,5748	0,1844	0,6123	In
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	1,1914	3,9370	3,9298	3,0194	Na
<i>Buddleja cordata</i> Kunth	0,0906	2,3622	0,2558	0,9029	Na
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	0,1813	3,9370	2,7943	2,3042	In
<i>Cedrus libani</i> A. Rich.	0,1036	1,5748	5,6918	2,4567	In
<i>Chamaecyparis</i> spp.	0,5309	2,3622	0,2780	1,0570	In
<i>Crataegus mexicana</i> DC.	0,1295	2,3622	3,0515	1,8477	Na
<i>Cupressus guadalupensis</i> S. Watson	0,2331	1,5748	1,7850	1,1976	Na, FAD
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	34,5116	3,9370	2,1771	13,5419	Na
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	1,1007	3,9370	0,4800	1,8392	In
<i>Erythrina coralloides</i> DC.	0,0518	1,5748	3,8740	1,8335	Na
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dnh.	1,7871	2,3622	3,8502	2,6665	In
<i>Eucalyptus cinerea</i> F.J. Muell. ex Benth.	0,2849	2,3622	0,4806	1,0426	In
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	0,8547	1,5748	3,5703	1,9999	In
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	1,7353	3,9370	1,2686	2,3136	Na
<i>Juniperus monticola</i> Martínez	2,0720	3,9370	0,7659	2,2583	Na
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	1,2950	0,7874	1,4378	1,1734	In
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	1,8130	1,5748	0,2329	1,2069	In
<i>Ligustrum japonicum</i> Tunb.	0,7640	2,3622	0,3366	1,1543	In
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	1,0489	2,3622	0,4324	1,2812	Na
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.	0,1554	2,3622	1,9147	1,4774	Na
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	2,0461	3,9370	1,8637	2,6156	Na
<i>Pinus gregii</i> Engelm. ex Parl.	0,1036	1,5748	1,4475	1,0420	Na
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov.	0,0129	1,5748	9,6192	3,7356	Na
<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.	0,9712	3,1496	1,4138	1,8449	Na
<i>Pinus pseudostrobus</i> Endl.	0,0388	1,5748	1,5688	1,0608	Na
<i>Pinus radiata</i> D. Don	0,1554	2,3622	1,1783	1,2320	Na, FAD
<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	0,0259	1,5748	0,6972	0,7660	Na
<i>Populus alba</i> L.	2,9396	3,9370	2,7146	3,1971	In
<i>Populus canadensis</i> Moench.	1,6705	3,1496	7,1653	3,9952	In
<i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall	0,0518	1,5748	0,3139	0,6468	In
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	0,4144	3,1496	0,9710	1,5117	Na
<i>Prunus domestica</i> L.	0,0129	1,5748	0,2277	0,6051	In
<i>Quercus rugosa</i> Née	0,0129	0,7874	14,5711	5,1238	Na
<i>Salix alba</i> L.	1,4504	1,5748	5,4664	2,8305	In
<i>Salix babylonica</i> L.	37,1533	3,9370	3,1849	14,7584	In
<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	1,2950	2,3622	3,3828	2,3467	Na
<i>Schinus molle</i> L.	0,5568	1,5748	1,4804	1,2040	In
Total	100	100	100	100	

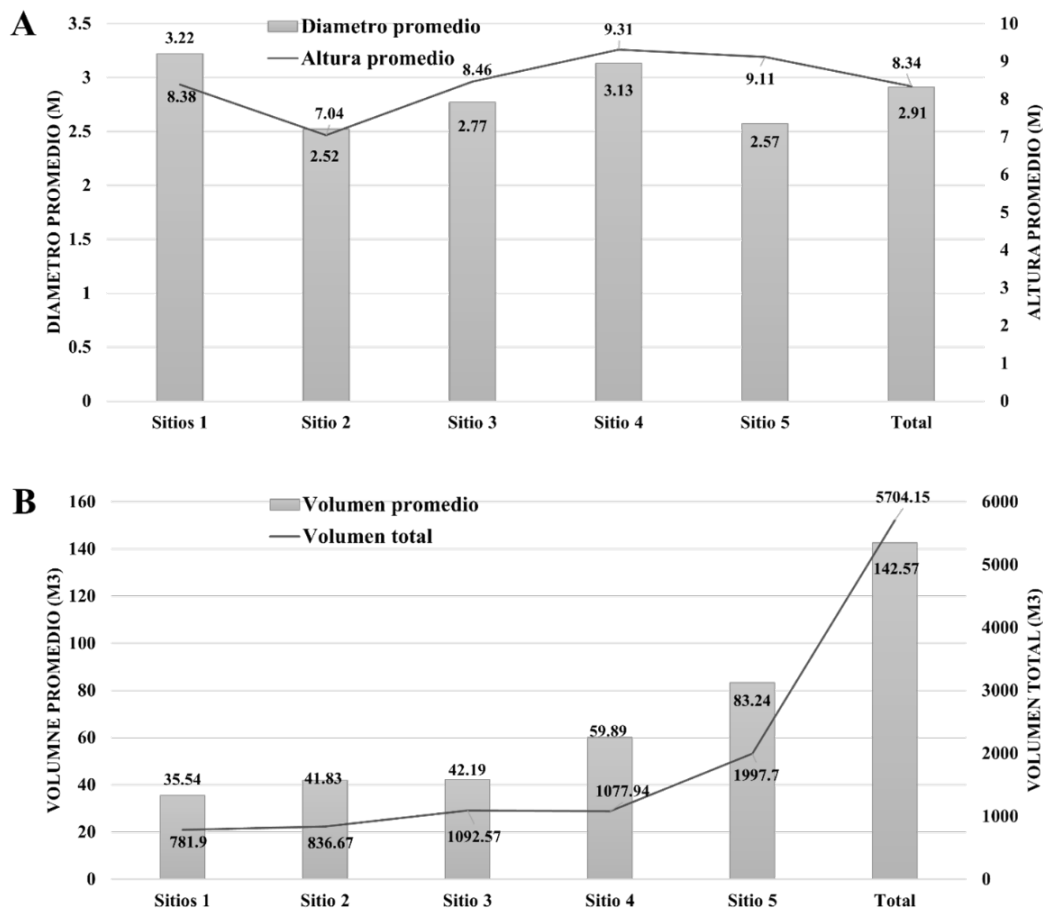


Figura 4. Diámetro y altura promedio (A), y volumen promedio y total (B) del arbolado presente en el corredor central del Paseo Tollocan.

Average diameter and height (A), and average and total volume (B) of the trees present in the central corridor of Paseo Tollocan.

Linares, Nuevo León y Benavides y Fernández (2012) catalogan 295 árboles ha^{-1} en el Bosque de Chapultepec en la Ciudad de México.

En el caso del IVF, las familias Cupressaceae (con 5 especies y 2.969 individuos) y Salicaceae (6 especies y 3.441 individuos) fueron las familias mejor representadas. Estos resultados son similares a otros estudios (Román-Guillén *et al.* 2019, Pino *et al.* 2022), donde destacan solamente algunas familias con un mayor número de especies e individuos. Por otra parte, del total de especies, 20 de ellas son introducidas y 21 son nativas de México, donde dos de estas especies son nativas, pero fuera de sus áreas de distribución original: *Cupressus guadalupensis* (nativa de la península de Baja California) y *Pinus radiata* (nativa de la parte noroeste de México). Sin embargo, en conjunto, las especies de árboles nativos representan prácticamente el 46 % de las especies presentes en el área de estudio, destacando que ninguna de las especies se encuentra enlistada en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Esto es de gran importancia, ya que, en comparación con otras ciu-

dades las especies nativas representan menos del 20 % del total de las especies presentes en zonas urbanas (Santilli *et al.* 2018). Por tanto, el corredor Paseo Tollocan juega un papel importante como albergue de la biodiversidad nativa de árboles. Además, si bien el número de especies introducidas presente en el corredor central del Paseo Tollocan no supera al de especies nativas, solamente una especie introducida presentó el valor de IVI más alto (*Salix babylonica* 14,75 %), y que en conjunto con *Cupressus lusitanica* (nativa de México) sumaron el 28 % del valor de importancia de las especies arbóreas en el Paseo Tollocan. No obstante, de acuerdo con Templeton *et al.* (2019) y Hernández-López *et al.* (2023), es común encontrar una mayor proporción de especies introducidas en las áreas verdes urbanas. Lo anterior es evidenciado en diversos estudios realizados en México (Leal *et al.* 2018, Canizales *et al.* 2023, Martínez-Trinidad *et al.* 2021), así como en otras regiones del mundo (Santilli *et al.* 2018, Bartoli *et al.* 2021) donde han registrado proporciones mayores al 60 %. La incorporación de especies no nativas en las áreas verdes urbanas es incluso recomendada, por algunos auto-

res como McKinney (2006) y Sjöman *et al.* (2016), ya que consideran que es una forma de incrementar la adaptación, aumentan la diversidad y crecimiento de los árboles, además de incrementar la resiliencia de dichas áreas. Lo anterior debido a que su uso corresponde a su fácil adaptación, cultivo y propagación, además, del hecho de que comúnmente poseen mayor resistencia a factores de estrés urbano (Sjöman *et al.* 2016, Saavedra-Romero *et al.* 2019). Con base a la regla 10-20-30 de Santamour (1990), que establece que un bosque urbano heterogéneo no debe rebasar el 10% de individuos de una misma especie, el 20 % de un mismo género y el 30 % de una misma familia, para poder tener una alta resiliencia a enfermedades y plagas, y en ese sentido el corredor Paseo Tollocan no cumple con esta regla. Dado que ninguna especie arbórea supera el 10 % de los individuos, en el caso de los géneros algunos de ellos superan el 20 % y en el caso de las familias, tanto Cupressaceae (38,4 %), como Salicaceae (44,6 %) rebasan el 30 % que establece esta regla, lo que los pondría en la mayor susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades (Santamour 1990). Los resultados son similares a los encontrados en otras áreas verdes en México (Islas-Rodríguez *et al.* 2012, Saavedra-Romero *et al.* 2019, Canizales *et al.* 2020, Martínez-Trinidad *et al.* 2021), así como en otras regiones (Jim y Liu 2001, Cornelis y Hermy 2004).

Por otro parte, destaca la presencia de *Prunus serotina* (capulín), *Prunus domestica* (ciruelo de España), y *Crataegus mexicana* (tejocote) que son especies frutales, que además de ser una fuente potencial de alimento para la fauna silvestre y principios activos para medicamentos, contribuyen a la estética estacional del Paseo Tollocan por sus flores coloridas y sus formas arquitectónicas. De acuerdo con Orlandi *et al.* (2023), los árboles frutales tienen una gran importancia en la mitigación del cambio climático, ya que algunas especies frutales, como *Morus nigra* y *Juglans regia*, son capaces de almacenar hasta 2,33 y 2,40 toneladas de carbono hasta por 50 años. Lo que sugiere que es importante realizar estudios sobre los beneficios de estas especies y potenciar su uso en los parques urbanos.

CONCLUSIONES

La diversidad y estructura arbórea del Paseo Tollocan en la ciudad de Toluca, México, mostró que la riqueza de especies es alta y similar a otros espacios verdes en otras ciudades del país, con una representatividad en dominancia y frecuencia muy importante de especies introducidas, lo cual no es recomendable desde una perspectiva socioambiental sustentable como salud arbórea y planificación urbana.

El corredor Paseo Tollocan juega un papel importante en la conservación de la diversidad del arbolado y como albergue de la biodiversidad nativa de árboles, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático, pero sobre todo a la adaptación de las ciudades a los cambios ambientales presentes y futuros promoviendo la resiliencia y

sostenibilidad. Estos resultados marcan una línea base para el monitoreo a largo plazo del arbolado de este corredor, así como para la determinación de los múltiples beneficios ecológicos y socioambientales que permitan una mejor planificación y manejo de los bosques urbanos en la región.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

MP-S y JER-A concepción de la idea, análisis de datos y escritura del documento. Todos los autores contribuyeron en el procesamiento, interpretación de los resultados y redacción del manuscrito.

FINANCIAMIENTO

Al COMECyT por el financiamiento a través del proyecto FICDTEM-2021-041 en el cual se enmarca el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades municipales de Toluca, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco y a PROBOSQUE que nos facilitaron la logística y los permisos pertinentes para el monitoreo del arbolado en el área de estudio.

REFERENCIAS

- Alanís-Rodríguez E, J Jiménez, A Mora-Olivo, P Canizales, L Rocha. 2014. Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(7): 93-101. Consultado 05 may. 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/271271778_Estructura_y_composicion_del_arbolado_urbano_de_un_campus_universitario_del_noreste_de_Mexico
- Bartoli F, V Savo, G Caneva. 2021. Biodiversity of urban street trees in Italian cities: A comparative analysis. *Plant Biosystems* 156(3): 649-662. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2021.1906347>
- Benavides MHM, GDY Fernández. 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques* 18(2): 51-71. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2012.182352>
- Browning MHEM, A Rigolon, O McAnirlin, HV Yoon. 2022. Where green space matters most: a systematic review of urbanicity, greenspace, and physical health. *Landscape and Urban Planning* 217:104233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104233>
- Calaza-Martínez P, M Iglesias-Díaz. 2016. El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación. Madrid, España. Edic. Mundi-Prensa. 526 p.
- Canizales PA, E Alanís, VA Holguín, S García, AC Chávez. 2020. Caracterización del arbolado urbano de la ciudad de Montemorelos, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(62): 111-135. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.768>
- Castelao G, B Fritschy. 2019. Diagnóstico del arbolado urbano de alineación en vecinales la Esmeralda y Guadalupe Este. Ciudad de Santa Fe, República de Argentina. *Contribucio-*

- nes Científicas G&A 31: 99-118. Consultado 05 may. 2024. Disponible en: https://gaea.org.ar/contribuciones/CONTRIBUCIONES_2019/CastelaoFritschy.pdf
- Clarke KR, RM Warwick. 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series* 216: 265-278. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps216265>
- Cornelis J, M Hermy. 2004. Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning* 69(4): 385-401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.038>
- Cowett FD, NL Bassuk. 2020. Street tree diversity in Massachusetts, U.S.A. *Arboriculture & Urban Forestry* 46(1): 27-43. DOI: <https://doi.org/10.48044/jauf.2020.003>
- De la Concha H, L Roche, A García. 2017. Inventario del arbolado urbano de la ciudad de Mérida. Mérida, Yucatán, México. Ayuntamiento de Mérida 2018-2021. 58 p. Consultado 12 enero 2024. Disponible en: http://www.merida.gob.mx/sustentable/contenidos/doc/inventario_arbolado_merida.pdf
- Döhren PV, D Haase. 2019. Risk assessment concerning urban ecosystem disservices: The example of Street trees in Berlin, Germany. *Ecosystem Services* 40: 101031. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101031>
- Dorst H, S van der Jagt, R Raven, H Runhaar. 2019. Urban greening through nature-based solutions – key characteristics of an emerging concept. *Sustainable Cities and Society* 49: 101620. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101620>
- Firoj-Jaman M, A Razzaque-Sarker, M Alam, M Rahman, F Rabbe, A Sayeed-Rana, A Rahman-Shome, S Hossain. 2021. Species diversity, distribution and habitat utilization of urban wildlife in a megacity of Bangladesh. *Biodiversity* 12: 635-653. DOI: <https://doi.org/10.31396/Biodiv.Jour.2021.12.3.635.653>
- García E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México, D.F. México. Instituto de Geografía, UNAM. 98 p.
- Graciano-Ávila G, E Alanís-Rodríguez, OA Aguirre-Calderón, MA González-Tagle, EJ Treviño-Garza, A Mora-Olivo. 2017. Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques* 23(3): 137-146. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Guzmán-Santiago JC, B Vargas-Larreta, JA Najera-Luna, F Cruz-Cobos, M Gómez-Cárdenas, R González-Cubas, JA Hernández-Aguilar. 2024. Relación no lineal generalizada de altura total-diámetro normal para *Pinus greggi* y *Pinus pseudostrobus* en Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 30(1). DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3012552>
- Hernández-López P, T Martínez-Trinidad, P Hernández de la Rosa, L Mohedano-Caballero, MJ González-Guillén. 2023. Ecological characterization of trees at Molino de Flores Netzahualcoyotl National Park. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 29(3): 93-108. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.chscfa.2023.01.002>
- Hoyos-Castillo G, M Camacho-Ramírez. 2010. Vialidad Paseo Tollocan en la Ciudad de Toluca. *Quivera* 12(2): 221-247. Consultado 10 diciembre de 2023. Disponible en <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10196>
- Hsieh CM, JJ Li, L Zhang, B Schwegler. 2018. Effects of tree shading and transpiration on building cooling energy use. *Energy and Buildings* 159: 382-397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.10.045>
- Hwang YH, ZEJ Yue, SK Ling, HHT Tan. 2019. It's ok to be wilder: preference for natural growth in urban green spaces in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening* 38:165-176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.12.005>
- iNaturalistMx. 2024. iNaturalistMx. Consultado 16 enero 2024. Disponible en <https://mexico.inaturalist.org/>
- Islas-Rodríguez L, T Martínez-Trinidad, M Hernández-Martínez. 2012. Principales especies arbóreas en el campus Montecillo del Colegio de Postgraduados. *Ciencias Agrícolas Informa* 21(2): 97-105. Consultado 05 may. 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305681116_Principales_especies_arboreas_en_el_campus_Montecillo_del_Colegio_de_Postgraduados
- Ji-Wan A, D Trieu-Vuong, P Shin-Young, C In-Young, P Chan-Ryul, S Youn-Suk. 2022. Characteristics of biogenic volatile organic compounds emitted from major species of street trees and urban forests. *Atmospheric Pollution Research* 13(7): 101470. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101470>
- Jim C, H Liu. 2001. Species diversity of three major urban forest types in Guangzhou City, China. *Forest Ecology and Management* 146(1): 99-114. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00449-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00449-7)
- Leal-Elizondo CE, N Leal-Elizondo, E Alanís-Rodríguez, MA Pequeño-Ledezma, A Mora-Olivo, E Buendía-Rodríguez. 2018. Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (48). DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>
- Liang D, G Huang. 2023. Influence of urban tree traits on their ecosystem services: a literature review. *Land* 12(9): 1699. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12091699>
- Livesley SJ, EG McPherson, C Calfapietra. 2016. The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality* 45: 119-124. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>
- López R, G Becerril, L Benítez, S Cuevas. 2009. El medio físico, biológico y social. In Ceballos G, R List, G Garduño, R López, MJ Muñozcano, E Collado, JE San Román, comps, La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de estado. Toluca, México. Gobierno del Estado de México-Conabio. p. 49-61.
- Ludwig JA, JF Reynolds. 1998. Statistical ecology: A primer on methods and computing. New York, NY, USA. John Wiley & Sons. 337 p.
- Magurran AE. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd. 132 p.
- Margalef R. 1972. Homage to E. Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 44: 21-235. Consultado 05 may. 2024. Disponible en: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=980062>
- Martínez-Trinidad T, P Hernández-López, SF López-López, L Mohedano-Caballero. 2021. Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree Eco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(67): 202-223. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.880>

- McAleece N, JDG Gage, PJD Lambshead, GLJ Paterson. 1997. BioDiversity Professional statistics analysis software. The Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- Mehraj G, AA Khuroo, M Hamid, I Muzafar, I Rashid, AH Malik. 2021. Floristic diversity and correlates of naturalization of alien flora in urban green spaces of Srinagar city. *Urban Ecosystems* 24: 1231-1244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01105-7>
- Merino BJ, BG Palacios. 2023. Manual para determinar “el factor de forma de un árbol”. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 22p.
- Mell IC. 2017. Green infrastructure: reflections on past, present and future praxis. *Landscape Research* 42:135-145. DOI: <https://doi.org/10.1080/01426397.2016.1250875>
- Mithchell RJ, RL Hewison, RK Haghi, AHJ Robertson, AM Main, IJ Owen. 2021. Functional and ecosystem services differences between trees species implications for tree species replacement. *Trees* 35: 307-317. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02035-1>
- Moreno CE, G Halffter. 2001. Spatial and temporal analysis of the α , β , and γ diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* 10: 367-382. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1016614510040>
- Mori S, B Boom, A de Carvalho, T Dos Santos. 1983. Southern Bahian moist forest. *Botanical Review* 49: 155-232. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02861011>
- Mueller-Dombois D, H Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Caldwell, NJ. Blackburn Press. 580 p.
- Nagendra H, D Gopal. 2010. Street trees in Bangalore: density, diversity, composition and distribution. *Urban Forestry and Urban Greening* 9(2): 129-137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.12.005>
- Newton A. 2007. *Forest ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford, UK. Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198567448.001.0001>
- Nowak DJ. 2010. Assessing urban forest effects and values: Chicago's urban forest. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square. DOI: <https://doi.org/10.2737/NRS-RB-43>
- Nowak DJ, JF Dwyer. 2010. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In Kuser JE, eds. *Handbook of Urban and Community Forestry in the Northeast*. Boston, MA. Springer, DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4191-2_2
- Nowak DJ, EJ Greenfield. 2018. Declining urban and community tree cover in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening* 32: 32-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.UFUG.2018.03.006>
- Orlandi F, S Marrapodi, C Proietti, L Ruga, M Fornaciari. 2023. Ecosystem functions of fruit. Woody species in an urban environment. *Environment Monitoring Assessment* 195: 118. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10717-1>
- Pincetl S, T Gillespie, DE Pataki, S Saatchi, JD Saphores. 2013. Urban tree planting programs, function or fashion? Los Angeles and urban tree planting campaigns. *GeoJournal* 78: 475-493. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-012-9446-x>
- Pino YD, R Rangel, LM Quintana, A Gómez. 2022. Caracterización florística y condición actual del arbolado urbano, El Vigía, Mérida-Venezuela. *Recurso Rurais* 18:17-30. <https://doi.org/10.15304/rr.id8568>
- Rey-Gonzalo G, JM Barrigón-Morillas, D Montes-González, R Vilchez-Gómez. 2023. Influence of Green Areas on the Urban Sound Environment. *Currents Pollution Reports* 9: 746-759. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40726-023-00284-5>
- Román-Guillén LM, C Orantes-García, CU del Carpio-Penagos, MS Sánchez-Cortés, ML Ballinas-Aquino, O Farrera. 2019. Diagnóstico del arbolado de alineación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Madera y Bosques* 25(1): e2511559. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511559>
- Saavedra-Romero L, P Hernández-de la Rosa, D Alvarado-Rosales, T Martínez-Trinidad, J Villa-Castillo. 2019. Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica* 47(24): 25-37. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3>
- Santamour FS. 1990. Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. *Proceedings of the Seventh Conference of The Metropolitan Tree Improvement Alliance* 7: 57-65.
- Santilli L, SA Castro, JA Figueroa, N Guerrero, C Ray, M Romero-Mieres, G, Rojas, N Lavandero. 2018. Exotic species predominates in the urban woody flora of central Chile. *Gayana Botánica* 75(2): 568-588. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-66432018000200568>
- Silva-García JE, OA Aguirre-Calderón, E Alanís-Rodríguez, E Jurado-Ybarra, J Jiménez-Pérez, B Vargas-Larreta. 2021. Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Polibotánica* 52:89-12. DOI: <https://doi.org/10.18383/polibotanica.52.7>
- Silva-González E, OA Aguirre-Calderón, E Alanís-Rodríguez, MA González-Tagle, EJ Treviño-Garza, JJ Corral-Rivas. 2022. Evaluación del aprovechamiento forestal en la diversidad y estructura de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(71). DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.101>
- Sjöman H, J Morgenroth, JD Sjöman, A Sæbø, I Kowarik. 2016. Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening* 18:237-241. DOI: <https://doi.org/10.1016/ufug.2016.06.011>
- Sosa-López A, Y Molina-Pelegrín, A Puig-Pérez, E Riquenes-Valdés. 2011. Diagnóstico de la situación del arbolado urbano en la ciudad de Guisa. *Revista Forestal Baracoa* 30(1): 73-78. Consultado 05 may. 2024. Disponible en: <https://forestbaracoa.edicioneservantes.com/index.php/fb/article/view/558/538>
- Templeton LK, MC Neel, PM Groffman, ML Cadenasso, JH Sullivan. 2019. Changes in vegetation structure and composition of urban and rural forest patches in Baltimore from 1998 to 2015. *Forest Ecology and Management* 454: 117665. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117665>
- Tropicos. 2024. Tropicos database. Missouri Botanical Garden. Missouri, EE UU. Consultado 10 enero 2024. Disponible en <https://tropicos.org/>

- Vázquez-Yanes C, AI Batis, MI Alcocer-Silva, M Gual, C Sánchez-Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte Técnico del proyecto J084. Conabio-Instituto de Ecología, UNAM. México, D.F. 16 p.
- WHO (World Health Organization). 2016. Urban green spaces and health. Copenhagen, Denmark: WHO, Regional Office for Europe. Consultado 05 may. 2024. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345751>
- Zeng H, I Wang, M Guan, Y Lu, H Liu, D Zhao. 2023. Effects of vegetation structure and environmental characteristics on pollinator diversity in urban green spaces. *Urban Forestry & Urban Greening* 84: 127928. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127928>

Recibido: 05.05.2024

Aceptado: 12.04.2025