

Efecto del arbolado en la infraestructura urbana del boulevard 5 de mayo de la ciudad de Puebla, México

Luis Roberto Bonilla Toscano¹, Gerardo Valdez Eleuterio²

DOI: 10.56643/rcia.v4i1.202

Como citar este artículo: Bonilla-Toscano, L.R., & Valdez-Eleuterio, G. (2025). Efecto del arbolado en la infraestructura urbana del boulevard 5 de mayo de la ciudad de Puebla, México. *Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura*. 4(1). 27-39. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v4i1.202>

Resumen

En la actualidad, las áreas verdes urbanas localizadas a lo largo de los camellones enfrentan una serie de problemas agravados por la selección de elementos arbóreos sin haber considerado las particularidades de cada especie ni las características ambientales y espaciales de cada vialidad. El objetivo de la presente investigación fue determinar la diversidad del arbolado presente en el camellón central del boulevard 5 de Mayo de la ciudad de Puebla y el impacto que ha producido en la infraestructura urbana. Para cada individuo arbóreo, se asentaron su nombre común, su nombre científico, el diámetro del tronco a la altura del pecho (dap), su estado fitosanitario y las afectaciones que ha provocado en la guarnición y el pavimento (longitud de las raíces expuestas). Se registraron 527 individuos pertenecientes a 15 especies botánicas, siendo *Ficus benjamina* la más abundante con 46.9% (abundancia relativa). Se constató que *Ficus elástica* y *Jacaranda mimosifolia* son las especies que ocasionan mayor afectación en la infraestructura urbana, presentando raíces expuestas que superan los 250 ± 50 cm de longitud promedio. Estos resultados resaltan la necesidad de realizar una planificación más cuidadosa en la selección y manejo de especies arbóreas para áreas urbanas, a fin de favorecer su adecuado desarrollo y mitigar su impacto en la infraestructura.

Palabras clave: Áreas verdes, Biodiversidad, Bosques urbanos, Fitoecología, Urbe
Abstract

Currently, the urban green areas found along the medians face a series of problems aggravated by the selection of tree elements without considering the particularities of each species, as well as the environmental and spatial characteristics of each road. The objective of this research was to determine the diversity of trees in the central median of 5 de mayo Boulevard in the city of Puebla and its impact on urban infrastructure.

For each tree individual, its common name, scientific name, trunk diameter at breast height (DBH), its phytosanitary status, as well as the effects on the trim and pavement (length of exposed roots) were recorded. 527 individuals belonging to 15 botanical species were recorded, with *Ficus benjamina* being the most abundant with 46.9% (relative abundance), *Ficus elastica* and *Jacaranda mimosifolia* are the species that generate the greatest impact on urban infrastructure with exposed roots exceeding 250 ± 50 cm average length. These results highlight the need for more careful planning in the selection and management of tree species in urban areas to favor their adequate development and mitigate their impact on infrastructure.

Key words Green areas, Biodiversity, Urban forests, Phytoecology, Urban

¹ M.Sc. en Biodiversidad y Conservación, Coordinación de Investigación, Universidad del Valle de Puebla. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5760-5873>. Correo de correspondencia: coord.investigacion@uvp.mx

² M.Sc. en Botánica, Coordinación de Investigación, Universidad del Valle de Puebla. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-7373>

Recibido: 12/12/2024 | Aceptado: 04/03/2025 | Publicado: 15/06/2025

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue financiada con recursos de los autores.

Introducción

Los bosques urbanos o áreas verdes proveen una serie de beneficios, contribuyendo a mitigar los efectos negativos de la acelerada urbanización. Estos espacios reducen el efecto de isla de calor y la contaminación atmosférica, favorecen la infiltración de agua de lluvia, reducen la escorrentía y las inundaciones, son un factor importante en el ahorro de energía eléctrica y generan sentimientos de bienestar en la población en tanto proporcionan un entorno para diversas actividades al aire libre (Bravo- Bello et al., 2020; Núñez, 2021; Macías-Muro et al., 2022; Martínez-Rodríguez y Cervantes- Nájera, 2023).

El desarrollo de infraestructura moderna ha llevado a que la iniciativa privada, los sectores público y privado, como también los programas gubernamentales, ejecuten proyectos viales en zonas estratégicas. En la actualidad, la adecuada planeación y gestión sustentable aseguran que los componentes ambientales, sociales, económicos, culturales y tradicionales mantengan un equilibrio. Uno aspecto que resulta de interés es, por ejemplo, la inversión en la infraestructura de parques naturales para mejorar la diversidad biológica (Macías-Moreno y Velázquez-Cigarroa, 2019)

Las áreas verdes públicas pueden diferenciarse en parques, plazas y jardines; unidades deportivas, bordos y canales, camellones, áreas naturales protegidas y azoteas verdes (Sudipto et al., 2012; Ko y Son, 2018). En una vialidad, sobre todo una que posea varios carriles, el camellón se construye para separar el tránsito de vehículos, ya sea en el mismo sentido o en sentidos opuestos (Gaytán-Díaz, 2022).

De acuerdo con el *Manual de calles, diseño vial para ciudades mexicanas* (Desarrollo Territorial, 2019), los camellones se consideran un refugio peatonal al cruzar la calle. Generalmente están ubicados en el arroyo vial e impiden la circulación vehicular en sitios determinados. Además de ser espacios de resguardo y tránsito para peatones, sirven como zonas recreativas, áreas verdes, sitios con importancia estética o de recarga de agua pluvial.

Como parte de las áreas verdes de las zonas urbanizadas, los camellones desempeñan un papel fundamental en la calidad de vida de los habitantes, pues no sólo mejoran la percepción visual del paisaje y las condiciones ambientales, sino que también impactan significativamente en la infraestructura urbana.

Uno de los principales componentes de estos entornos es el arbolado urbano y su diversidad, el cual desempeña un papel fundamental pues ofrece una serie de servicios ecosistémicos que repercuten directamente en la calidad de vida de los residentes (Kardan et al., 2015). El rápido crecimiento de las ciudades ha hecho que la necesidad de dichos servicios ecosistémicos aumente de manera constante (Macías-Muro et al., 2022).

Estas áreas enfrentan una serie de problemas y complicaciones tanto heredados como recientes, los cuales se ven agravados por la selección de individuos arbóreos sin tener en cuenta elementos relevantes, entre ellos, las particularidades de cada una de las especies vegetales y su concordancia con las características espaciales de cada vialidad. Ello ha provocado un conflicto entre el desarrollo adecuado de los ejemplares biológicos y los espacios construidos (Castillo Rodríguez, 2015).

Actualmente, los problemas ambientales representan una de las mayores preocupaciones de la sociedad (González-López y López-Garay, 2024). Tales desafíos pueden percibirse desde diferentes ámbitos dentro de los asentamientos humanos, como sucede con la infraestructura vial (Gaytán-Díaz, 2022). Así, la adecuada planificación y gestión del arbolado urbano no sólo constituye un

elemento adicional dentro de la infraestructura de la ciudad, sino que también involucra una gran diversidad de factores que incluyen sus efectos en la salud pública, la conservación biológica y la mejora estética del entorno urbano (Gaspari y Senisterra, 2017); por lo tanto, una adecuada gestión y manejo del arbolado urbano es fundamental.

El boulevard 5 de Mayo es una de las principales vialidades de la ciudad de Puebla. Éste ha sido objeto de diversas intervenciones a lo largo del tiempo. El Gobierno del Estado de Puebla, a través del Instituto Municipal De Planeación municipal (Implan), realizó en 2018 el inventario del arbolado urbano de 11 vialidades dentro del municipio de Puebla, identificando un total de 6,928 individuos arbóreos pertenecientes a 54 especies. Los resultados obtenidos en el boulevard 5 de mayo reportaron un total de 1,115 árboles, siendo la jacaranda, los ficus y el fresno las especies más abundantes (De la Concha Duprat, 2018). La inadecuada selección de especies, sin considerar factores como el tamaño de las raíces, el crecimiento del tronco o las necesidades hídricas, puede generar efectos negativos en el entorno urbano, por ejemplo, la deformación de banquetas y guarniciones, el levantamiento del pavimento en las calles, la obstrucción o ruptura de tuberías subterráneas, de señalética y cableado, comprometiendo la seguridad y funcionalidad de los espacios urbanos.

El objetivo del presente estudio fue determinar la diversidad del arbolado presente en el camellón central del boulevard 5 de mayo de la ciudad de Puebla, como también el impacto que ha tenido en la infraestructura urbana.

Marco teórico

El acelerado crecimiento poblacional ha ejercido presión sobre los recursos naturales, convirtiéndose en uno de los principales retos para la planeación y el diseño urbano. Por ello se ha vuelto cada vez más importante encontrar un equilibrio sostenible entre las necesidades de los espacios construidos y el medio ambiente.

En este sentido, la expansión de los sistemas urbanos, incluyendo los agroindustriales, ha contribuido a la acelerada fragmentación de los ecosistemas naturales, provocando ciertos niveles de desequilibrio entre las zonas conservadas y los servicios ambientales que éstos proveen (Pascuas Rengifo et al., 2022).

El desarrollo urbano sostenible pretende integrar aspectos sociales, económicos, culturales y ambientales, componentes fundamentales para asegurar la funcionalidad de estos espacios.

Si bien los beneficios que trae consigo el arbolado urbano son ampliamente reconocidos, se ha identificado ciertos efectos negativos, entre los que puede mencionarse el costo que implica su establecimiento y mantenimiento, tanto en lo que refiere a los árboles como a los daños físicos que éstos producen en la infraestructura urbana; a ello se suma la generación de sustancias volátiles, semillas y frutos con cierto grado de toxicidad, aparición de plagas y patógenos, además del polen que puede provocar alergias de tipo cutáneo o respiratorio (Esquivel y Quijas, 2021).

Las raíces son la parte inferior del eje de la planta; pueden estar enterradas en el suelo, desarrollarse en el aire o dentro del agua. Estas estructuras son esenciales para mantener y hacer crecer el árbol. Su función primordial es la absorción de agua y nutrientes, al tiempo que proporcionan soporte físico, respiran y almacenan nutrientes; para ello, exploran el suelo continuamente, de manera de encontrar estos recursos, por lo que su crecimiento se da tanto de manera longitudinal como en grosor.

Las raíces laterales de la mayoría de los árboles se encuentran a una profundidad de entre 50 y 100 centímetros (Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad, 2021). Esto da lugar a un conflicto entre el arbolado urbano y la infraestructura, resultado principalmente de una mala planificación al momento de elegir el espacio donde se ubicará cada árbol y de una mala selección de la especie, desconociendo sus requerimientos biológicos (Fernández y Vargas, 2011).

Un estudio realizado por Gaytán Díaz et al., (2021), en el que se analizaron los daños ocasionados a la infraestructura urbana por la posición del arbolado en el camellón de una de las principales vías de comunicación de la ciudad de Colima, registró la presencia de 135 árboles de 13 especies a lo largo de nueve tramos. Los resultados de este estudio demostraron que 81% de los ejemplares estaba mal posicionado o pertenecía a especies atípicas para la zona, las cuales generaron daño en guarniciones y pavimentos.

Posteriormente, Esquivel y Quijas (2021) realizaron un estudio dirigido a examinar cómo la inadecuada posición de los árboles causa daño significativo en la infraestructura, destacando el pavimento de las áreas verdes urbanas de Puerto Vallarta, Jalisco. Su muestreo les permitió contabilizar un total de 1,228 individuos arbóreos, de los cuales sólo 15% (170 ejemplares) mostraba algún daño visible, principalmente en el pavimento. Las especies *Delonix regia*, *E. cyclocarpum*, *F. benjamina*, *F. insipida*, *R. donnell smithii* y *S. glauca* fueron las que más frecuentemente provocaron algún grado de afectación, debido a que poseen raíces de amplia extensión cuyo crecimiento es agresivo.

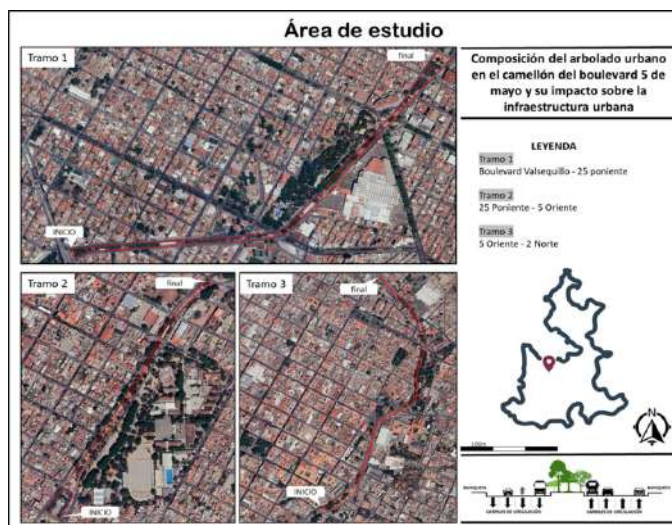
Tener en cuenta estos aspectos resulta crucial a la hora de diseñar una adecuada planificación urbana, que debe integrar tanto la funcionalidad del entorno construido como la presencia del arbolado.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Puebla, en el camellón central del boulevard 5 de mayo, a lo largo de 4.5 kilómetros aproximadamente. Para la toma de datos, el sitio se segmentó en tres tramos: el primero desde el boulevard Valsequillo hasta la calle 25 Poniente; el segundo desde la calle 25 Poniente a la calle 5 Oriente y, el último, desde la calle 5 Oriente a la calle 2 Norte (figura 1).

Figura 1. Ubicación de los tres tramos en los que se realizó la toma de datos a lo largo del boulevard 5 de Mayo.



El estudio fue de tipo cuantitativo descriptivo y su objetivo se orientó a determinar la riqueza de especies arbóreas dentro del área determinada y a cuantificar el daño causado por el tamaño y la ubicación de cada individuo, categorizando las afectaciones observadas en campo.

Se generó un instrumento en forma de tabla en el cual se recabó la información de cada árbol. En éste se registró: el número de árbol, su nombre común, su nombre científico, el diámetro del tronco a la altura del pecho (dap), las afectaciones a la guarnición y el pavimento, así como su estado fitosanitario. Al mismo tiempo se realizó el levantamiento fotográfico de cada árbol y de los daños detectados a su alrededor. El análisis de los datos se realizó por medio del paquete estadístico prism. GraphPad Software, Inc. Versión 8. 0. 2 (263).

El índice de Shannon-Wiener considera no sólo el número de especies sino su representación (cuántos individuos por especie). Este índice requiere que todas las especies estén representadas en la muestra y es muy susceptible a la abundancia (Magurran, 1988). Sin embargo, su principal limitante es que no contempla la distribución de las especies en el espacio (Soler et al., 2012).

El índice de Shannon-Wiener (H) procede de la teoría de la información y mide la diversidad como:

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

Donde

- H' : es el índice de diversidad de Shannon.
- S : es el número total de especies.
- p_i es la proporción de individuos de la especie
- $\ln$ es el logaritmo natural.

En la mayoría de los ecosistemas naturales este índice varía entre 0.5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. El impacto detectado en la infraestructura urbana se caracterizó a partir del daño visible alrededor del individuo arbóreo, considerando específicamente los daños observados en las banquetas y el pavimento ocasionados por el crecimiento de raíces expuestas y su longitud (tabla 1). Finalmente, se determinó el nivel de daño causado por cada una de las especies identificadas como consecuencia de la longitud de sus raíces y el impacto detectado en la infraestructura a su alrededor.

Tabla 1 Categorización de los daños observados en la infraestructura vial (modificado de Esquivel y Quijas 2021)

Nivel de daño	Valor	Descripción
Sin daño	0	Ejemplar que no ha causado daño a la infraestructura; sin embargo, el crecimiento de sus raíces representa un potencial riesgo de afectación
Poco daño	1	Ejemplar que ha provocado grietas leves en la infraestructura.
Daño moderado	2	Ejemplar que ha provocado grietas considerables y levantamientos ligeros en la infraestructura, aunque no afectan su funcionalidad.
Daño severo	3	Ejemplar que ha provocado grietas y levantamientos severos que impiden la correcta funcionalidad de la infraestructura urbana.

Es importante destacar que las raíces de ciertos árboles, específicamente aquellos de gran crecimiento, pueden generar un impacto significativo en el entorno urbano, ocasionando daños a elementos como, banquetas, guarniciones y calzadas de circulación vehicular, dificultando el tránsito, incrementando el riesgo de accidentes y reduciendo la accesibilidad.

Resultados

Se registró un total de 527 árboles pertenecientes a 12 familias, 13 géneros y 14 especies. Las familias con mayor número de especies representadas fueron Oleaceae, Cupressaceae y Moraceae, con dos cada una; el resto con una sola especie. La especie más abundante fue *Ficus benjamina* con 245 individuos. En cuanto a su origen, 31.6% son especies nativas y 68.4% está representado por especies introducidas (tabla 2).

Tabla 2 Relación de las familias y especies registradas en el censo.

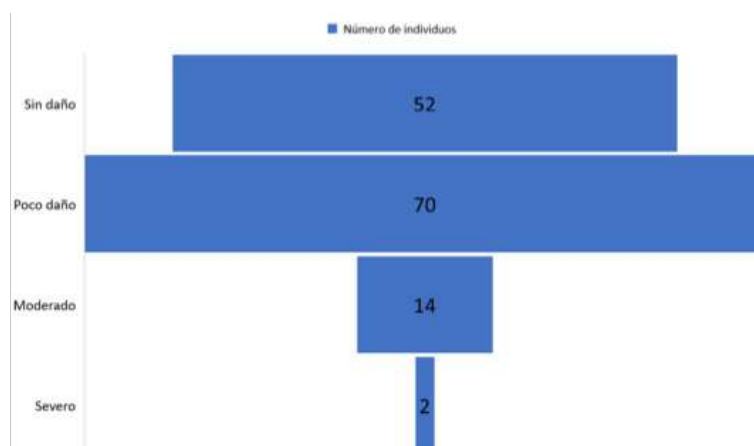
Familia	Especie	Nombre común	Nativo	Introducido
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i>	Colorín	X	
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés		X
	<i>Hesperocyparis arizonica</i>	Cedro Blanco	X	
Fagaceae	<i>Quercus sp</i>	Cedro	X	
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto azul		X
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno mexicano	X	
	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno		X
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la India		X
	<i>Ficus elastica</i>	Hule		X

Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda		X
Loranthaceae	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>	Flor de palo	X	
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Pirul		X
Salicaceae	<i>Salix babylonica</i>	Sauce		X
Arecaceae	<i>Phoenix canariensis</i>	Palma		X
Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i>	Palma pita	X	

En cuanto al valor calculado para Shannon, la diversidad del sitio alcanzó un valor de 1.39, lo que se considera dentro del rango correspondiente a una diversidad baja.

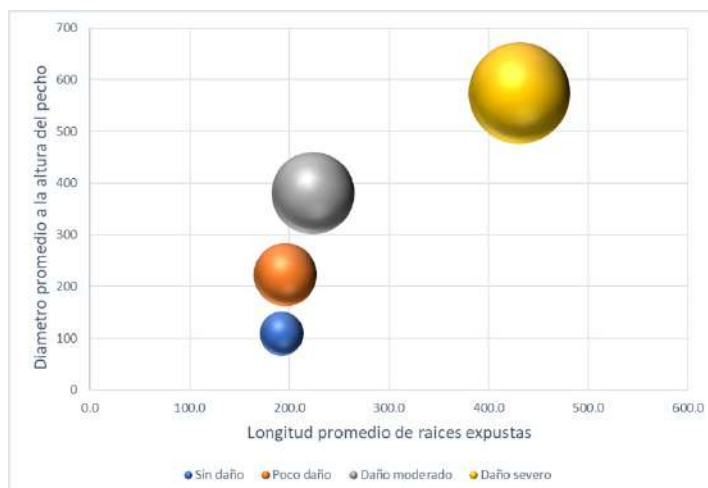
Se registraron 138 individuos arbóreos que presentan raíces expuestas, de los cuales 37.7% no ha provocado daño en la infraestructura, 50.7% ha causado poco daño, 10.1% daño moderado y sólo 1.4% produjo daños severos en la infraestructura urbana que los rodea (figura 2).

Figura 2. Daños observados de acuerdo con la categorización propuesta.



Conforme los datos obtenidos, se pudo determinar que el dap se relaciona proporcionalmente con la longitud de las raíces expuestas y al daño ocasionado por las mismas alrededor del individuo (figura 3).

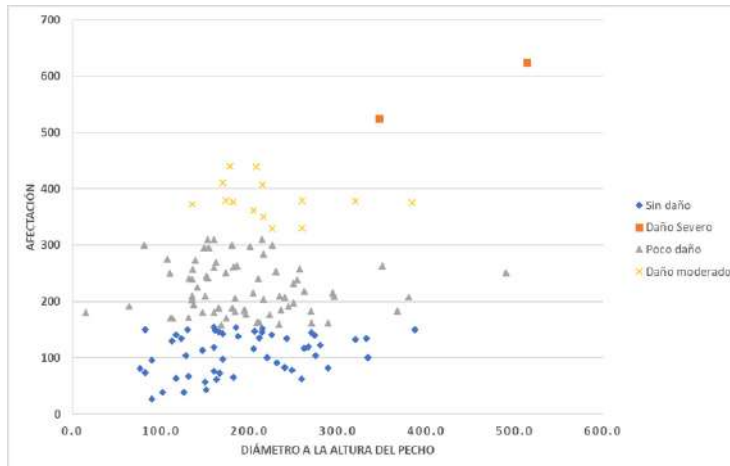
Figura 3 Análisis de dispersión de los promedios por categoría de afectación propuesta. Se considera el dap y la longitud de las raíces expuestas, las cuales generan afectaciones alrededor de los árboles.



En la siguiente gráfica se puede observar cómo se forman cuatro grupos de escalamiento definidos por las variables mencionadas, donde el mayor nivel de daño fue generado por los individuos con un diámetro de tronco más grande (figura 4).

Figura 4

Análisis de escalamiento multidimensional para los individuos que presentan raíces expuestas y el nivel de daño que han generado a su alrededor.



De acuerdo con el número total de árboles con raíces expuestas por cada una de las especies registradas, se puede determinar que *Ficus benjamina* y *Jacaranda mimosifolia* son las especies que más afectan la infraestructura, representando 38% y 21% de los casos, respectivamente (figura 5).

Figura 5

Imágenes de algunos de los individuos de *Ficus benjamina* (inferior) y *Jacaranda mimosifolia* (superior) que han generado daño a la infraestructura urbana.



En el caso particular de *Ficus elastica*, dos de los registros han ocasionado daños severos en la infraestructura, lo que se relaciona con su dap y la longitud de sus raíces expuestas, siendo los individuos que presentan los registros más elevados.

El análisis realizado revela que las raíces expuestas de estas especies pueden alcanzar más de 250 ± 50 cm y, en el caso de *Ficus elástica*, pueden superar los 550 ± 50 cm (figura 6). El crecimiento agresivo del sistema radicular de estas especies provoca levantamientos y agrietamientos que deterioran la infraestructura y su funcionalidad, además de representar un riesgo para la seguridad de los peatones y vehículos en tanto comprometen la integridad de las vialidades y generan costos adicionales de mantenimiento y reparación.

La tabla 3 presenta algunas especies arbóreas responsables de afectaciones en zonas urbanas determinadas en otros sitios.

Figura 6

Imágenes de individuos de *Ficus elastica*, uno de los ejemplares que producen daño severo en la infraestructura.



Tabla 3

Especies de árboles citados en otros estudios en zonas tropicales sobre daño a la infraestructura causado por árboles

Especie	Presente estudio	Esquivel, y Quijas, 2021.	Vargas, 2010	Román Guillén et al., 2019	Acosta, 2013	Benavides et al., 2004
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		X			X	
<i>Ficus benjamina</i>	X	X	X	X	X	
<i>Terminalia catappa</i>		X				
<i>Artocarpus altilis</i>			X			
<i>Delonix regia</i>		X	X	X	X	
<i>Ficus insipida</i>		X				
<i>Ficus laphatifolia</i>		X				
<i>Ficus elastica</i>	X		X	X	X	X
<i>Spathodea campanulata</i>		X	X	X		
<i>Dyopsis lutescens</i>		X			X	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	X					

Conclusiones

El índice de diversidad de Shannon-Wiener refleja una baja variedad en el arbolado, en el que predominan especies introducidas con raíces invasivas; esto representa un problema, ya que las especies endémicas o locales han sido desplazadas.

Por otra parte, la mayoría de los individuos presentan valores altos de dap, lo cual puede indicar que se trata de árboles viejos que pueden dar lugar a otro tipo de riesgos, como caída de ramas y obstrucción visual.

El municipio de Puebla cuenta con un plan de desarrollo que considera la implementación de acciones, como actualizar los lineamientos ambientales municipales en materia de poda, derribo, trasplante y restitución de árboles; garantizar el mantenimiento de la vegetación de los camellones, glorietas y rotondas, integrar una red de dictaminadores y arboristas certificados para garantizar el correcto manejo y ampliar la cobertura arbórea en los espacios públicos y las vialidades con especies permitidas. Sin embargo, estas acciones no se aplican en su totalidad a sitios como el boulevard 5 de mayo, siendo implementadas sobre todo en remodelaciones o en nuevas obras públicas.

Los resultados destacan la necesidad de realizar una selección más cuidadosa de las especies arbóreas para este tipo de sitios. Para contribuir a la conformación de un entorno urbano más seguro y sostenible, es necesario tener en cuenta no sólo los beneficios estéticos, sino también su potencial impacto en la infraestructura, considerando su comportamiento radicular y su compatibilidad con las características del entorno construido.

Referencias

- Acosta H., C. F. (2013). Especies no aptas y con manejo especial para la arborización urbana de Montería, Colombia. *Revista Nodo*, 15(8), 65-76. <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/95/76>
- Benavides, M. H., López, R. M., y Flores, J. H. (2004). Daños a banquetas por arbolado de alineación establecido en cepas en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal. *Revista de Ciencias Forestales*, 27(92), 53-77. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/902>
- Bravo-Bello, J. C., Martínez-Trinidad, T., Valdez-Lazalde, J. R., Romero-Sánchez, M. E., y Martínez-Trinidad, S. (2020). Analyzing Potential Tree- Planting Sites and Tree Coverage in Mexico City Using Satellite Imagery. *Forests*, 11(4), 423. <https://doi.org/10.3390/fl1040423>
- Castillo Rodríguez, L., y Ferro Cisneros, S. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: “verde con pespuntos negros”. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXVI (1), 5-24. <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/322>
- Desarrollo Territorial (2019). Manual de calles: Diseño vial para ciudades mexicanas. Manual de calles. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/509173/Manual_de_calles_2019.pdf
- De la Concha, D. H. (2018). Inventario del arbolado urbano en vialidades principales del municipio de Puebla. Instituto Municipal De Planeación de Puebla. https://www.itreetools.org/documents/487/190409_Vialidades_Puebla_Rev_4.11_reduced_file_size.pdf
- Esquivel, T. y Quijas, S. (2021). Daño a la infraestructura (pavimento) causado por el arbolado urbano en Puerto Vallarta, Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(68), 178-201. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i68.1166>
- Fernández, M. P., y Vargas, A. (2011). La ciudad y los árboles: Conflicto entre el arbolado y la infraestructura urbana. *Agronomía y Forestal*, (43). https://agronomia.uc.cl/component/com_sobipro/Itemid,232/fid,218.652/sid,87/task,download.file/
- Gaytán Díaz, E. E., Correa Fuentes, D. A., Arceo Díaz, S., Moreno Peña, J. R., y Galeana Pérez, Á. E. (2021). Importancia del adecuado posicionamiento del arbolado dentro de los camellones para evitar daños en infraestructura: Caso av. San Fernando. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*, 13(3), 735. https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2021/08/3-09_importancia-del-adecuado-posicionamiento-del-arbolado-dentro-de-los-camellones-para-evitar-danos-en-infraestructura.pdf
- Gaytán Díaz, E. E. (2022). Evaluación de los camellones mediante los criterios técnicos urbano-ambientales de la ciudad de Colima. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Colima, División de Estudios de Posgrado. <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5652/1/tesis.pdf>
- Gaspari, J., y Senisterra, E. (2017). Funciones y pautas de convivencia con el arbolado urbano en dunas costeras, Argentina. *Revista de Tecnología. Journal of Technology*, 16(2), 9-17. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/118502>
- Gobierno del Estado de Puebla (2022). Plan Municipal de Desarrollo de Puebla, Puebla, 2021-2024. Secretaría de Gobernación. Orden Jurídico Poblano. <https://ojp.puebla.gob.mx/normatividad-municipal/item/3778-plan-municipal-de-desarrollo-de-puebla-puebla-2021-2024>
- González-López, J. y López-Garay, H. (2024). Concepciones de “naturaleza” en estudiantes universitarios: Implicaciones para la educación ambiental. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 8(14), 70-83. <https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog24.02081405>
- Kardan, O., Gozdyra, P., Misic, B., Moola, F., Palmer, L. J., Paus, T., y Berman, M. G. (2015). Espacios verdes vecinales y salud en un gran centro urbano. *Sci. Rep.* 5, 11610. <https://www.nature.com/articles/srep11610>
- Ko, H., y Son, Y. (2018). Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: A case study in Gwacheon, Republic of Korea”, *Ecological Indicators*, 91, 299-306. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X18302528>
- Macías-Moreno, L. F. y Velázquez, Cigarroa, E. (2019). Sistematización de la participación de comunidades étnicas en la restauración forestal del pacífico colombiano. En L. A. Sánchez Midence, E. Velázquez Cigarroa, L. Victorino-Ramírez, O. R. Castro Martínez y E. Tello- García (Eds.), *Sostenibilidad y presente. Desafíos y aciertos en la construcción del futuro* (pp. 202-215). 1a. ed. Universidad Autónoma Chapingo.

- <https://omp.siea.org.mx/omp/index.php/omp/catalog/view/3/56/101>
- Macías-Muro, A., Martínez-Trinidad, T., Valdez-Lazalde, J. R., Romero-Sánchez, M. E., y Vaquera-Huerta, H. (2022). Evaluación de la salud del arbolado urbano a través de imágenes satelitales en Guadalajara, México. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81200>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. 179 pp. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Martínez-Rodríguez, M., y Cervantes-Nájera, A. (2023). La conexión de las personas con las áreas verdes urbanas. Una revisión de la literatura. *Revista Investigium IRE: Ciencias Sociales y Humanas*, XIV(1), 52-62. <https://doi.org/10.15658/INVESTIGIUMIRE.231401.0>
- Núñez, J. M. (2021). Análisis espacial de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México. *Economía, sociedad y territorio*, 21(67), 803-833. <https://doi.org/10.22136/est20211661>
- Pascuas Rengifo, E., Basto Monsalve, M. B., y Fontalvo Buelvas, J. C. (2022). Methodological proposal to manage ecosystem resilience of natural protected areas in Colombia. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 77-91. <http://dx.doi.org/10.5154/r.chsat.2022.03.06>
- Roman, L. A., Conway, T. M., Eisenman, T. S., Koeser, A. K., Ordóñez B., C., Locke, D. H., Jenerettem, G. D., Ostberg, J., y Vogt, J. (2021). Beyond, trees are good: Disservices, management costs, and tradeoffs in urban forestry. *Ambio* 50(3): 615-630. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7882647/>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad (2021). *Inventario Municipal de Áreas Verdes*. Puebla. Recuperado de: <https://datosabiertos.pueblacapital.gob.mx/dataset/inventariomunicipal-de-%C3%Alreas-verdes>
- Soler, P. E., Berroterán, J. L., Gil, J. L., y Acosta, R. A. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similitud florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 62(1-4). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100003
- Sudipto, R., Byrne, J., y Pickering, C. (2012). A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones, *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(4), 351-363. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.06.006>
- Vargas-Garzón, B. y Molina-Prieto, L. F. (2010). Cinco árboles urbanos que causan daños severos en las ciudades. Facultad de Artes Universidad Antonio Nariño. *Revista Nodo*, 9(5), 115-126. <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/43/35>

Derechos de Autor© 2025 Bonilla Toscano, Luis Roberto y Valdez Eleuterio, Gerardo



Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0. Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.