



**Caracterización del arbolado urbano del centro de Hualahuises,
Nuevo León**
**Urban tree characterization in the downtown area of Hualahuises,
Nuevo León**

Eduardo Alanís-Rodríguez¹, Arturo Mora-Olivo², Víctor Manuel Molina-Guerra^{1,3}, Homero Gárate-Escamilla^{1*}, José Ángel Sigala Rodríguez⁴

Fecha de recepción/Reception date: 20 de abril de 2022

Fecha de aceptación/Acceptance date: 22 de julio del 2022

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México

²Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas. México

³RENAC, S.A. de C.V. México

⁴ Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. México

*Autor de correspondencia: hgaratesc@uanl.edu.mx

*Corresponding author; e-mail: hgaratesc@uanl.edu.mx

Resumen

Los árboles constituyen un recurso importante en las zonas urbanas debido a los servicios ambientales que brindan. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición florística, estructura y diversidad del arbolado urbano del centro de Hualahuises, Nuevo León. Se evaluó el arbolado urbano de los espacios públicos del centro de Hualahuises, abarcando las plazas públicas y aceras. A cada árbol se le midieron su altura total, el diámetro normal y diámetro de copa. Para cada especie se determinó su abundancia, su cobertura, y su frecuencia, para obtener su Índice de Valor de Importancia. También se determinó la riqueza de especies mediante el índice de *Margalef*, el índice de diversidad de *Shannon*, y el número de especies efectivas. Se registraron 38 especies de plantas vasculares distribuidas en 35 géneros y 22 familias. El 63.20 % (25 especies) son introducidas y el 36.8 % (21 especies) son nativas. La familia más representativa fue Fabaceae con cuatro especies. Los análisis de clases diamétricas y de altura indican una mayor proporción de individuos con diámetros bajos ($d_{1.30} < 5$ cm) y alturas intermedias ($h > 3$ m y < 6 m). La comunidad vegetal presenta valores intermedios-altos de riqueza y altos de diversidad de especies comparado con otras áreas verdes urbanas del noreste de México. Más de la mitad de las especies (63 %) son introducidas, entre las cuales *Fraxinus americana* y *Thuja occidentalis* sobresalen por su Índice de Valor de Importancia. La especie nativa con mayor valor de importancia fue *Quercus virginiana*.

Palabras clave: Áreas verdes, bosques urbanos, diversidad de especies, especies introducidas, especies nativas, riqueza de especies.

Abstract

Trees are an important resource in urban areas due to the environmental services they provide. The objective of this study was to evaluate the floristic composition, structure, and diversity of urban trees in the center of Hualahuises, Nuevo León. The urban trees of the public spaces in the center of Hualahuises were evaluated, covering the public squares and sidewalks. Total height, normal diameter and crown diameter were measured for each tree. For each species, abundance, cover, and frequency were determined to obtain its Importance Value Index. Species richness was also determined using the Margalef index, Shannon's diversity index, and the

number of effective species. 38 species of vascular plants distributed in 35 genera and 22 families were recorded. 63.20 % (25 species) are introduced and 36.85 % (21 species) are native. The most representative family was Fabaceae with four species. The graphs of diameter and height classes indicate the existence of a higher proportion of individuals with small diameters ($d_{1.30} < 5$ cm) and intermediate heights ($h > 3$ m and < 6 m). The plant community presents intermediate-high values of richness and high values of diversity of species compared to other urban green areas of northeastern Mexico. More than half (63 %) of the species are introduced, among which *Fraxinus americana* and *Thuja occidentalis* stand out for their Importance Value Index. The native species with the highest importance value was *Quercus virginiana*.

Key words: Green areas, urban forests, species diversity, introduced species, native species, species richness.

Introducción

Los árboles constituyen un recurso importante en las zonas urbanas por los servicios ambientales que brindan a la sociedad, principalmente por su papel ornamental o de belleza escénica (Corona, 2021). El follaje y fruto de los árboles proveen de hábitat, refugio y alimento para las aves, insectos y otros grupos animales que se han adaptado a vivir en ecosistemas antropizados (de Almeida y Cândido 2017). Además, el arbolado urbano es fuente de oxígeno, un importante sumidero de carbono y contribuye a disminuir la temperatura a nivel de microclima (Livesley *et al.*, 2016).

Aunque el estudio de los bosques urbanos tiene sus bases hace unos dos siglos, en los últimos años, el interés por su estudio se ha incrementado notablemente, especialmente en Latinoamérica (Devisscher *et al.*, 2022). Particularmente en México, ya que desde hace siglos se ha apoyado la creación de nuevos bosques urbanos, siendo los primeros La Alameda y el Bosque de Chapultepec en la Ciudad de México (Benavides y Fernández, 2012). Este último fue creado por Netzahualcóyotl, quien sembró los primeros ahuehuetes (*Taxodium* spp.) en 1430 (Alcántara, 2019). En la actualidad, el arbolado urbano es característico en grandes y pequeñas ciudades a lo largo del territorio nacional.

En el caso del noreste de México, las investigaciones sobre los bosques urbanos se han concentrado en el estado de Nuevo León y de forma más intensa en la zona metropolitana de Monterrey (Rocha *et al.*, 1998; Alanís, 2005, 2011). Recientemente, se han realizado estudios del arbolado urbano en ciudades más pequeñas como Linares (Leal *et al.*, 2018) y Montemorelos (Canizales *et al.*, 2020). Sin embargo, aún existen algunos municipios de Nuevo León, como Hualahuises, donde el conocimiento sobre su arbolado urbano es aún escaso.

Hualahuises no tiene grandes dimensiones, aunque su tradición artesanal y su arraigada cultura de origen indígena le permitió ser postulado como Pueblo Mágico en 2015. A pesar de no poseer áreas muy extensas con arbolado urbano, en este municipio se localizan áreas verdes en plazas, jardines y a lo largo de calles y avenidas. Dado que hasta ahora se desconocía el estado actual de los árboles presentes en este lugar, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar la composición florística, estructura y diversidad del arbolado urbano en dicho municipio.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el municipio Hualahuises, Nuevo León (noreste de México), ubicado entre las coordenadas geográficas 24°51'09" N y 99°46'22" O de longitud

oeste, a una altitud de 405 msnm. El clima predominante es semicálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 20 a 24 °C, con un rango de precipitación de 700–900 mm. El tipo de suelo dominante es Vertisol (INEGI, 2009).

Evaluación en campo

En enero de 2022 se evaluó el arbolado urbano de los espacios públicos del centro de Hualahuises, abarcando las plazas públicas y aceras. Se midieron todos los individuos de porte arbóreo y arbustivo con un diámetro normal ($d_{1.30\text{ m}}$) ≥ 1 cm. Las variables dendrométricas evaluadas fueron altura total (h), la cual se midió con un hipsómetro Haglöf Vertex® manual modelo III, diámetro normal ($d_{1.30\text{ m}}$) con una cinta diamétrica Forestry Suppliers Inc® modelo 283D/5m, y diámetro de copa (k) con una cinta métrica de 50 m de fibra de vidrio Truper® modelo TP50ME. Para verificar la nomenclatura correcta de las especies se utilizó la plataforma Tropicos® (Tropicos, 2022). El material botánico fue identificado con la ayuda del uso de claves dendrológicas y fue depositado en el herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Análisis de la información

Para cada especie se determinó su abundancia de acuerdo con el número de árboles, su cobertura en función del área de copa, y su frecuencia con base en su presencia en las secciones del parque (se dividió en cuatro secciones) (Alanís *et al.*, 2020). Para evaluar la copa se estimaron el área de la superficie de la copa (ASC) (Rodríguez-Laguna *et al.*, 2009) y el volumen de copa (V_{copa}) (Möttus *et al.*, 2006; Zhu *et al.*, 2021). El ASC se conoce como la región fotosintética más activa de la copa en donde se absorbe la radiación lumínica y comprende la superficie lateral de la copa eliminando la superficie de sombra de la copa (Rodríguez-Laguna *et al.*, 2009), y se expresa en m^2 . El volumen de la copa del árbol es una característica fundamental del árbol. Se correlaciona con la producción de biomasa forestal y las funciones ambientales y del ecosistema más relevantes, como el secuestro de carbono y la reducción de la contaminación del aire (Zhu *et al.*, 2021).

Las variables relativizadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de taxón denominado Índice de Valor de Importancia Urbana (IVIU), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100. Con este índice se pretende jerarquizar la importancia de cada especie de manera horizontal al incluir la abundancia, dominancia y frecuencia, así como de manera vertical y tridimensional, al incluir la altura, volumen y área superficial de copa (Saavedra-Romero *et al.*, 2019). Este índice ha resultado ser exitoso en la medición del valor de importancia de los árboles urbanos, ya que hace más robusto y completo el cálculo del IVI al incluir cuatro variables de copa en su cuantificación: (a) el volumen compuesto de copa, (b) el área superficial de copa (variables compuestas-tridimensionales) y dos variables absolutas, (c) la densidad de copa, y (d) la proporción de copa viva (Saavedra-Romero *et al.*, 2019).

También se determinó la riqueza de especies mediante el índice de *Margalef* (D_{Mg}), el índice de diversidad de *Shannon*, y el número de especies efectivas (1D) (Jost, 2006; Cultid-Medina y Escobar, 2019). En el Cuadro 1 se pueden apreciar las fórmulas para calcular el IVIU y los índices de diversidad de especies.

Cuadro 1. Fórmulas utilizadas para determinar los índices estructurales y de diversidad de las especies.

Fórmula	Donde
$A_i = \frac{N_i}{S}$ $AR_i = \left[A_i / \sum_{i=1}^n A_i \right] \times 100$	<p>A_i = Abundancia absoluta AR_i = Abundancia relativa por especie N_i = Número de individuos de la especie i S = Superficie de muestreo (ha)</p>
$D_i = \frac{G_i}{S}$ $DR_i = \left[D_i / \sum_{i=1}^n D_i \right] \times 100$	<p>D_i = Dominancia absoluta DR_i = Dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total G_i = Área basal de la especie i S = Superficie (ha)</p>
$F_i = \frac{P_i}{NS}$ $FR_i = \left[F_i / \sum_{i=1}^n F_i \right] \times 100$	<p>F_i = Frecuencia absoluta FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total P_i = Número de sitios en los que está presente la especie i NS = Número total de sitios de muestreo</p>
$ASC = \frac{\pi \times r}{6LC^2} [(4LC^2 + r^2)^{1.5} - r^3]$	<p>ASC = Área de la superficie de la copa r = Radio de la copa LC = Longitud de copa</p>
$V_{copa} = \left(\frac{4}{3} \times \pi \times DC^3 \times LC \right) \times 1/8$	<p>V_{copa} = Volumen de copa π = 3.1416 DC = Diámetro de copa LC = Longitud de copa</p>
$IVIU = \frac{\sum_{i=1}^n (AR_i, DR_i, FR_i, ASC, V_{copa})}{5}$	<p>AR_i = Abundancia relativa por especie respecto a la densidad total DR_i = Dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total ASC = Área de la superficie de la copa V_{copa} = Volumen de copa</p>

$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \times \ln(p_i)$	H' = Índice de <i>Shannon-Weiner</i> S = Número de especies presentes N = Número total de individuos n_i = Número de individuos de la especie \ln = Logaritmo natural
$p_i = n_i/N$	
$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln(N)}$	D_{Mg} = Índice de <i>Margalef</i> S = Número de especies presentes N = Número total de individuos \ln = Logaritmo natural
${}^1D = \exp(H')$	1D = Número de especies efectivas \exp = Exponencial H' = Índice de <i>Shannon-Weiner</i>

Resultados

Se registraron 38 especies de plantas vasculares distribuidas en 35 géneros y 22 familias. El 63.2 % (25 especies) son introducidas y el 36.8 % (21 especies) son nativas. La familia más representativa fue Fabaceae con cuatro especies, seguida por Arecaceae, Fagaceae y Rutaceae con tres especies cada una (Cuadro 2).

Cuadro 2. Abundancia, área basal, área de copa, frecuencia, área de la superficie de la copa, volumen de copa e Índice de Valor de Importancia Urbano (IVIU) de las especies de árboles, arbustos y palmas del centro de Hualahuises.

Especies	Familia	Origen	Abundancia		Área de basal		Área de copa		Frecuencia		Área supuesta de la copa		Volumen de la copa		IVIU
			Absoluta	Relativa	Absoluta (m ²)	Relativa %	Absoluta (m ²)	Relativa %	Absoluta Núm. sitios	Relativa %	Absoluta (m ²)	Relativa %	Absoluta (m ³)	Relativa %	
<i>Fraxinus americana</i> L.	Oleaceae	Introducida	38	9.90	2.07	30.56	826.00	17.93	4	4.88	1 492.43	17.61	852.11	33.09	16.68
<i>Quercus virginiana</i> Mill.	Fagaceae	Nativa	83	21.61	1.04	15.33	977.43	21.22	4	4.88	1 717.43	20.27	391.46	15.20	16.64
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Cupressaceae	Introducida	35	9.11	0.93	13.79	748.16	16.24	4	4.88	1 074.04	12.67	439.01	17.05	11.99
<i>Cordia boissieri</i> A.DC.	Cordiaceae	Nativa	34	8.85	0.43	6.33	411.31	8.93	4	4.88	782.37	9.23	144.12	5.60	7.50
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Oleaceae	Introducida	21	5.47	0.17	2.53	158.31	3.44	4	4.88	338.07	3.99	48.91	1.90	3.93
<i>Morus celtidifolia</i> Kunth	Moraceae	Nativa	10	2.60	0.21	3.10	191.91	4.17	3	3.66	333.13	3.93	111.15	4.32	3.74
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	Fagaceae	Introducida	8	2.08	0.29	4.35	155.50	3.38	4	4.88	251.44	2.97	73.25	2.84	3.23
<i>Washingtonia filifera</i> (Gloner ex Kerch., Burv., Pynaert, Rodigas & Hull) de Bary	Arecaceae	Introducida	11	2.86	0.31	4.60	61.59	1.34	4	4.88	388.62	4.59	38.49	1.49	3.03
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Lythraceae	Introducida	15	3.91	0.04	0.60	91.90	2.00	4	4.88	178.32	2.10	21.46	0.83	2.74
<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) I. M. Johnst.	Ehretiaceae	Nativa	8	2.08	0.14	2.04	88.56	1.92	3	3.66	182.35	2.15	48.45	1.88	2.34
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	Introducida	4	1.04	0.16	2.29	101.75	2.21	1	1.22	214.27	2.53	81.63	3.17	2.03
<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae	Introducida	8	2.08	0.03	0.48	51.47	1.12	4	4.88	116.06	1.37	10.68	0.41	1.97
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	Nativa	16	4.17	0.01	0.11	34.47	0.75	2	2.44	76.21	0.90	2.75	0.11	1.67
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Rosaceae	Introducida	11	2.86	0.04	0.56	49.40	1.07	2	2.44	104.42	1.23	15.52	0.60	1.64
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I. M. Johnst.	Scrophulariaceae	Nativa	11	2.86	0.01	0.15	27.74	0.60	3	3.66	55.96	0.66	2.17	0.08	1.57
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	Rutaceae	Nativa	9	2.34	0.03	0.42	75.80	1.65	1	1.22	139.86	1.65	25.29	0.98	1.57
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Nativa	7	1.82	0.04	0.62	42.74	0.93	3	3.66	72.87	0.86	6.32	0.25	1.50
<i>Acer negundo</i> L.	Sapindaceae	Nativa	4	1.04	0.10	1.47	86.01	1.87	1	1.22	136.91	1.62	42.10	1.63	1.48
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Fabaceae	Nativa	1	0.26	0.07	1.06	78.54	1.71	1	1.22	103.60	1.22	76.09	2.95	1.47
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.)	Fabaceae	Introducida	7	1.82	0.11	1.63	51.83	1.13	2	2.44	100.43	1.19	17.98	0.70	1.45

Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 13 (73)
Septiembre - Octubre (2022)

Raf.															
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Bignoniaceae	Introducida	3	0.78	0.11	1.55	65.44	1.42	1	1.22	149.97	1.77	43.18	1.68	1.37
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Introducida	4	1.04	0.02	0.29	23.84	0.52	3	3.66	50.35	0.59	8.25	0.32	1.23
<i>Quercus rubra</i> L.	Fagaceae	Introducida	4	1.04	0.05	0.78	39.97	0.87	2	2.44	73.95	0.87	9.96	0.39	1.12
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Rosaceae	Introducida	4	1.04	0.00	0.07	17.02	0.37	2	2.44	34.99	0.41	1.89	0.07	0.87
<i>Platanus occidentalis</i> L.	Platanaceae	Nativa	1	0.26	0.06	0.86	30.19	0.66	1	1.22	73.63	0.87	29.77	1.16	0.83
<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	Arecaceae	Introducida	8	2.08	0.11	1.55	10.32	0.22	1	1.22	24.85	0.29	0.46	0.02	0.77
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Cupressaceae	Introducida	3	0.78	0.04	0.55	2.48	0.05	2	2.44	14.30	0.17	0.22	0.01	0.69
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Malvaceae	Introducida	1	0.26	0.03	0.42	35.78	0.78	1	1.22	47.27	0.56	15.85	0.62	0.69
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae	Introducida	2	0.52	0.00	0.01	3.28	0.07	2	2.44	8.38	0.10	0.29	0.01	0.63
<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br.	Proteaceae	Introducida	1	0.26	0.01	0.22	14.86	0.32	1	1.22	30.71	0.36	5.84	0.23	0.48
<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Introducida	3	0.78	0.01	0.09	6.85	0.15	1	1.22	14.01	0.17	0.49	0.02	0.47
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	Introducida	2	0.52	0.02	0.24	10.70	0.23	1	1.22	20.83	0.25	1.93	0.07	0.46
<i>Calia secundiflora</i> (Ortega) Yakovlev	Fabaceae	Nativa	1	0.26	0.02	0.31	14.19	0.31	1	1.22	26.46	0.31	4.62	0.18	0.46
<i>Citrus sinsensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Introducida	1	0.26	0.02	0.24	12.25	0.27	1	1.22	19.25	0.23	2.63	0.10	0.42
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Asparagaceae	Nativa	2	0.52	0.01	0.19	2.37	0.05	1	1.22	10.46	0.12	0.18	0.01	0.38
<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	Introducida	1	0.26	0.04	0.57	3.30	0.07	1	1.22	8.55	0.10	0.38	0.01	0.33
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	Introducida	1	0.26	0.00	0.00	1.89	0.04	1	1.22	5.68	0.07	0.15	0.01	0.32
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Oleaceae	Nativa	1	0.26	0.00	0.00	0.64	0.01	1	1.22	1.49	0.02	0.01	0.00	0.30
		Suma	384	100	6.77	100	4 605.81	100	82	100	8 473.92	100	2 575.01	100	100

De acuerdo con la caracterización, la abundancia de individuos fue de 384, el área basal total (dominancia) del arbolado urbano fue de 6.77 m², con un área de copa de 4 605.81 m². Considerando los atributos vertical y tridimensional, el área supuesta de la copa fue 8 473.92 m² y el volumen de la copa 2 575.01 m³. Las cuatro especies que presentaron los mayores valores en todas las variables fueron *Fraxinus americana* L., *Quercus virginiana* Mill., *Thuja occidentalis* L. y *Cordia boissieri* A. DC. (Cuadro 2).

Las dos especies con el mayor Índice de Valor de Importancia fueron *Fraxinus americana* (especie introducida) y *Quercus virginiana* (especie nativa). Además, *Q. virginiana* mostró los mayores valores de abundancia (obteniendo un valor más del doble que *F. americana*), área de copa y área supuesta de copa, mientras que *F. americana* presentó los mayores valores de área basal y volumen de la copa, en ambas variables obtuvo valores de casi el doble que *Q. virginiana* (Cuadro 2).

En la Figura 1 se muestra el gráfico de clases diamétricas. La curva indicó una tendencia exponencial negativa, decreciendo el número de individuos al aumentar el diámetro normal. Esto reveló que prevalece un alto número de individuos con diámetros bajos y un bajo número de individuos con diámetros altos. En total se encontró 136 individuos menores a 5 cm de diámetro normal y 34 individuos mayores a 30 cm.

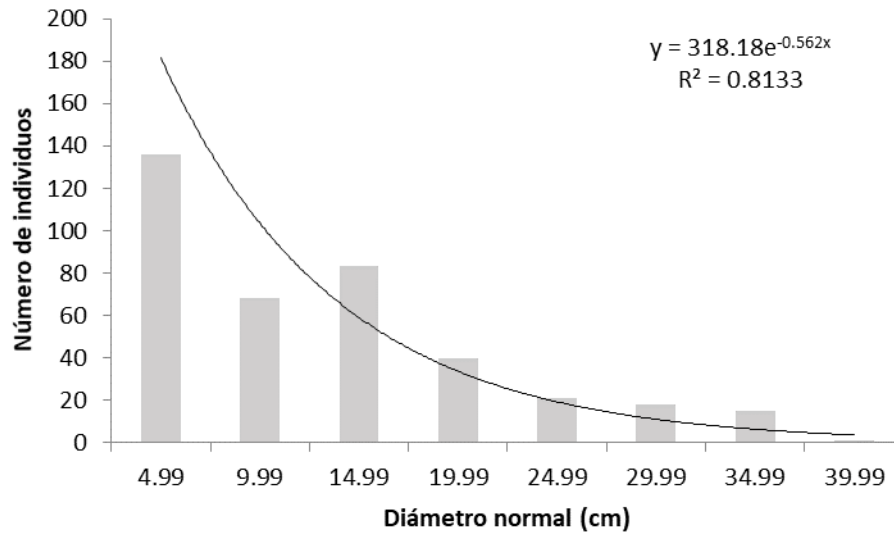


Figura 1. Número de individuos de árboles y arbustos del centro de Hualahuises de acuerdo con el diámetro normal (cm).

En la Figura 2 se puede observar el gráfico de clases de altura, en este se encontró que la mayor presencia de árboles se registró en la categoría de 3 a 5.99 m con 192 individuos, seguido de la categoría ≤ 2.99 m en la que se registraron 100 individuos. Se examinó que existen escasos individuos con una altura superior a los 12 m. La distribución de los individuos de acuerdo con su categoría de altura presentó una distribución asimétrica positiva.

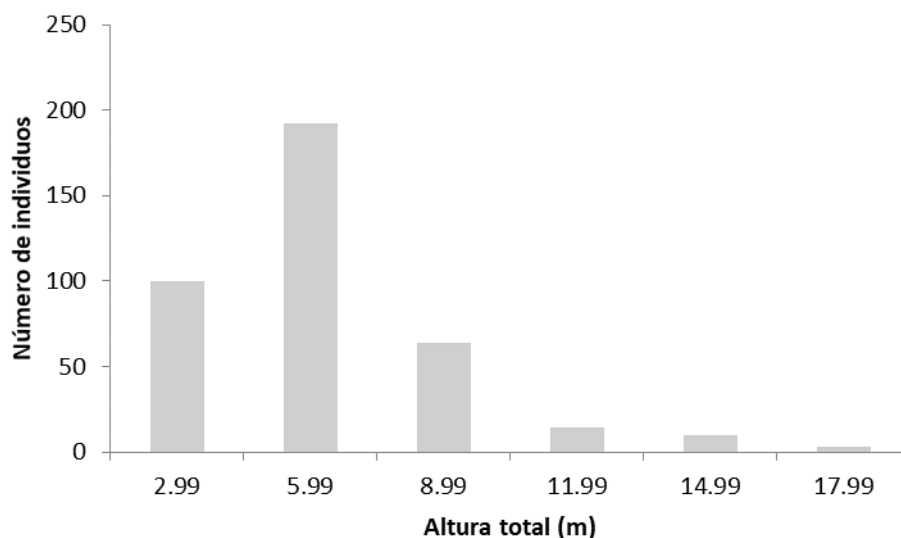


Figura 2. Número de individuos de árboles y arbustos del centro de Hualahuises de acuerdo con la altura total (m).

De acuerdo con los índices de riqueza y diversidad, la comunidad vegetal evaluada presentó un índice de *Margalef* de $D_{Mg}=6.21$, un índice de entropía de *Shannon* de $H'=2.94$. El índice de diversidad verdadero de *Shannon* fue de 18.93.

Discusión

El número de especies registradas en el centro de Hualahuises fue de 38, valor superior a las 13 especies registradas por Canizales *et al.* (2020) en las áreas verdes de Montemorelos, pero similar a las 41 especies reportadas por Leal *et al.* (2018) en las áreas verdes de Linares, a las 39 especies obtenidas por Zamudio (2001) en el centro de Linares y a las 39 especies inventariadas por Alanís *et al.*

(2014) en un *campus* universitario también en el municipio Linares. Investigaciones cualitativas realizadas en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), Nuevo León, han registrado hasta 137 especies (Rocha *et al.*, 1998) y 115 especies (Alanís, 2005).

La familia Fabaceae fue la más representativa con cuatro especies. Estos hallazgos son congruentes a los resultados de Alanís (2005), Alanís *et al.* (2014), Leal *et al.* (2018) y Canizales *et al.* (2020), quienes realizaron sus estudios en el noreste de México encontrando similitudes. Las familias que le siguen son Arecaceae, Fagaceae y Rutaceae con tres especies cada una. De estas, las tres especies de Arecaceae y dos especies de Fagaceae y Rutaceae son introducidas.

En el presente estudio se registraron 63.2 % (25 especies) introducidas y el 36.8 % (21 especies) nativas. Estos resultados son comunes en la región, ya que generalmente se encuentran más especies introducidas que nativas, tal como se encontró en Canizales *et al.* (2020), quienes determinaron un 54 % de especies introducidas en Montemorelos, en el estudio de Alanís (2005) identificaron 53 % de especies introducidas en el Área Metropolitana de Monterrey, y en Martínez-Trinidad *et al.* (2021) se registraron 61 % de especies introducidas en tres parques de la Ciudad de México. Este patrón de encontrar más especies introducidas que nativas se puede observar en gran parte del mundo y se encuentra relacionado al incremento en la producción de árboles ornamentales introducidos en los viveros (Pagès i Clavaguera, 2005).

Fraxinus americana fue la especie que presentó el mayor valor de Índice de Valor de Importancia Urbana, con el 16.7 %. Diversos estudios han establecido a esta especie como la más importante ecológicamente en áreas verdes urbanas del noreste de México (Rocha *et al.*, 1998; Alanís *et al.*, 2014; Leal *et al.*, 2018; Canizales *et al.*, 2020). Alanís (2005) señaló que esta especie fue utilizada con frecuencia en reforestaciones urbanas del noreste de México en la década de los 80,

incluso antes, pero se dejó de hacer uso de esta especie a inicios de los 90, cuando se empezaron a utilizar las especies nativas.

La segunda especie con mayor valor de importancia urbana fue *Quercus virginiana* con un 16.64 %. Leal *et al.* (2018) y Canizales *et al.* (2020) también registraron a *Q. virginiana* como la segunda especie de más importancia en Linares y Montemorelos, Nuevo León, y Alanís *et al.* (2014) la señaló como la especie más significativa en un campus universitario del noreste de México. La alta presencia de esta especie está relacionada al aumento de su utilización en las áreas verdes de las ciudades del noreste de México en la década de los 90 (Alanís, 2005).

La tercera especie con alto valor de importancia urbana fue *Thuja occidentalis*. Esta es una especie introducida, nativa del este de Canadá y gran parte del centro norte y noreste de los Estados Unidos (Housset *et al.*, 2015); es un árbol de las coníferas de hoja perenne, de la familia de los cipreses: Cupressaceae. Esta especie se introdujo a diversas ciudades de México, como Guadalajara (MacGregor-Fors, 2008), Monterrey (Rocha *et al.*, 1998) y Linares (Leal *et al.*, 2018) debido a su belleza y resistencia a las heladas (Alanís, 2011).

El gráfico de clases diamétricas (Figura 1) mostró una tendencia exponencial negativa, ya que el número de individuos disminuye conforme aumenta el diámetro normal; por lo tanto, se concluye que una gran parte de los individuos arbóreos en Hualahuises son juveniles. Estos resultados son similares a los encontrados por Martínez-Trinidad *et al.* (2021) en cuatro parques de la Ciudad de México, pero opuestos a la distribución asimétrica positiva identificada por Leal *et al.* (2018) y Canizales *et al.* (2020) en las áreas verdes de ciudades del noreste de México. El encontrar más individuos arbóreos juveniles que adultos puede estar asociado a que en los últimos años se han intensificado las actividades de forestación en las ciudades (Alanís, 2005).

El gráfico de clases de altura (Figura 2) presentó una distribución asimétrica positiva. Este comportamiento positivo fue similar a lo registrado por Leal *et al.*

(2018) y Canizales *et al.* (2020) en áreas verdes urbanas de Linares y Montemorelos, respectivamente. La mayoría de los árboles mostraron alturas entre 2 y 5.99 m, similares a los resultados encontrados por Canizales *et al.* (2020) en Montemorelos, pero opuesto a lo encontrado en arbolado de Linares (Leal *et al.*, 2018), ya que los árboles con altura superior prevalecieron (de 6.40 a 9.60 m). El tamaño de los árboles de Hualahuises puede ser una respuesta a que los árboles son jóvenes (Alanís, 2005), o a que se les han aplicado podas, ya que los árboles crecidos interfieren con líneas de cables y alumbrados públicos (Macías-Sámano, 2007).

El índice de riqueza de *Margalef* ($D_{Mg}=6.21$) indicó una diversidad mediana alta, valor similar al 7.62 registrado por Alanís *et al.* (2014) para el arbolado urbano de un campus universitario en Linares, Nuevo León, y al 5.24 de Leal *et al.* (2018) para el arbolado urbano de la ciudad de Linares. El valor del índice de *Shannon-Wiener* fue de 2.94. Ortíz y Luna (2019) tomaron como criterio mínimo para el índice de diversidad de *Shannon* en una zona urbana el valor de 1.50, por lo que, en referencia a lo mismo, los resultados indican alta diversidad. Este valor de 2.94, es superior al 1.17 registrado por Canizales *et al.* (2020) en Montemorelos, 1.99 registrado por Leal *et al.* (2018) en Linares, pero menor al 3.89 registrado por Martínez-Trinidad *et al.* (2021) en la ciudad de México.

Conclusiones

Los individuos con diámetros bajos son los más abundantes ($d_{1.30}<5$ cm), así como los individuos de alturas intermedias ($h>3$ m y <6 m), lo que indica una comunidad

vegetal joven. La riqueza de especies presenta valores intermedios-altos, así como diversidad alta, comparado con otras áreas verdes urbanas del noreste de México. Más de la mitad (63 %) de las especies son introducidas, entre las cuales *Fraxinus americana* y *Thuja occidentalis* sobresalen por su Índice de Valor de Importancia. La especie nativa con mayor valor de importancia es *Quercus virginiana*.

Esta investigación podría aportar información importante sobre que especies de árboles tienen más éxito en las reforestaciones urbanas de la ciudad de Hualahuises, Nuevo León.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo en las actividades de campo al personal de la empresa RENAC S.A. de C.V. y a Israel Garza Gaona y Guadalupe Pérez Malacara.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribución por autor

Eduardo Alanís-Rodríguez: desarrollo de manuscrito y análisis estadístico; Arturo Mora-Olivo: interpretación de resultados; Víctor Manuel Molina-Guerra: análisis de datos; Homero Gárate-Escamilla: revisión de manuscrito; José Ángel Sigala Rodríguez: análisis estadístico.

Referencias

Alanís F., G. J. 2005. El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL* 8(1):20-32. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40280104.pdf>. (21 de enero de 2022).

Alanís R., E., A. Mora O. y J. S. Marroquín de la F. 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L., México. 245 p.

Alanís, E., J. Jiménez, A. Mora-Olivo, P. Canizales y 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. <https://1library.co/document/zln424gq-estructura-composicion-arbolado-urbano-campus-universitario-noreste-mexico.html>. (18 de marzo de 2022).

Alanís, G. 2011. Los fenómenos meteorológicos extremos. Efecto de las bajas temperaturas en la vegetación arbórea del área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL* 14(2):115-120. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40218433002.pdf>. (25 de enero de 2022).

Alcántara O., S. 2019. Hacia una cultura de la salvaguarda del paisaje Latinoamericano. In: Navarrete, A. A., F. A. Martínez S., A. R. Sá C. y J. Marques da S. (Coords.). Paisaje y jardín como patrimonio cultural. Diversas miradas desde México y Brasil. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Azcapotzalco, CdMx., México. pp. 152-177. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/7437>. (04 de junio de 2022).

Benavides M., H. M. y D. Y. Fernández G. 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques* 18(2):1-71. Doi: [10.21829/myb.2012.182352](https://doi.org/10.21829/myb.2012.182352).

Canizales V., P. A., E. Alanís R., V. A. Holguín E., S. García G. y A. C. Chávez C. 2020. Caracterización del arbolado urbano de la ciudad de Montemorelos, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(62):111-135. Doi: [10.29298/rmcf.v11i62.768](https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.768).

Corona N., G. 2021. Servicios ecosistémicos del bosque urbano. In: Miranda N., L. y M. A. Santinelli R. (Coords.). *Responsabilidad social y sostenibilidad: disrupción e innovación ante el cambio de época*. Universidad Anáhuac México, Facultad de Responsabilidad Social. Huixquilucan, Edo.Méx., México. pp. 513-526.

Cultid-Medina, C. A. y F. Escobar. 2019. Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). In: Moreno, C. E. (Ed.) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hgo., México. pp. 175-202. <https://www.researchgate.net/publication/340104672> Pautas para la estimacion y comparacion estadistica de la diversidad biologica qD. (27 de febrero de 2022).

de Almeida, A. C. y J. F. Cândido J. 2017. A importância de parques urbanos para a conservação de aves. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia* 20(4):189-199. Doi: [10.25110/arqvet.v20i4.5476](https://doi.org/10.25110/arqvet.v20i4.5476).

Devisscher, T., C. Ordóñez-Barona, C. Dobbs, M. Dias B., ... and F. J. Escobedo. 2022. Urban forest management and governance in Latin America and the Caribbean: A baseline study of stakeholder views. *Urban Forestry & Urban Greening* 67:127441. Doi: [10.1016/j.ufug.2021.127441](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127441).

Housset, J. M., M. P. Girardin, M. Baconnet, C. Carcaillet and Y. Bergeron. 2015. Unexpected warming-induced growth decline in *Thuja occidentalis* at its northern limits in North America. *Journal of Biogeography* 42(7):1233-1245. Doi: [10.1111/jbi.12508](https://doi.org/10.1111/jbi.12508).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Hualahuises, Nuevo León Clave geoestadística 19029. <https://docplayer.es/24771182-Prontuario-de-informacion-geografica-municipal-de-los-estados-unidos-mexicanos-hualahuises-nuevo-leon-clave-geoestadistica-19029.html>. (7 de marzo de 2022).

Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2):363-375. Doi: [10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x](https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x).

Leal E., C. E., N. Leal E., E. Alanís R., M. A. Pequeño L., A. Mora-Olivo y E. Buendía R. 2018. Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(48):252-270. Doi: [10.29298/rmcf.v8i48.129](https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129).

Livesley, S. J., E. G. McPherson and 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(1):119–124. Doi: [10.2134/jeq2015.11.0567](https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567).

MacGregor-Fors, I. 2008. Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb. *Landscape and urban planning* 84(1):92-98. Doi: [10.1016/j.landurbplan.2007.06.010](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.06.010).

Macías-Sámano, J. E. 2007. Manual de podas para árboles con énfasis en el uso de podas para el control del barrenador *Hypsipyla grandella*, plaga del Cedro y la Caoba. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR. Lerma Campeche, Camp., México. 28 p. <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7110/7114/82962.pdf>. (4 de junio de 2022).

Martínez-Trinidad, T., P. Hernández L., S. F. López-López y L. Mohedano C. 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: [10.29298/rmcf.v12i67.880](https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.880).

Möttus, M., M. Sulev and M. Lang. 2006. Estimation of crown volume for a geometric radiation model from detailed measurements of tree structure. *Ecological Modelling* 198(3-4):506–514. Doi: [10.1016/j.ecolmodel.2006.05.033](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.05.033).

Ortíz, N. L. y C. V. Luna. 2019. Diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la Ciudad de Resistencia, Chaco-Argentina. *Agronomía & Ambiente Revista de la Facultad de Agronomía UBA* 39(2):54-68. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2019ortiznicolasleandro.pdf>. (21 de marzo de 2022).

Pagès i Clavaguera, J. M. 2005. Viveros ornamentales en España. *Horticultura internacional* (1):30-35. [http://www.horticom.com/revistasonline/extras/2005/J M Pages.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/extras/2005/J_M_Pages.pdf). (5 de junio de 2022).

Rocha E., A., T. E. Torres C., M. de C. González de la R., S. J. Martínez L. y M. A. Alvarado V. 1998. Flora ornamental en plazas y jardines públicos del área metropolitana de Monterrey, México. *SIDA, Contributions to Botany* 18(2):579-586. <https://www.jstor.org/stable/41967647>. (11 de marzo de 2022).

Rodríguez-Laguna, R., J. Meza-Rangel, J. Vargas-Hernández y J. Jiménez-Pérez. 2009. Variación en la cobertura de suelo en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el cerro El Potosí, Galeana, Nuevo León. *Madera y Bosques* 15(1):47-59. Doi: [10.21829/myb.2009.1511196](https://doi.org/10.21829/myb.2009.1511196).

Saavedra-Romero, L. de L., P. Hernández-de la Rosa, D. Alvarado-Rosales, T. Martínez-Trinidad y J. Villa-Castillo. 2019. Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la ciudad de México. *Polibotánica* 47:25-37. Doi: [10.18387/polibotanica.47.3](https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3).

Tropicos. 2022. Tropicos connecting the world to botanical data since 1982. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. (6 de febrero de 2022).

Zamudio C., E. 2001. Análisis del Comportamiento del arbolado urbano público durante el período de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 128 p. <http://eprints.uanl.mx/1122/>. (31 de julio de 2022).

Zhu, Z., C. Kleinn and N. Nölke. 2021. Assessing tree crown volume—a review. *Forestry An International Journal of Forest Research* 94:18–35. Doi: [10.1093/forestry/cpaa037](https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa037).



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.