



DOI: 10.29298/rmcf.v16i90.1549

Artículo de investigación

Caracterización del arbolado y arbustos urbanos en Pampas, Huancavelica, Perú

Characterization of urban trees and shrubs in *Pampas*, *Huancavelica*, Peru

Jairo Edson Gutiérrez-Collao^{1*}, Pabel Mariano Meza Mitma¹, Karen Deysi Ramos Huaman¹, Liz Roxana Ospina Castro¹, Sheyla Zarain Pariona Duran¹, Jakelin Janeth Chancha Inga¹, Christian Edinson Murga-Tirado², Anais Gabriela Vasquez Salazar³

Fecha de recepción/Reception date: 4 de enero de 2025.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 17 de junio de 2025.

¹Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Perú.

²Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Continental. Perú.

³Escuela Académico Profesional de Psicología, Facultad de Salud, Universidad Continental. Perú.

*Autor para correspondencia; correo-e: jairo.gutierrez@unat.edu.pe

*Corresponding author; e-mail: jairo.gutierrez@unat.edu.pe

Resumen

El arbolado urbano es un recurso importante por los servicios ecosistémicos que aporta. El objetivo del presente trabajo fue conocer la estructura, composición, riqueza y diversidad de especies del arbolado y arbustos urbanos de la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú. Se evaluaron árboles y arbustos de dos alamedas, cuatro jirones (áreas verdes de alineación), la plaza principal y un parque ecológico, en donde se midieron el diámetro normal a 1.30 m de altura desde el suelo, el diámetro de copa y la altura total. Se determinó la abundancia, dominancia, frecuencia, área y volumen (Índice de Valor de Importancia). Asimismo, se calculó el Índice de diversidad de *Shannon*, el Índice de *Margalef* y la cantidad de especies clave. Se registraron 13 especies, distribuidas en 12 géneros y 10 familias. Los taxones introducidos representaron 69 % y 31 % fueron nativos. La familia con mayor presencia fue Rosaceae con tres especies. Los análisis de clases diamétricas y de alturas evidenciaron una proporción mayor de individuos con diámetros altos (>5 cm y <40 cm) y alturas intermedias ($h > 1$ m y <7 m). En las áreas urbanas se obtuvieron datos bajos-intermedios de riqueza y diversidad de especies. En conclusión, se destaca la necesidad de gestionar mejor el arbolado y arbustos urbanos de la ciudad de Pampas, se debe priorizar el uso de especies nativas de la región y prestar atención a los factores de riesgos a la infraestructura pública.

Palabras clave: Composición florística, dasonomía urbana, diversidad, factores de riesgos, infraestructura pública, zonas urbanas.

Abstract

Urban trees are an important resource for the ecosystem services they provide. The objective of this study was to determine the structure, composition, richness, and diversity of urban trees and shrubs in the city of *Pampas, Huancavelica*, Peru. Trees and shrubs in two avenues, four *jirones* (green verges), the main square, and an ecological park were evaluated, and their normal diameter at a height of 1.30 m from the ground, crown diameter, and total height were measured. Abundance, dominance, frequency, area, and volume (Importance Value Index) were determined. Likewise, the Shannon diversity Index, the Margalef Index, and the number of key species were calculated. Thirteen species, distributed in 12 genera and 10 families, were recorded. 69 % accounted for introduced taxa, and 31 % for native taxa. The family with the most significant presence was Rosaceae, with three species. The analyses of diameter and height classes showed a higher proportion of individuals with high diameters (>5 cm and <40 cm) and intermediate heights ($h > 1$ m and <7m). The urban areas reported low to moderate species richness and diversity. In conclusion, the need for improved management of urban trees and shrubs in the city of *Pampas* is highlighted. The use of species native to the region should be prioritized, and attention should be given to risk factors affecting the public infrastructure.

Keywords: Floristic composition, urban dasonomy, diversity, risk factors, public infrastructure, urban areas.

Introducción

Las ciudades cumplen un rol importante en el progreso de la sociedad (Pashaei & An, 2024), por lo que la urbanización se convierte en un desafío para los encargados de las políticas urbanas. Es recomendable plantar árboles y arbustos en las áreas verdes para fomentar los beneficios a las personas mediante la mejora de la salud mental y física (Sharma et al., 2024). De tal manera que una mejor calidad de vida se genera por los servicios ecosistémicos que la diversidad arbórea provee, como la belleza escénica, mejor calidad del aire y mitigación de cambio climático (Ettinger et al., 2024; Kwon et al., 2021; Locosselli & Buckeridge, 2023; Sharma et al., 2024).

En diversas ciudades, se carece de una adecuada gestión de las áreas verdes urbanas, lo que genera perjuicios y riesgos para la sociedad (Koeser & Smiley, 2017; Koeser et al., 2016); producto de la inestabilidad estructural, la altura inadecuada de los individuos plantados y su ubicación incorrecta en relación con los bienes materiales (Matheny & Clark, 1993).

No obstante, un gran porcentaje de personas aún consideran, erróneamente, que el arbolado urbano, independiente de su ubicación, edad y de su salud, debe permanecer intacto por los bienes y servicios que brinda (Saavedra-Romero et

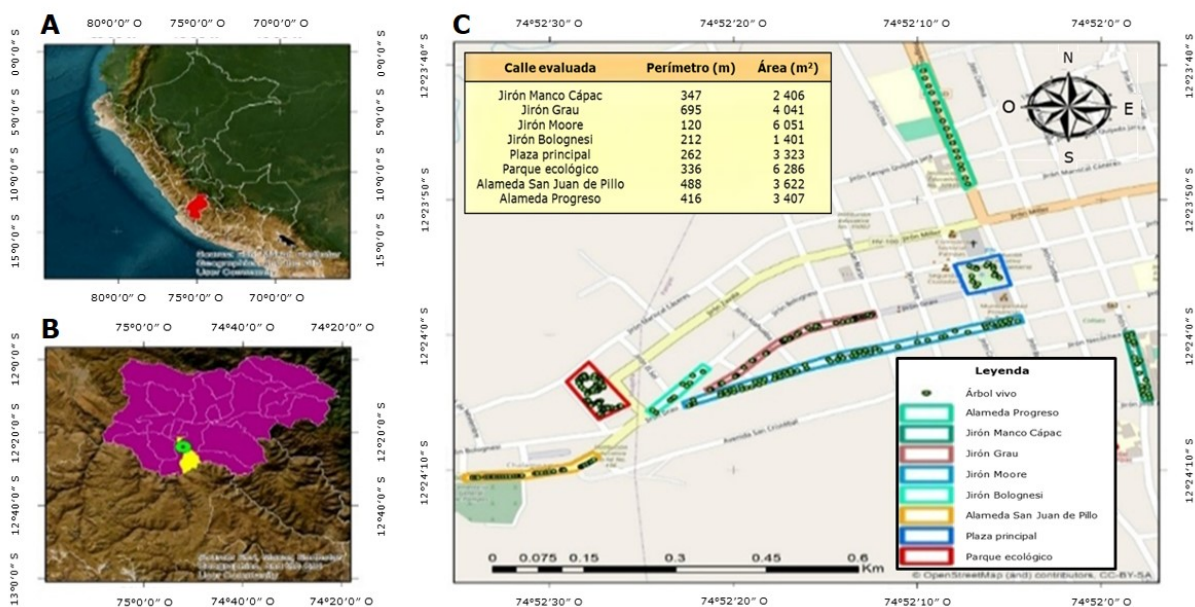
al., 2019), principalmente porque su cobertura es una técnica efectiva para atenuar las consecuencias de la isla de calor o el estrés térmico urbano (Li et al., 2024; Yang et al., 2024).

En Perú, no hay estudios específicos que consideren integralmente el potencial de la vegetación en áreas urbanas. A pesar de no tener superficies muy amplias con vegetación urbana, se ubican áreas verdes en las ciudades; por ejemplo, en Pampas, Huancavelica donde existen dos alamedas, la plaza principal y un parque ecológico. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar la estructura, composición, riqueza y diversidad de su arbolado y arbustos urbanos, además se incluyó la vegetación de alineación de cuatro calles.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El trabajo se efectuó en el distrito Pampas, Tayacaja, Huancavelica, ubicado en la parte sur-central del Perú ($12^{\circ}23'58.34''$ S y $74^{\circ}52'07.69''$ O, Figura 1), a una altitud de 3 261 m. En el distrito predomina el frío, con lluvias de octubre a marzo. La temperatura promedio anual oscila entre 13 y 22 °C, con un promedio de precipitación de 512 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [Senamhi], 2022).



A = Mapa de Perú resaltando Huancavelica; B = Mapa de Huancavelica resaltando Pampas; C = Ubicación de las zonas verdes de la ciudad de Pampas.

Figura 1. Zona de estudio en la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Evaluación de la vegetación en zonas urbanas de la ciudad de Pampas

En la ciudad de Pampas se identificaron en total ocho zonas urbanas verdes (Cuadro 1), en las cuales se realizó un censo de todos los árboles y arbustos.

Cuadro 1. Zonas verdes urbanas evaluadas en Pampas, Huancavelica, Perú.

ID	Nombre	Perímetro (m)	Área (m²)
A	Alameda San Juan de Pillo	488.0	3 622.0
B	Alameda Progreso	416.0	3 407.0
C	Jirón Bolognesi	212.0	1 401.0
D	Jirón Grau	695.0	4 041.0
E	Jirón Moore	120.0	6 051.0
F	Jirón Manco Cápac	347.0	2 406.0

G	Parque ecológico	336.0	6 286.0
H	Plaza principal	262.0	3 323.0
Total		2 876.0	30 537.0

En la evaluación se consideraron árboles y arbustos con diámetros normales superiores o iguales a 5 cm (Dangulla et al., 2020, Saavedra-Romero et al., 2019). La altura total (h) se obtuvo con un clinómetro *Suunto*® modelo PM-5/360PC; el diámetro normal con una cinta diamétrica *Forestry Suppliers Inc.*® modelo 283D/5m; y el radio de copa con una cinta métrica de 30 m marca *Major*® modelo con asa; además se determinó la densidad arbórea.

Las especies se identificaron por nombre común y científico (Martínez-Trinidad et al. 2021; Sikuzani et al., 2019). Por último, el nombre científico se corroboró a través del sistema The WFO Plant List (World Flora Online [WFO], 2025).

Estructura y composición

En el Cuadro 2, se detallan las ecuaciones para calcular la abundancia absoluta y proporcional de cada taxón conforme a la cantidad de individuos registrados; la dominancia absoluta y proporcional de cada especie en función del área basal de los individuos; la frecuencia absoluta y proporcional, en función de la presencia en las ocho zonas urbanas verdes; el área de copa, zona más activa que asimila la radiación luminosa, que comprendió el área lateral de la copa y se eliminó el área del reflejo de la copa (Rodríguez-Laguna et al., 2009); para el volumen de copa, se consideró la forma de las copas (elípticas, cónicas o cilíndricas), que sirven de referencia para la producción de materia viva y las funciones ecosistémicas, como la reducción de la contaminación del aire y captura de carbono (Fernández-Sarría et al., 2013; Hecht et

al., 2008; Korhonen *et al.*, 2013; McPherson & Rowntree, 1988; Meng *et al.*, 2007; Möttus *et al.*, 2006; Zhu *et al.*, 2021). Las variables contextualizadas se emplearon para obtener el Índice de Valor de Importancia (porcentaje que varía entre 0 y 100; *IVI*); la importancia de cada especie se jerarquizó a partir de la abundancia, frecuencia, dominancia, área y el volumen de copa (Saavedra-Romero *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Ecuaciones utilizadas para calcular la estructura y composición de la vegetación en las zonas urbanas de la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Ecuación	Donde
$A = \frac{n}{AM} \quad (1)$	A = Abundancia total
$Ar = \left[\frac{A}{\sum_{i=1}^n A} \right] \times 100 \quad (2)$	Ar = Abundancia proporcional
$D = \frac{AB}{AM} \quad (3)$	n = Cantidad de individuos por especie
$Dr = \left[\frac{D}{\sum_{i=1}^n D} \right] \times 100 \quad (4)$	AM = Área de muestreo (ha)
$F = \frac{Pi}{CTS} \quad (5)$	D = Dominancia total
$Fr = \left[\frac{F}{\sum_{i=1}^n F} \right] \times 100 \quad (6)$	Dr = Dominancia proporcional
$AC = \frac{\pi \times RC}{6LC^2} [(4LC^2 + RC^2)^{1.5} - RC^3] \quad (7)$	AB = Área basal por especie
$VC_{elipsoide} = \left[\left(\frac{4}{3} \times \pi \times DC^3 \times LC \right) \times \frac{1}{8} \right] \quad (8)$	F = Frecuencia absoluta
$VC_{cónico} = \left(\frac{1}{3} \times \pi \times DC^3 \times LC \right) \quad (9)$	Fr = Frecuencia relativa
$VC_{cilíndrico} = (\pi \times DC^3 \times LC) \quad (10)$	Pi = Cantidad de sitios en los que se encuentran las especies
$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (Ar, Dr, Fr, AC, VC)}{5} \quad (11)$	CTS = Cantidad total de sitios
	AC = Área de la copa
	RC = Radio de la copa
	LC = Largo de la copa
	VC = Volumen de la copa
	DC = Diámetro de la copa
	LC = Largo de la copa
	IVI = Índice de Valor de Importancia

Riqueza y diversidad de especies

En el Cuadro 3 se presentan las ecuaciones para calcular la riqueza y diversidad de especies mediante el Índice de diversidad de *Shannon*, el Índice de *Margalef* y la cantidad de especies clave (Cultid-Medina & Escobar, 2019; Jost, 2006; Leal Elizondo et al., 2018).

Cuadro 3. Ecuaciones utilizadas para calcular riqueza y diversidad de la vegetación en las zonas urbanas de la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Ecuaciones	Donde
$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n}{N} \times \ln \frac{n}{N} \quad (12)$	H' = Índice de <i>Shannon</i> S = Cantidad de especies presentes N = Cantidad total de individuos n = Cantidad de individuos por especie $\ln$ = Logaritmo natural
$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad (13)$	D_{Mg} = Índice de <i>Margalef</i>
${}^1D = \exp(H') \quad (14)$	1D = Cantidad de especies clave $\exp$ = Exponencial

Se compararon tres tipos de zonas urbanas verdes (alineación, deportivo y parque) en relación con tres variables: los índices de diversidad y riqueza. Para ello, se aplicó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA de una vía) y, posteriormente, se realizó una prueba *post hoc* utilizando el método de *Tukey* para identificar posibles diferencias significativas entre los grupos.

Resultados

El área total evaluada de zonas urbanas verdes fue 30 537 m², en donde se registraron 322 individuos, con una densidad arbórea de 105 individuos ha⁻¹. Las familias más diversas se muestran en el Cuadro 4, destacan Rosaceae con tres especies y Oleaceae

con dos taxa. Se identificaron 13 especies, distribuidas en 12 géneros y 10 familias; 46 % presentaron un hábito de crecimiento arbustivo, mientras que 54 % fueron de hábito arbóreo. La dominancia absoluta total fue de 11.32 m², con un área de copa total de 8 813.8 m² y un volumen de copa total de 97 341.4 m³ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estructura y composición de la vegetación en zonas verdes urbanas en la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Especies	Familia	Ar	Dr	Fr	ACr	VCr	IVI
<i>Populus nigra</i> L.	Salicaceae	22.7	65.1	12.0	46.0	79.3	45.0
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Oleaceae	37.9	6.1	4.0	20.2	2.6	14.2
<i>Sambucus nigra</i> L.	Viburnaceae	12.4	14.2	24.0	10.4	3.2	12.8
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pinaceae	4.3	1.9	8.0	7.4	5.8	5.5
<i>Araucaria columnaris</i> (G. Forst.) Hook.	Araucariaceae	3.7	3.1	8.0	4.4	7.3	5.3
<i>Fraxinus americana</i> L.	Oleaceae	9.9	2.6	8.0	5.3	0.6	5.3
<i>Buddleja coriacea</i> J. Rémy	Scrophulariaceae	2.2	2.0	8.0	0.9	0.1	2.6
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	1.9	2.4	4.0	1.4	0.2	2.0
<i>Prunus lusitanica</i> L.	Rosaceae	0.6	0.3	8.0	0.6	0.1	1.9
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	2.2	0.2	4.0	1.5	0.2	1.6
<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L.) D. Don	Cupressaceae	1.2	0.2	4.0	1.0	0.3	1.4
<i>Polylepis incana</i> Kunth	Rosaceae	0.6	0.9	4.0	0.6	0.2	1.3
<i>Prunus cerasus</i> L.	Rosaceae	0.3	0.1	4.0	0.2	0.0	0.9
Total		100	100	100	100	100	100

Ar = Abundancia proporcional; *Dr* = Dominancia proporcional; *Fr* = Frecuencia proporcional; *ACr* = Área de la copa proporcional; *VCr* = Volumen de la copa proporcional; *IVI* = Índice de Valor de Importancia.

A *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton correspondió la abundancia relativa más alta (37.9 %); *Populus nigra* L. tuvo la mayor dominancia relativa (65.1 %), área de copa relativa (46.0 %) y volumen relativo de copa (79.3 %); y *Sambucus nigra* L. registró la mayor frecuencia relativa (24 %). De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (*IVI*), el primer lugar lo ocupó *P. nigra* (45 %), secundado por *L. lucidum* (14.2 %) y *S. nigra* (12.8 %) (Cuadro 4).

El origen de las especies inventariadas se muestra en el Cuadro 5, en el cual sobresalen los taxa introducidos (9), frente a los nativos (4). La especie con mayor cantidad de individuos fue *L. lucidum* (122); a *P. nigra* correspondió el diámetro promedio más grande (31.7 cm); *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. tuvo la mayor altura promedio (11.5 m); respecto al área basal, el valor más alto fue para *Populus nigra* (0.101 m²). En el parque ecológico se registró la mayor cantidad de especies (6) y de individuos (205).

Cuadro 5. Vegetación urbana y media de variables dasométricas por especie en la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Especies	Origen	Cantidad individuos	Diámetro (cm)	Altura (m)	Área basal (m ²)
<i>Araucaria columnaris</i> (G. Forst.) Hook.	Introducida	12	18.1	5.1	0.029
<i>Buddleja coriacea</i> J. Rémy	Nativa	7	20.0	4.6	0.033
<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L.) D. Don	Introducida	4	7.9	5.3	0.005
<i>Fraxinus americana</i> L.	Introducida	32	10.2	5.6	0.009
<i>Genipa americana</i> L.	Nativa	7	6.0	5.3	0.003
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Introducida	122	8.1	4.5	0.006
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Introducida	14	13.9	11.5	0.015
<i>Polylepis incana</i> Kunth	Nativa	2	24.7	4.5	0.048
<i>Populus nigra</i> L.	Introducida	73	31.7	10.9	0.101
<i>Prunus cerasus</i> L.	Introducida	1	11.0	4.5	0.009
<i>Prunus lusitanica</i> L.	Introducida	2	14.4	2.4	0.017
<i>Sambucus nigra</i> L.	Introducida	40	20.8	4.8	0.040
<i>Schinus molle</i> L.	Nativa	6	22.7	5.1	0.064

El gráfico de clases diamétricas presentó una tendencia logarítmica (Figura 2), en la que disminuyó la cantidad de individuos al aumentar el diámetro (Figura 2). Se

observaron 307 individuos con diámetros normales menores a 40 cm. Si se considera que el diámetro indica el estado de desarrollo del arbolado y de los arbustos urbanos, la mayoría está compuesta por ejemplares jóvenes.

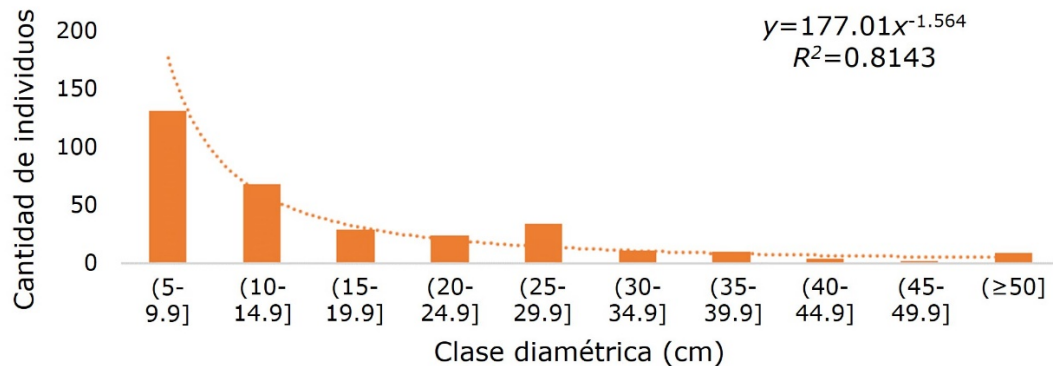


Figura 2. Cantidad de individuos conforme al diámetro (cm).

La distribución de las barras del gráfico de clases de altura (Figura 3) no evidenció una tendencia; se observó una alta cantidad de individuos en la categoría de 4-6.9 m y baja en el resto de las categorías. Se registró una desaceleración en el crecimiento de los individuos evaluados, lo que reflejó un crecimiento no constante. Se tuvieron 248 individuos con alturas menores a 7 m.

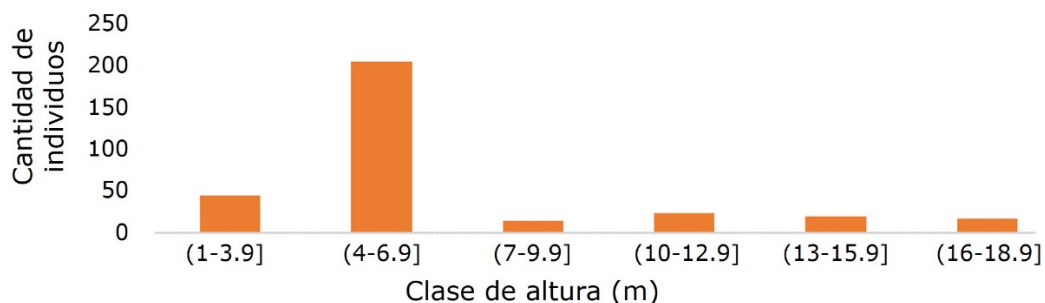
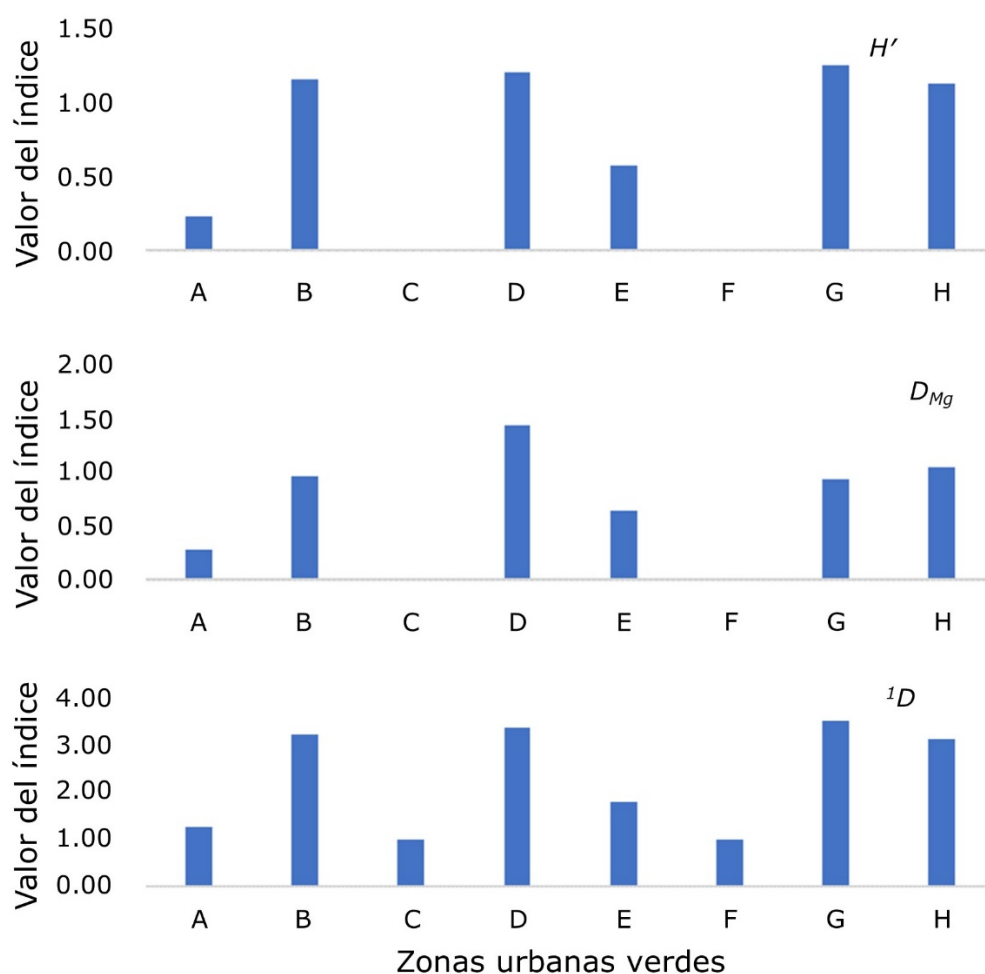


Figura 3. Cantidad de individuos conforme a la altura total (m).

Las ocho zonas urbanas verdes registraron áreas y funciones diversas; sin embargo, la diversidad fue similar ($P>0.05$) entre las zonas evaluadas, las que se clasificaron en tipo de alineación (dos alamedas), deportivo (cuatro calles con mobiliario para el desarrollo de distintas actividades deportivas o físicas) y parque (parque ecológico y plaza principal que presentan fuentes y monumentos) (Figura 4). No se registraron diferencias significativas ($P>0.05$) en la riqueza y diversidad a nivel de tipos de zonas urbanas verdes (Cuadro 6). Sobresalió el tipo parque como el de mayor riqueza y diversidad ($H'=1.39$, $D_{Mg}=1.21$), a diferencia del tipo deportivo que resultó con los valores menores ($H'=0.54$, $D_{Mg}=0.56$).



H' = Índice de *Shannon-Wiener*; D_{Mg} = Índice de *Margalef*; 1D = Cantidad de especies clave.

Figura 4. Índices de riqueza y diversidad evaluados en ocho zonas urbanas verdes de la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Cuadro 6. Índices de riqueza y diversidad obtenidos por tipo de zona urbana verde en la ciudad de Pampas, Huancavelica, Perú.

Tipo de zona urbana verde	<i>Shannon</i> (H')	<i>Margalef</i> (D_{Mg})	Cantidad de especies clave (1D)
Alineación	0.70±0.66a	0.63±0.48a	2.24±1.39a
Deportivo	0.54±0.63a	0.56±0.70a	1.99±1.19a
Parque	1.39±0.04a	1.21±0.12a	4.02±0.16a

Letras iguales no indican diferencias significativas ($P>0.05$). $\pm$ = Error estándar.

Discusión

La densidad de individuos fue de 105 ha⁻¹, valor inferior a lo determinado en el Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México, cuya densidad de individuos es de 295 ha⁻¹ (Benavides Meza & Fernández Grandizo, 2012); y en la ciudad de Montemorelos, México de 195 ha⁻¹ (Canizales Velázquez et al., 2020). Los valores indican una distribución no uniforme del arbolado y arbustos urbanos en los sitios inventariados. Las zonas con mayores densidades podrían asociarse con condiciones de microclimas que influyen en la sobrevivencia de las plantas, con factores de intervención antrópica que causen perturbación, abastecimiento de agua, baja calidad del suelo, entre otros.

En la ciudad de Pampas se registraron 13 especies en 30 537 m², estimando 4.3 especies por ha⁻¹, que es superior al valor estimado para la ciudad de Montemorelos, México (2.8 especies ha⁻¹) (Canizales Velázquez et al., 2020), al valor estimado para la ciudad de Linares, México (1.5 especies ha⁻¹) (Leal Elizondo et al., 2018) y al valor estimado para la ciudad de *Sancti Spíritus*, Cuba (2.3 especies ha⁻¹) (Delgado Fernández et al., 2021).

En la ciudad de Pampas existe una baja a media diversidad de especies; sin embargo, 91 % del total de individuos inventariados está representado por seis especies, característica que lo hace susceptible al ataque de enfermedades y plagas (Velasco Bautista et al., 2013). Asimismo, se registró el predominio de las especies exóticas, posiblemente por ser menos atractivas estéticamente y la escasez de plantas nativas en viveros (Hardberger et al., 2025); motivo por el cual coincide con lo reportado en otras áreas urbanas como en México (Área Metropolitana de Monterrey, Montemorelos y en tres parques de la ciudad de México) y en Cuba (ciudad *Sancti Spíritus*), en la que predominaron las especies introducidas con datos de 53, 54, 61 y 50.84 %, respectivamente (Alanís Flores, 2005; Canizales Velázquez et al., 2020; Delgado Fernández et al., 2021; Martínez-Trinidad et al., 2021). A nivel mundial ocurre dicho patrón de reportar mayor cantidad de especies introducidas, porque los viveros se dedican a producir poca cantidad de plantas nativas ornamentales (Pagès i Clavaguera, 2005).

Populus nigra reportó el mayor Índice de Valor de Importancia en áreas urbanas, con 48.58 %. Por su parte, algunas áreas urbanas de México reportan a la especie *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. como la de mayor importancia en áreas verdes urbanas del tipo introducido (Alanís et al., 2014; Canizales Velázquez et al., 2020; Leal Elizondo et al., 2018; Rocha Estrada et al., 1998). *P. nigra* se encuentra adaptada adecuadamente a las condiciones específicas de la ciudad de Pampas, demostrando su capacidad de adaptación al entorno.

El gráfico de la clasificación por diámetros confirma que la mayoría de los árboles y arbustos urbanos de la ciudad de Pampas son juveniles; coincidiendo con los datos reportados en cuatro parques de la ciudad de México (Martínez-Trinidad *et al.*, 2021), que se pueden asociar a las actividades de plantación en las ciudades en los últimos años (Alanís Flores, 2005), a pesar de que, en muchas ciudades, se ha perdido vegetación y áreas verdes (Shirazi & Kazmi, 2016).

Las clases por altura variaron entre 0 y 2.99 m; lo cual podría ser producto de su edad (Alanís Flores, 2005). Es fundamental observar el desarrollo de los individuos, ya que el crecimiento en altura incrementa la demanda de recursos para labores como la poda. En este sentido, Skovsgaard *et al.* (2018) desarrollaron un modelo de eficiencia de trabajo en poda, especialmente poda alta, demostrando que el tiempo requerido aumenta con la altura de poda, el número de ramas y el grosor de la más grande.

El Índice de *Margalef* ($D_{Mg}=1.76$) indica una riqueza de especies moderada, lo cual explica que la ciudad de Pampas a pesar de tener una cantidad de especies razonable, algunas están representadas por pocos individuos y otras dominan con varios ejemplares. Dicho valor es inferior al registrado por Leal Elizondo *et al.* (2018), quienes obtuvieron un índice de 5.24 en la ciudad de Linares, México; pero superior a lo señalado por Canizales Velázquez *et al.* (2020), cuyo registro fue de 1.19 para la ciudad de Montemorelos, México.

El Índice de *Shannon* ($H'=1.64$) corresponde a una diversidad de especies moderada; razón por la que la ciudad de Pampas presenta una distribución no uniforme de individuos entre las especies. Dicho valor cumple con el criterio mínimo de las áreas urbanas, $H'=1.50$; además, es superior a lo citado en Montemorelos, México (1.17) (Canizales Velázquez *et al.*, 2020). Sin embargo, es inferior al consignado en Linares, México (1.99) (Leal Elizondo *et al.*, 2018) y en las áreas verdes de Texcoco, México (Martínez-Trinidad *et al.*, 2021).

Conclusiones

En las zonas verdes de la Ciudad de Pampas, las familias con mayor cantidad de taxa fueron Rosaceae y Oleaceae. Las especies mejor representadas son *Ligustrum lucidum* y *Populus nigra*; y sobresalen los taxones e individuos introducidos. El arbolado y arbustos urbanos es relativamente joven (diámetros <40 cm y alturas <7 m), moderadamente rico y regularmente diverso, con una distribución de individuos por especie no uniforme, y se evidencian problemas en cuanto a gestión y planificación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Julio Miguel Angeles Suazo por su colaboración en el préstamo de equipos para el desarrollo de la investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribución por autor

Jairo Edson Gutiérrez-Collao: desarrollo de manuscrito y análisis estadístico; Pabel Mariano Meza Mitma: interpretación de resultados; Karen Deysi Ramos Huaman: análisis de datos; Liz Roxana Ospina Castro: revisión de manuscrito; Sheyla Zarain Pariona Duran: análisis estadístico; Jakelin Janeth Chancha Inga: análisis de datos y

revisión de manuscrito; Christian Edinson Murga-Tirado: análisis estadístico; Anais Gabriela Vasquez Salazar: análisis de datos.

Referencias

- Alanís Flores, 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>
- Alanís, E., Jiménez, J., Mora-Olivo, A., Canizales, P., y Rocha, L. (2014, diciembre). Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(7), 93-101. <https://www.reibci.org/publicados/2014/diciembre/0700111.pdf>
- Benavides Meza, H. M., y Fernández Grandizo, D. Y. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques*, 18(2), 51-71. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.182352>
- Canizales Velázquez, P. A., Alanís Rodríguez, E., Holguín Estrada, V. A., García García, S., & Collantes Chávez Costa, A. (2020). Description of the urban trees of Montemorelos city, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(62), 111-135. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.768>
- Cultid-Medina, C. A., y Escobar, F. (2019). Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (^qD). En C. E. Moreno (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 175-202). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. https://www.researchgate.net/publication/340104672_Pautas_para_la_estimacion_y_comparacion_estadistica_de_la_diversidad_biologica_qD
- Dangulla, M., Manaf, L. A., Ramli, M. F., & Yacob, M. R. (2020). Urban tree composition, diversity and structural characteristics in North-Western Nigeria. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, Article 126512. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126512>

- Delgado Fernández, L. A., Rabassa Pérez, A., Trocones Boggiano, A. G., & Orrantia Cárdenas, I. (2021, mayo-agosto). Diagnóstico del arbolado urbano en una sección de la ciudad de Sancti Spíritus. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(2), 285-301. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/703>
- Ettinger, A. K., Bratman, G. N., Carey, M., Hebert, R., Hill, O., Kett, H., Levin, P., Murphy-Williams, M., & Wyse, L. (2024). Street trees provide an opportunity to mitigate urban heat and reduce risk of high heat exposure. *Scientific Reports*, 14, Article 3266. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51921-y>
- Fernández-Sarría, A., Velázquez-Martí, B., Sajdak, M., Martínez, L., & Estornell, J. (2013). Residual biomass calculation from individual tree architecture using terrestrial laser scanner and ground-level measurements. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.01.012>
- Hardberger, A., Craig, D., Simpson, C., Cox, R. D., & Perry, G. (2025). Greening up the city with native species: challenges and solutions. *Diversity*, 17(1), 56. <https://doi.org/10.3390/d17010056>
- Hecht, R., Meinel, G., & Buchroithner, M. F. (2008). Estimation of urban green volume based on single-pulse LiDAR data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(11), 3832-3840. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2001771>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Koeser, A. K., & Smiley, E. T. (2017). Impact of assessor on tree risk assessment ratings and prescribed mitigation measures. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.027>
- Koeser, A. K., Hauer, R. J., Miesbauer, J. W., & Peterson, W. (2016). Municipal tree risk assessment in the United States: Findings from a comprehensive survey of urban forest management. *Arboriculture Journal*, 38(4), 218-229. <https://doi.org/10.1080/03071375.2016.1221178>

- Korhonen, L., Vauhkonen, J., Virolainen, A., Hovi, A., & Korpela, I. (2013). Estimation of tree crown volume from airborne lidar data using computational geometry. *International Journal of Remote Sensing*, 34(20), 7236-7248. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.817715>
- Kwon, O.-H., Hong, I., Yang, J., Wohn, D. Y., Jung, W.-S., & Cha, M. (2021). Urban green space and happiness in developed countries. *EPJ Data Science*, 10, Article 28. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-021-00278-7>
- Leal Elizondo, C. E., Leal Elizondo, N., Alanís Rodríguez, E., Pequeño Ledezma, M. Á., Mora-Olivo, A., & Buendía Rodríguez, E. (2018). Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48), 252-270. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>
- Li, H., Zhao, Y., Wang, C., Ürge-Vorsatz, D., Carmeliet, J., & Bardhan, R. (2024). Cooling efficacy of trees across cities is determined by background climate, urban morphology, and tree trait. *Communications Earth & Environment*, 5, Article 754. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01908-4>
- Locosselli, G. M., & Buckeridge, M. S. (2023). The science of urban trees to promote well-being. *Trees*, 37, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s00468-023-02389-2>
- Martínez-Trinidad, T., Hernández López, P., López-López, S. F., & Mohedano Caballero, L. (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. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.880>
- Matheny, N., & Clark, J. (1993). *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas* (2nd ed.). International Society of Arboriculture. <https://urbanforestrysouth.org/resources/library/ttresources/a-photographic-guide-to-the-evaluation-of-hazard-trees-in-urban-areas>
- McPherson, E. G., & Rowntree, R. A. (1988). Geometric solids for simulation of tree crowns. *Landscape and Urban Planning*, 15(1-2), 79-83. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(88\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90017-5)

- Meng, S. X., Lieffers, V. J., & Huang, S. (2007). Modeling crown volume of lodgepole pine based upon the uniform stress theory. *Forest Ecology and Management*, 251(3), 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.008>
- Möhtus, M., Sulev, M., & Lang, M. (2006). Estimation of crown volume for a geometric radiation model from detailed measurements of tree structure. *Ecological Modelling*, 198(3-4), 506-514. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.05.033>
- Pagès i Clavaguera, J. M. (2005). Viveros ornamentales en España. *Horticultura Internacional*, 1, 30-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1089452>
- Pashaei, S., & An, C. (2024). Assessment of urban greenhouse gas emissions towards reduction planning and low-carbon city: a case study of Montreal, Canada. *Environmental Systems Research*, 13, Article 12. <https://doi.org/10.1186/s40068-024-00341-y>
- Rocha Estrada, A., Torres Cepeda, T. E., González de la Rosa, M. del C., Martínez Lozano, S. J., & Alvarado Vázquez, M. A. (1998, diciembre). 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>
- Rodríguez-Laguna, R., Meza-Rangel, J., Vargas-Hernández, J., y Jiménez-Pérez, J. (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. <https://doi.org/10.21829/myb.2009.1511196>
- Saavedra-Romero, L. de L., Hernández-de la Rosa, P., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., y Villa-Castillo, J. (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, 47, 25-37. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2022). *Datos/Datos hidrometeorológicos a nivel nacional* [Conjunto de datos]. Ministerio del Ambiente de Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

- Sharma, S., Hussain, S., Kumar, P., & Singh, A. N. (2024). Urban trees' potential for regulatory services in the urban environment: an exploration of carbon sequestration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, Article 504. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12634-x>
- Shirazi, S. A., & Kazmi, J. H. (2016). Analysis of socio-environmental impacts of the loss of urban trees and vegetation in Lahore, Pakistan: a review of public perception. *Ecological Processes*, 5, Article 5. <https://doi.org/10.1186/s13717-016-0050-8>
- Sikuzani, Y. U., Malaisse, F., Kaleba, S. C., Mwanke, A. K., Yamba, A. M., Khonde, C. N., Bogaert, J., & Kankumbi, F. M. (2019). Tree diversity and structure on green space of urban and peri-urban zones: The case of Lubumbashi City in the Democratic Republic of Congo. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.008>
- Skovsgaard, J. P., Ols, C., & Mc Carthy, R. (2018). High-pruning of silver birch (*Betula pendula* Roth): work efficiency as a function of pruning method, pole saw type, slash removal, operator, pruning height and branch characteristics. *International Journal of Forest Engineering*, 29(2), 117-127. <https://doi.org/10.1080/14942119.2018.1462593>
- Velasco Bautista, E., Cortés Barrera, E. N., González Hernández, A., Moreno Sánchez, F., & Benavides Meza, H. M. (2013). Diagnóstico y caracterización del arbolado del bosque de San Juan de Aragón. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19), 102-111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i19.382>
- World Flora Online. (2025). *The WFO Plant List. Browse the WFO Plant List* [Data set]. Royal Botanic Gardens and the Missouri Botanical Garden. <https://wfoplantlist.org/>
- Yang, L., Ge, J., Cao, Y., Liu, Y., Luo, X., Wang, S., & Guo, W. (2024). Enhanced cooling efficiency of urban trees on hotter summer days in 70 cities of China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 41, 2259-2275. <https://doi.org/10.1007/s00376-024-3269-9>

Zhu, Z., Kleinn, C., & Nölke, N. (2021). Assessing tree crown volume—a review. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 94(1), 18-35. <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.