
Caracterización Morfométrica e Histológica de 5 Especies de Árboles en Vías de Alto Tráfico

Romero, Itzel

Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
itzel.romero@utp.ac.pa

Espinosa, Alex

Investigador Independiente
alexespinosa601@hotmail.com

Del-Rosario, Efrain

Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
efrain.delrosario@utp.ac.pa

Sarmiento, Aneth

Universidad Tecnológica de Panamá
CEMCIT – AIP
ORCID: 0009-0004-3840-6249

Abstract

Trees established in cities are exposed to environmental conditions that can negatively influence their development. The objective of this study is to characterize the morphology of trees in high pollution zones (ZACTV, abbr. in spanish) by means of their leaf structure and histological evaluations, compared to individuals of the same species established in low pollution zones (ZBCTV, abbr. in spanish), due to vehicular traffic. It was found that individuals of mahogany (*Swietenia macrophylla*, King) and oak (*Tabebuia rosea*, Bertol.) presented an increase in their leaf area in ZACTV compared to ZBCTV, in contrast to crespón (*Lagerstroemia speciosa*, L.) and panamá (*Sterculia apetala*, Jacq.). The correlation in both zones was statistically significant for oak and crespón, ($R^2 > 0.90$) showing a stable link between leaf area (cm^2), length and broad (cm); that correlation was low for mahogany and panama samples. Some histological images of ZBCTV samples are presented and will be compared with ZACTV samples to find differences that may indicate specific changes due to anthropogenic influences. In conclusion, changes in the leaf morphology of the trees have been observed as an effect of and adaptation to environmental stress, in the first months of sampling for this project. It is necessary to continue adapting collection and measurement

protocols to handle data that is more representative of what we seek to evaluate.

Keywords: morphology, urban forest, leaf, pollution, Panama City.

Resumen

Los árboles establecidos en ciudad están expuestos a condiciones ambientales que pueden influir negativamente en su desarrollo. El objetivo de este estudio es caracterizar la morfología de los árboles en zonas de alta contaminación (ZACTV) por medio de su estructura foliar y evaluaciones histológicas, confrontados a individuos de las mismas especies establecidas en zona de baja contaminación por tráfico vehicular (ZBCTV). Se encontró que los individuos de caoba (*Swietenia macrophylla*, King) y roble (*Tabebuia rosea*, Bertol.) presentaron un aumento en su superficie foliar en ZACTV frente a ZBCTV, contrario a los de crespón (*Lagerstroemia speciosa*, L.) y panamá (*Sterculia apetala*, Jacq.). Se comparó estadísticamente la correlación entre área foliar (cm²), largo y ancho de hojas (cm) en ambas zonas, resultando que roble y crespón presentan una estabilidad estadísticamente significativa ($R^2 > 0.90$), frente a caoba y panamá donde fue baja. Se presentan algunas imágenes histológicas de las muestras de ZBCTV que serán comparadas con ZACTV para hallar diferencias que puedan arrojar indicios de cambios específicos por las influencias antropogénicas. En conclusión, se han podido observar cambios en la morfología foliar de los árboles como efecto y adaptación al estrés ambiental, en los primeros meses de muestreo de este proyecto. Es necesario continuar adaptando los protocolos de colecta y medición para manejar datos más representativos de lo que se busca evaluar.

Palabras claves: morfología, bosque urbano, hoja, contaminación, Ciudad de Panamá.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques urbanos son aquellos conjuntos de árboles que encontramos dentro de las ciudades y pueden estar en parques, a orillas de las avenidas, en espacios donde han crecido naturalmente (lotes), cerca de edificios, entre otros [1].

Los árboles que viven en ciudad están expuestos a contaminación del aire, altas temperaturas, áreas pequeñas para su crecimiento, lo que provoca que su desarrollo no sea el óptimo [2]–[4]. Sin embargo, algunas especies han logrado adaptarse a estas condiciones logrando su supervivencia. En Latinoamérica y Europa, el estudio del bosque urbano va dirigido a entender el comportamiento y los factores que pueden influir en el desarrollo de los árboles como respuesta a niveles de contaminación. Variables como el área foliar, el polvo sobre las hojas, la cantidad de estomas, entre otras, son indicadores de la contaminación atmosférica que puede detectarse por medio de los árboles [5]–[7].

Este estudio se basa en comparar la estructura foliar a nivel macro y micrométrico de los árboles de especies previamente determinadas en zonas de alta y baja contaminación por tráfico vehicular.

2. MÉTODO

A. Zonas de estudio

El estudio se realiza en Ciudad de Panamá, República de Panamá, en los corregimientos de Bella Vista Viejo, Panamá Viejo y Betania; determinados como zona de alta contaminación por tráfico vehicular (ZACTV) comparado con la comunidad de Gamboa, provincia de Colón, como zona de baja contaminación por tráfico vehicular (ZBCTV). Durante los meses de Marzo a Septiembre de 2023, se realizó un inventario en ambas zonas tomando en cuenta una distancia de 15 metros de la vía hacia afuera, a ambos lados. Las especies de interés son: Panamá (*Sterculia apetala*), Caoba nacional (*Swietenia macrophylla*), Crespón (*Lagerstroemia speciosa*), Roble (*Tabebuia rosea*).

B. Mediciones Morfométricas Evaluaciones Macrométricas

- Área foliar (AF): Con la ayuda de varas de colecta y tijeras de podar, se colectaron 10 hojas de sol de 3-5 individuos en cada zona de muestreo, que cumplieran con las condiciones de especie y distancia de calle. El registro fotográfico se realizó con una cámara estándar de un iPad Pro-2020. Se utilizó el programa Image J para determinar el área foliar, largo y ancho de hoja por medio del registro fotográfico de cada hoja [8].
- DAP: Todos los árboles de las especies de interés con DAP > 10 cm se midieron con cintas diamétricas y se hizo un registro de su geolocalización, tanto en ZACTV como

en ZBCTV.

- **Altura:** Se tomó la altura total de todos los individuos considerados con un hipsómetro Nikon Forestry Pro, utilizando el sistema de 3 puntos, incluyendo este dato junto a la geolocalización.
- Para el análisis estadístico de datos se utilizó Microsoft Excel.

Evaluaciones Micrométricas

Las hojas fueron cortadas a mano libre (ápice, media y base) utilizando navajas de doble filo desechables; se escogieron los cortes más finos y se montaron en portaobjetos para luego ser teñidas con safranina y/o verde rápido. Posteriormente fueron observadas en un microscopio (Olympus BX41).

Para la observación de los estomas, se realizó un calcado de la superficie abaxial de las hojas, usando esmalte de uñas transparente sin aplicar tintes [9].

3. RESULTADOS

Del inventario en Ciudad de Panamá (ZACTV), 58% corresponde a roble, 28% a crespón; en contraste en Gamboa (ZBCTV) 46% es crespón y el 31% de roble, siendo en ambos sitios las especies con mayor presencia de individuos dentro de nuestra zona de interés. *S. apetala* en ZACTV representa un 3% y en ZBCTV un 2%, siendo la especie con menor presencia de individuos en la muestra (Figura 1).

Esto indica que la composición de la muestra del bosque urbano asociado a las calles en ambos sitios es diferente. En ambas zonas fue difícil encontrar suficientes individuos del árbol Panamá, basados en su distancia de la calle.



Figura 1. Porcentaje de individuos de la muestra por especie. Arriba: individuos muestreados en ZACTV; N=222. Abajo: individuos muestreados en ZBCTV; N=97.

Las evaluaciones macrométricas de la muestra indican que la especie con mayor diámetro en ZACTV lo presenta *S. macrophylla* de 91 a DAP > 101 cm con 7 individuos; *T. rosea* y *L. speciosa* mantienen una alta cantidad de individuos en rangos diamétricos de 10 a 50 cm y 10 a 40 cm, con 115 y 50 individuos respectivamente; *S. apetala* entre 21 a 30 cm con 2 (Figura 2).

Las alturas pueden variar a causa de la intervención: en ZBCTV se observó *T. rosea* hasta en rangos de 21 a 25 m, mientras que en ZACTV están entre 6 a 10 m. *S. macrophylla* mantiene individuos en ambas zonas de estudio con las mismas alturas alcanzando rangos de 41 a 45 metros, siendo una de las especies más homogéneas en esta variable. En el caso de *L. speciosa* la mayor cantidad de individuos alcanza 5-10 m en ZACTV, mientras que en Gamboa los individuos son típicamente más altos. Para la muestra de *S. apetala* los más altos se ubican en ZACTV en rangos de 11 a 20 m (Figura 2).

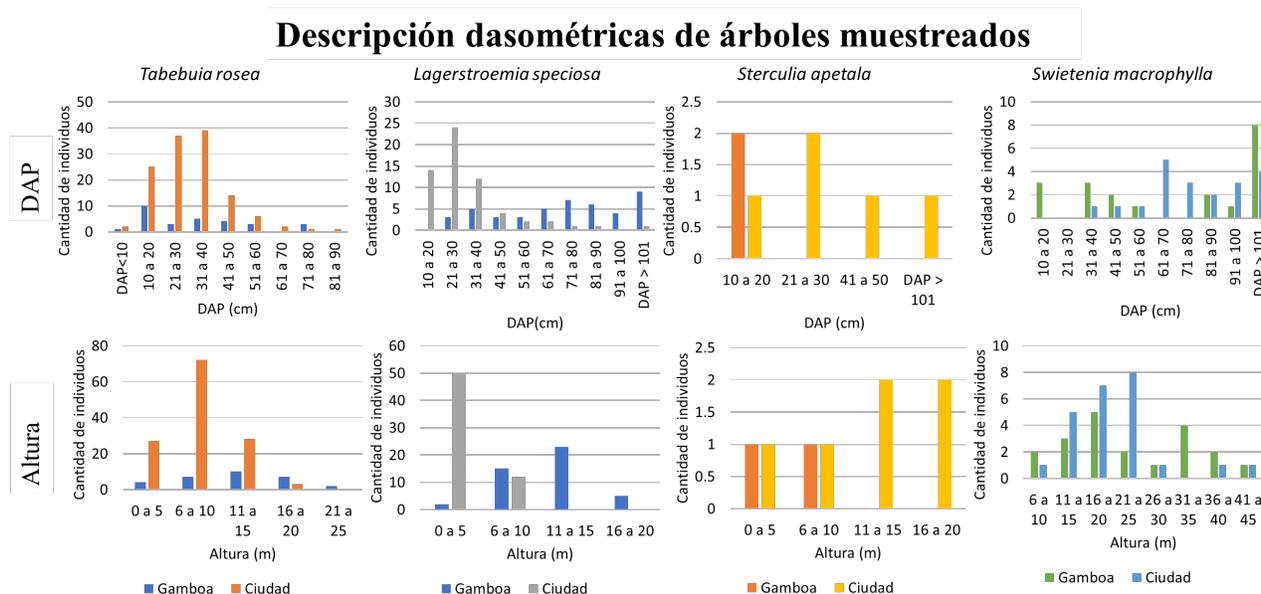


Figura 2. Distribución diamétrica y altura total de individuos muestreados por especie. Arriba. Distribución por clases diamétricas en ZACTV (Ciudad) y ZBCTV (Gamboa). Abajo. Distribución por rango de alturas por especie en ZACTV (Ciudad) y ZBCTV (Gamboa).

En cuanto a AF, dos especies presentaron hojas reducidas en zonas contaminadas, mientras que en las otras dos especies se observó un aumento. *S. macrophylla* se midió entre 116.52 y 911.52 cm²; $\bar{x}_{AF} = 442.89 \pm 244.7$ cm² en ZBCTV, mientras que 230.70 y 479.08 cm²; $\bar{x}_{AF} = 363.82 \pm 99.69$ cm² en ZACTV. Para *T. rosea* de 270.17 y 690.74 cm²; $\bar{x}_{AF} = 443.95 \pm 136.01$ cm² en ZBCTV, mientras que 153.60 y 625.70 cm² en ZACTV; $\bar{x}_{AF} = 318.56 \pm 120.36$ cm². En *L. speciosa*, en la ZBCTV se midió entre 119.30 y 268.60 cm²; $\bar{x}_{AF} = 185.43 \pm 37.15$ cm², mientras que 146.40 y 252.91

cm² en ZACTV; $\bar{x}_{AF} = 202.78 \pm 29.28$ cm². En *S. apetala* fue entre 332.11 y 820.91 cm² en ZBCTV; $\bar{x}_{AF} = 610.28 \pm 154.33$ cm², mientras que 302.02 y 703.75 cm² en ZACTV; $\bar{x}_{AF} = 484.50 \pm 116.03$ cm².

De manera interesante, resalta que de las especies con alto valor R² (*Tabebuia* y *Lagerstroemia*), una (*Tabebuia*) disminuye el valor promedio de área foliar en ZACTV mientras que la otra (*Lagerstroemia*) parece aumentarlo. Por el contrario, en las especies con R² <0.9, *Swietenia* y *Sterculia* parecen reducir su área foliar en función del promedio total, en zonas contaminadas por tráfico vehicular (aunque la varianza es muy alta). Sin embargo, el rango de los valores de ZACTV se incluye casi completo en las muestras de ZBCTV, para ambas especies.

Descripción del área foliar de los árboles muestreados

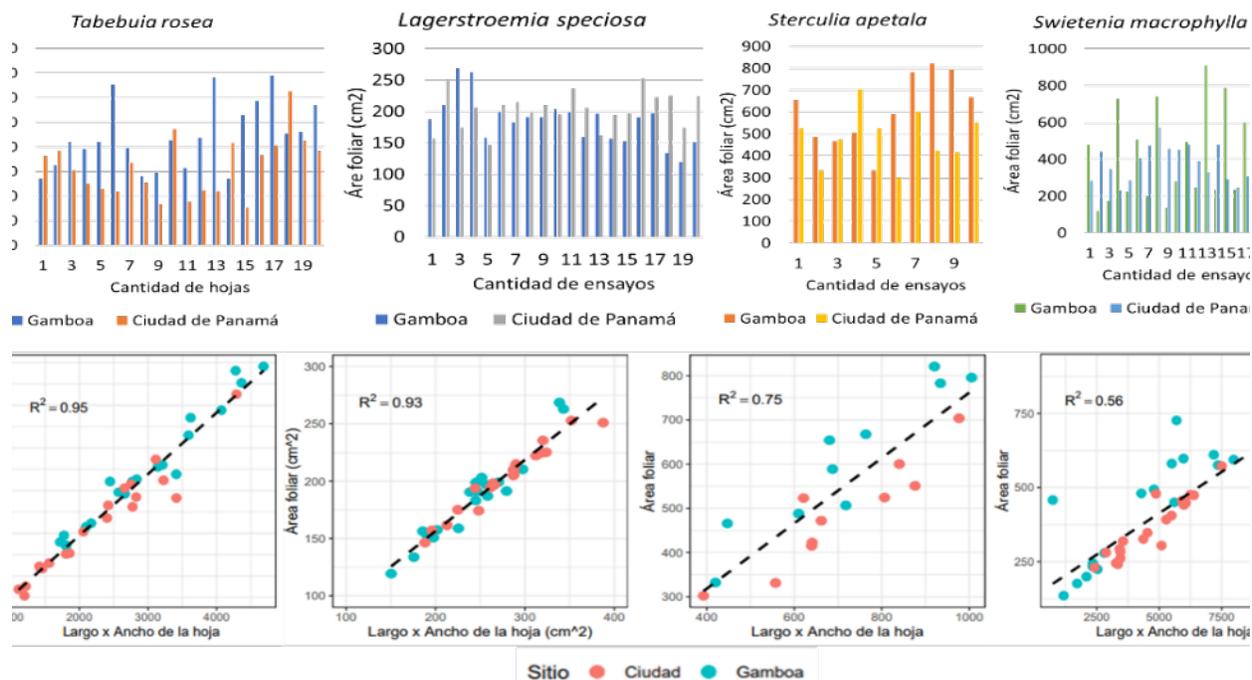


Figura 3. Comportamiento del área foliar (AF) por especie. Arriba. Comportamiento del AF por especie en ZACTV (Ciudad) y ZBCTV (Gamboa) utilizando el software Image J. Abajo. Análisis de regresión en relación con el AF utilizando el software Image J y el producto de largo por ancho; por especie en ZACTV (Ciudad) y ZBCTV (Gamboa).

El desarrollo interno de los tejidos vegetativos en la hoja de las cuatro especies estudiadas se evaluó utilizando evaluaciones micrométricas. Para ello, se realizaron cortes en fresco de hoja y se observó la composición de epidermis, parénquima, tejido de conducción y estomas (Figura 4). Para *T. rosea* se observó xilema, floema, médula, y estomas. En *S. apetala* y *L. speciosa* se observó estomas por el método de calcado. En *S. macrophylla* se observó epidermis, parénquima, xilema y colénquima.

Hasta este momento no se realizaron análisis de grosor de los tejidos vegetales ni análisis estadísticos correspondientes, pero se logró evaluar el protocolo necesario para tinción en fresco para cada una de las especies, de manera que sean visibles y diferenciables cada una de las estructuras típicas a analizar en profundidad posteriormente.

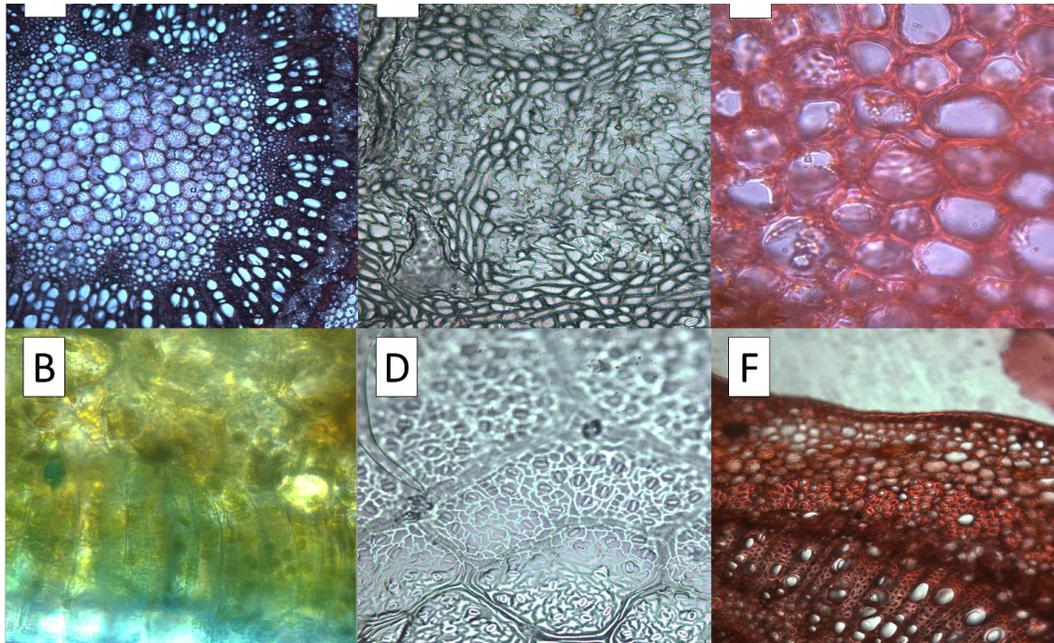


Figura 4. Imágenes al microscopio óptico de las especies muestreadas: *T. rosea* (A,E), *S. apetala* (D), *L. speciosa* (C), *S. macrophylla* (B, F). Hojas colectadas en ZBCTV. A. Corte transversal de peciolo. C, D. Estomas en la zona abaxial. B, E. Corte en el ápice. F. Corte en la base.

4. CONCLUSIONES

La composición de la muestra de árboles expuestos a contaminación por tráfico vehicular fue diferente en ambos sitios de estudio. Se logró observar características macrométricas diferenciales en varias especies, cuando se comparan ambos sitios. *L. speciosa* presenta mayor distribución en diferentes clases diamétricas ZBCTV, en contraste con *S. apetala* es la que menor distribución en clases diamétricas presenta en ambos sitios de estudio, sin embargo, se incluyeron muy pocos individuos de esta última especie, para generar resultados significativos. El área foliar de *S. macrophylla* y *T. rosea* presentó una aparente reducción, mientras que *L. speciosa* y *S. apetala* aumentó en la ZACTV, aún cuando las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas para todas las variables y/o especies. En el análisis por regresión el área foliar se muestra un $R^2 > 0.90$ en *T. rosea* y *L. speciosa*. En *S. apetala* y *S. macrophylla* se demuestra la necesidad de aumentar el muestreo para mejorar la exactitud en el análisis de los resultados. En las evaluaciones histológicas se logró observar epidermis, tejidos de sostén, tejido parenquimático y estomas. En general,

es necesario continuar adaptando los protocolos de colecta y medición para manejar datos más representativos de lo que se busca evaluar.

REFERENCIAS

- [1] MUPA, "GUÍA 3. MANEJO DEL BOSQUE URBANO," *Arborización de la Ciudad de Panamá*, vol. 3. Panamá, 2019.
- [2] M. Hernández, A. Arambarri, and L. Nughes, "Efectos de la contaminación ambiental en la hoja de *Celtis ehrenbergiana* (Celtidaceae) en la ciudad de La Plata (Argentina)," *Revista Forestal Yvyraeta*, vol. 23, pp. 30–40, 2016.
- [3] [E. R. Laffont, M. C. Godoy, E. Galdeano, J. M. Coronel, and C. Etcheverry, "ARBOLADO DE ESPACIOS VERDES DE LA CIUDAD DE CORRIENTES: RELEVAMIENTO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES, ASESORAMIENTO Y CAPACITACIÓN TÉCNICA," *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica*, vol. 2, pp. 129–137, 2015.
- [4] J. A. Rojas Méndez, "Evaluación del estado fitosanitario y de manejo de la vegetación arbórea y arbustiva del ornato en el casco urbano del municipio de Fortul, Arauca," Universidad Nacional Abierta y a Distancia - INAD, Cubara, 2022.
- [5] R. Anze *et al.*, "Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia," *REDESMA*, 2007.
- [6] [C. Egas, P. I. Naulin, and M. Préndez, "Urban pollution by particulate matter and its effect on morpho-Anatomical characteristics of four tree species in Santiago, Chile," *Informacion Tecnologica*, vol. 29, no. 4, pp. 111–119, Aug. 2018, doi: 10.4067/s0718-07642018000400111.
- [7] C. Urcelay, G. Robledo, F. Heredia, G. Morera, and F. García Montaña, *Hongos de la madera en el arbolado urbano de Córdoba*, 1st ed., vol. 1. Córdoba: Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, 2012.
- [8] T. N. Martin, G. M. Fipke, J. E. M. Winck, and J. A. Marchese, "ImageJ software as an alternative method for estimating leaf area in oats," *Acta Agron*, vol. 69, no. 3, pp. 162–169, 2020, doi: 10.15446/acag.v69n3.69401.
- [9] E. Romero-Romero, R. Sánchez, J. Sumich, Y. J. Añino, and O. R. Lopez, "VARIACIONES MORFOMÉTRICAS Y DENSIDAD ESTOMÁTICA EN HOJAS DE *Mangifera indica* BAJO CONDICIONES LUMÍNICAS CONTRASTANTES," *Tecnociencia*, no. 22, pp. 66–75, 2020.

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.