

Árboles de la cresta: caracterización y beneficios ambientales

Ridge trees: characterization and environmental benefits

Carlos Maestre ¹; Jorge Isaac Perén Montero ²,

¹ Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

² Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá.

¹ Maestrec35@gmail.com; ^{2,3b} jorge.peren@up.ac.pa

¹ <https://orcid.org/0009-0006-5069-0048>

² <https://orcid.org/0000-0003-4762-9255>

Fecha de recepción: 11 de diciembre de 2024

Fecha de aceptación: 20 de enero de 2025.

DOI <https://doi.org/10.48204/2710-7426.6856>



RESUMEN: Mediante esta investigación se realizó la caracterización arbórea y la valoración de sus ventajas ambientales del barrio La Cresta, en el corregimiento de Bella Vista, de la ciudad de Panamá. Los criterios evaluados para la caracterización comprenden el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura media, el área basal y foliar, además de la cobertura boscosa para los beneficios ambientales se evaluaron, la mitigación del cambio climático, las sombras y la calidad del aire. Los hallazgos indican que los árboles de la cresta proporcionan una variedad de servicios ecosistémicos, tales como la captura de 1139.07 toneladas de carbono, la optimización de la calidad del aire mediante el filtrado de 205.8 g/día de PM2.5 y la regulación térmica mediante 20,580.6 metros cuadrados de sombra. Pese al actual 4.06% de cobertura boscosa, se subraya la necesidad de incrementar esta proporción para optimizar los beneficios ecológicos y sociales, fomentando la sostenibilidad en contextos urbanos.

PALABRAS CLAVE: arborización urbana, captura de carbono, calidad del aire, regulación térmica, servicios ecosistémicos, sostenibilidad ambiental.

ABSTRACT: This research focused on the tree characterization and the assessment of their environmental benefits in the La Cresta neighborhood, situated in the township of Bella Vista, Panama City. The criteria evaluated for the characterization included the diameter at breast height, average height, basal and foliage area, as well as tree cover. For the environmental benefits, the evaluation included climate change mitigation, shade, and air quality. The findings indicate that the trees on the ridge provide a variety of ecosystem services, such as capturing 1139.07 tons of carbon, improving air quality by filtering 205.8 g/day of PM2.5, and regulating temperature through 20,580.6 square meters of shade. Despite the current 4.06% forest cover, the need to increase this proportion is emphasized to optimize ecological and social benefits, promoting sustainability in urban contexts.

KEYWORDS: air quality, carbon capture, ecosystem services, environmental sustainability, thermal regulation, urban arborization.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los árboles en áreas urbanas, también conocida como la “Silvicultura Urbana”, es una rama de estudio de la silvicultura que busca mejorar la calidad de vida de los habitantes en áreas urbanas y fortalecer sus entornos a través de la planificación y el cuidado responsable de los recursos arbóreos disponibles en dichas zonas[1]. Este enfoque busca maximizar los impactos positivos que la presencia de los

árboles tiene en estos contextos; tales como contribuir a la mitigación el cambio climático, mejorar la calidad del aire urbano y generan espacios verdes accesibles para toda la población que sean estéticamente placenteros[1], [2].

El bosque urbano de la ciudad de Nueva York está compuesto por aproximadamente 7 millones de árboles que cubren el 21% del área de dicha ciudad. Este sistema arbóreo les brinda a los ciudadanos de Nueva York beneficios

significativos como: la absorción de 1.2 millones de toneladas de carbono, la eliminación de 1.100 toneladas de contaminantes atmosféricos al año y la reducción del escurrimiento del agua[3].

Colombia ha logrado avances significativos en la silvicultura urbana, en Bogotá según su último censo arbóreo cuenta con 1,160,526 árboles, lo que equivale al 5.3% de cobertura arbórea en el área urbana[4].

En las últimas décadas en China se han producido avances notables en el campo de la silvicultura urbana; este avance se ha destacado especialmente en grandes ciudades como Beijing, donde su cobertura arbórea aumentó a un 19.38 %, con un incremento del 7.69 % entre el 2010 y 2019. Entre los beneficios obtenidos del aumento de la cobertura arbórea se encuentran: El embellecimiento de las ciudades, la reducción del calor urbano, la descontaminación del aire, promueven el bienestar físico y mental de los habitantes locales. Todo esto resalta el impacto positivo de implementar políticas de reverdecimiento en áreas urbanas extensas[5].

Para la literatura local acerca de la silvicultura urbana se tiene un informe de investigación publicado en FOBUR [6], La Ciudad de Panamá consta con un 21% de cobertura arbórea en toda su zona urbana. Sin embargo, el informe alerta sobre el impacto negativo de los procesos de densificación urbana que no son sostenibles ni verdes. En este contexto se resalta la importancia de implementar políticas sostenibles de gestión y planificación que prioricen la preservación y expansión del arbolado urbano, asegurando su contribución continua a la calidad de vida en la ciudad[6].

[7]llevo a cabo una investigación en los bosques urbanos de Margarita, Espinar y Davis de la provincia de Colón en Panamá donde se evaluó la diversidad y condición de los árboles presentes en el área. Se enfatiza el cuidado de los árboles aledaños a las zonas urbanas ya que el mal manejo de estos bosques ha creado riegos tanto para los árboles como para la comunidad que los rodea. Se identificaron 229 individuos con un alto valor de uso en riesgo[7].

Para el área local de bella vista, se realizó un plan de arborización por parte de la alcaldía de Panamá [8], en conjunto con estudiantes de ingeniería forestal de la Universidad de Panamá, donde se levantó un inventario arbóreo en 7 corregimientos de la ciudad de Panamá, incluyendo Bella vista, donde se encuentra el sector de La Cresta[8].

El propósito de esta investigación es examinar la arborización del barrio de La Cresta ubicado en el corregimiento de Bella Vista, Distrito de Panamá a través de una caracterización arbórea y una cuantificación de los beneficios ambientales que estos árboles proporcionan al contexto urbano.

2. CARACTERIZACIÓN ARBÓREA

La caracterización arbórea en silvicultura urbana es un proceso esencial para evaluar las características físicas, biológicas y funcionales de los árboles en un entorno urbano. Este procedimiento incluye la identificación de especies, el análisis de su estructura y la evaluación de su impacto ambiental en el área[9].

Aspectos clave que se consideran en una caracterización arbórea, de acuerdo con [9]:

- Identificación de Especies: Nombre científico y común, origen (nativo o exótico).
- Variables Estructurales: Altura del árbol, diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura del dosel
- Relación con el Entorno: Ubicación geográfica y función social o cultural.

3. BENEFICIOS AMBIENTALES

Los árboles en entornos urbanos proporcionan una gran variedad de ventajas medioambientales que resultan fundamentales para el bienestar de las ciudades y sus residentes[1], [2], [10]:

1. **Protegen los suelos:** los árboles y las plantas ayudan a prevenir la erosión al evitar que el agua arrastre la tierra fértil en exceso cuando llueve. En zonas sin vegetación que actúan como barrera natural contra el impacto directo del agua pluvial en el suelo se observa un aumento en los procesos erosivos y la pérdida progresiva de calidad del terreno.
2. **Mitigación del Cambio Climático:** Los árboles absorben dióxido de carbono y lo retienen en sus diferentes partes como hojas o ramas en forma de carbono para ayudar a disminuir los gases de efecto invernadero.
3. **Barreras naturales:** Los árboles ayudan a frenar la fuerza de los vientos intensos y a proteger tanto zonas urbanas como rurales de eventuales daños
4. **Provisión de Productos:** De los árboles se obtienen frutos, aceites, extractos, celulosa, madera y otros productos utilizados en industrias farmacéuticas, perfumeras, alimentarias y de construcción.
5. **Conservación de la biodiversidad:** Los árboles son el hogar y el refugio de una diversidad de seres vivos como insectos, aves, mamíferos y plantas; desempeñan un papel crucial en mantener la armonía de los ecosistemas.
6. **La regulación del clima:** en entornos urbanos se ve favorecido por la presencia de árboles que colaboran en la dispersión del calor mediante la transpiración y ofrecen sombra; factores que contribuyen significativamente al equilibrio térmico de las áreas

urbanas Gestión Hidrológica Urbana: En las ciudades, los árboles retienen agua durante lluvias intensas, reduciendo la escorrentía superficial y disminuyendo el riesgo de inundaciones.

- Mejora de la Calidad del Aire:** Los árboles filtran contaminantes atmosféricos, mejorando la calidad del aire. Mediante el área foliar es capaz de descontaminar las partículas finas como la PM_{2.5}.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudio

El área delimitada de La Cresta con ArcGis nos da un área aproximada de 506,610.08m². Ubicada en el corregimiento de Bella Vista, Distrito de Panamá.

Figura 1.

Delimitación del área de estudio. Fuente: Elaboración Propia utilizando SIG.



Figura 2.

Arborización del Área delimitada. Fuente: Elaboración propia utilizando SIG y datos del Plan de Arborización De la Alcaldía de Panamá.



4.2. Caracterización Arbórea

Para la caracterización arbórea se utilizó el inventario arbóreo del Plan de Arborización de la Alcaldía de Panamá [8].

4.2.1. Diámetro a la altura del pecho promedio

El diámetro a la altura del pecho (DAP), es una medida tradicional que se utiliza para calcular el tamaño de los árboles, y se calcula a 1,30 metros de altura desde el suelo [11].

$$D_a = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (1)$$

Donde:

D_a : Diámetro promedio.

D_i: Diámetro de cada árbol.

n: Número total de árboles medidos.

4.2.2. Altura promedio

$$H_a = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \quad (2)$$

Donde [11]:

H_x : Altura promedio.

H_i : Altura de cada árbol.

n: Número total de árboles medidos.

4.2.3. Área Basal

El **área basal (BA)** es la medida de la sección transversal de un árbol. Es un factor clave en el campo forestal ya que facilita la estimación de la densidad y el volumen de los árboles en una zona boscosa o parcela específica. Esta medida nos permite conocer la superficie que cubren los troncos de los árboles en las zonas urbanas [11].

$$BA = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3)$$

BA: Área basal del árbol (m²).

D: Diámetro a la altura del pecho (m).

4.2.4. Área Foliar

El **área foliar** es un aspecto fundamental en la silvicultura urbana que se refiere al área total cubierta por las hojas de un árbol o de una comunidad arbórea en particular. Es un elemento crucial para medir la fotosíntesis, el intercambio gaseoso, la transpiración y la productividad de los árboles en los entornos naturales [1].

$$A_f = \pi \cdot r^2 \quad (4)$$

Donde:

A_f = Área foliar

r² = Radio de la copa del árbol

4.2.5. Cobertura boscosa

Para el porcentaje de cobertura boscosa en toda el área de la cresta se utilizó la superficie foliar de los árboles y se hizo la relación con la extensión del área delimitada [11].

$$CB = \frac{\text{Área Foliar (AF, en m}^2\text{)}}{\text{Extensión Urbana (EU, en m}^2\text{)}} \quad (5)$$

4.3. Beneficios Ambientales

Los beneficios ambientales que se pudieron calcular a partir del inventario arbóreo son: la mitigación del cambio climático en términos de captura del carbono y almacenado en los árboles, las sombras que proveen las sombras disminuyendo la temperatura en esas áreas y la mejora de calidad de aire mediante el área foliar de los árboles en términos de la deposición de los contaminantes PM_{2.5} [1].

4.3.1. Captura del Carbono

Para el cálculo de la captura de carbono se utilizan ecuaciones alométricas, para la estimación de la biomasa [10].

$$\text{Biomasa} = a \cdot D^b \quad (6)$$

Donde:

a: Constante específica de la especie.

D: Diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros.

b: Exponente que describe la relación entre el diámetro y la biomasa.

Una vez que se estima la biomasa, se puede calcular el **carbono** almacenado en el árbol. Generalmente, se considera que el carbono constituye el **50%** de la biomasa.

$$\text{Carbono} = 0.5 \cdot \text{Biomasa}$$

4.3.2. Sombras

Las sombras son estimadas con el área foliar.

4.3.3. Mejora de la calidad del aire

Para la mejora de la calidad del aire, se calcula mediante la fórmula [1]:

$$DPM_{2.5} = AF \times D \quad (7)$$

Donde:

DPM_{2.5} = Descontaminación del PM_{2.5} (g/día)

AF = Área foliar del árbol (m²)

D = Tasa de deposición del contaminante (g/m²/día)

4.4. Comparaciones de Coberturas Boscosas

Se realizó una comparación de las coberturas boscosas de grandes ciudades con respecto a La Cresta.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterización Arbórea

Variable	Valor
Diámetro promedio	44.9 cm
Altura promedio	9.2 m
Área Basal	54.9 m ²
Área Foliar	20580.6 m ²
Cobertura boscosa	4.06%

Tabla 1. Variables y valores de la caracterización arbórea.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Beneficios Ambientales

5.2.1. Captura del Carbono

El almacenamiento de carbono en los árboles de la cresta se estima en **1139.07tn**, si existiera un mercado de carbono en Panamá, se puede hacer la valoración económica de este carbono capturado a una razón de 10\$/tn el cual equivale a **11390.70\$ dólares americanos**.

5.2.2. Sombras

El área foliar estimada equivale a **20,580.6 m²** eso significa que en esa superficie dentro de la cresta provee sombra y por consiguiente una rebaja de temperatura en esa área.

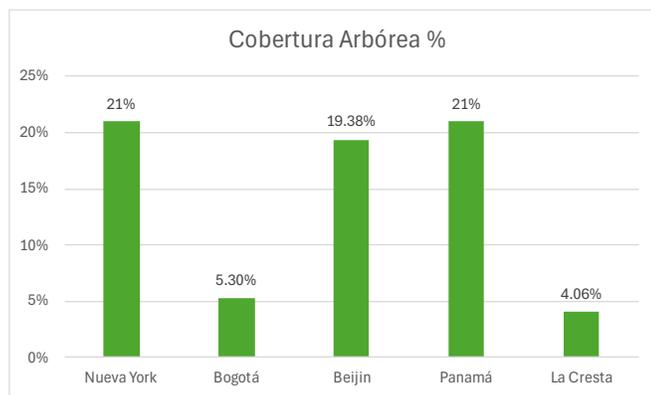
5.2.3. Mejora de la calidad del aire

Los árboles de la cresta mediante su copa y sus procesos fotosintéticos filtran **205.8 g/día** de PM2.5.

5.3. Comparaciones de Coberturas boscosas.

Figura 3.

Comparación de coberturas arbóreas con distintas ciudades



6.DISCUSIONES

Esta investigación describe característicamente la arborización de La Cresta y crea una base para diseños urbanos más sostenibles, con los datos obtenidos se pueden tomar mejores decisiones acerca de la arborización urbana en estos corregimientos, al saber su crecimiento morfológico. Al tener estos registros se pueden evidenciar las contribuciones significativas de estos árboles en términos de captura de carbono, regulación térmica y mejora de la calidad del aire.

Independientemente de los resultados obtenidos, todos los beneficios obtenidos son de gran valor si los comparamos con zonas urbanas que no tienen arborización alguna, esto resalta la importancia de la integración arbórea en espacios urbanos. No obstante, para maximizar estos beneficios, se requiere una planificación estratégica interdisciplinaria la cual, aumente la densidad arbórea y promueva una gestión sostenible del recurso arbóreo. Para esto, se puede enfatizar en la valorización económica de los servicios ecosistémicos, como el carbono almacenado, para incentivar políticas de conservación y expansión de áreas verdes urbanas.

Al comparar las coberturas arbóreas con otras ciudades observamos que la ciudad de Panamá se encuentra a la par con ciudades como Nueva York y por encima de ciudades como Bogotá. El estudio realizado por [6] no se consideraron las reservas forestales como el parque soberanía y el parque metropolitano para el cálculo de la cobertura arbórea, si se incluyeran la cobertura arbórea de la ciudad de Panamá sería mucho mayor, pero, este resultado es más certero cuando se analiza la cobertura arbórea en zonas urbanas. Hay que considerar también la metodología empleada por [6] se basó en utilizar imágenes satelitales con Sistemas de Información Geográficos (SIG) y realizar una clasificación del uso del suelo. Uno de los problemas de esta metodología es que, la clasificación del uso del suelo considera todo lo verde como área boscosa, aquí se pueden incluir gramas, pastos y pajas, hasta jardines y canchas sintéticas. Adicionalmente es muy complicado medir profundidades pequeñas con los SIG, así que identificar un árbol es muy impreciso. Sin embargo, esta es una metodología aceptada en la literatura. Una metodología más precisa y certera sería con tecnología LiDAR, que son drones con láseres muy precisos capaces de medir profundidades y describir la morfología de un árbol. También la metodología empleada en esta investigación es precisa, utilizando el área de las copas medidas.

7.CONCLUSIONES

Este registro de los árboles revela que aquellos situados en La Cresta presentan un diámetro promedio a la altura del pecho de 44.9 cm y una altura promedio de 9.2m, lo cual sugiere un desarrollo saludable en este entorno urbano específico. Se cuantifico que la cresta tiene:

- Tiene 219 árboles (New York en un área 2415 veces mayor tiene 7 millones). Estas dimensiones dan lugar a una significativa área foliar total de 20580.60m² y contribuyen a una cobertura arbórea del 4.06% a pesar de representar un porcentaje relativamente modesto en términos absolutos; este indicador resulta fundamental para los servicios que brinda a el ecosistema urbano.
- Los árboles de la cresta capturan 1139 de toneladas de CO₂; y absorben 205.8 g/día cantidad de PM2.5

En cuanto a los beneficios para el medio ambiente, el almacenamiento estimado de 1139 toneladas de carbono resalta la importancia crucial de estos árboles en la lucha contra el cambio climático. Además, la amplitud de las hojas contribuye al alivio del calor al proporcionar sombra en áreas significativas, mejorando las condiciones microclimáticas locales.

La capacidad para purificar el aire, capturando 205 gramos al día de partículas PM_{2,5}, subraya la importancia crucial de la vegetación urbana en promover entornos más saludables. Sin embargo, los hallazgos también indican la importancia de incrementar el número de árboles en la región superior, ya que

el porcentaje actual limita el potencial impacto de los posibles beneficios ecológicos.

Una mayor inversión en programas de reforestación podría potenciar los servicios ofrecidos por el ecosistema y reforzar la capacidad de adaptación al cambio climático en la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. J. Nowak y J. F. Dwyer, “Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems”, en *Urban and Community Forestry in the Northeast*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2007, pp. 25–46. doi: 10.1007/978-1-4020-4289-8_2.
- [2] D. J. Nowak, S. Hirabayashi, A. Bodine, y E. Greenfield, “Tree and forest effects on air quality and human health in the United States”, *Environmental Pollution*, vol. 193, pp. 119–129, oct. 2014, doi: 10.1016/j.envpol.2014.05.028.
- [3] D. J. Nowak *et al.*, “The Urban Forest of New York City”, 2018. doi: 10.2737/NRS-RB-117.
- [4] G. Tovar-Corzo, “Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia”, *Revista Bitácora Urbano Territorial*, vol. 22, núm. 1, pp. 119–136, 2013, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74829048012>
- [5] X. Zhang *et al.*, “Mega-cities dominate China’s urban greening”, jun. 2023, doi: 10.21203/rs.3.rs-3121244/v1.
- [6] N. A. Espino, B. Leung, C. Steeves, y S. Varadarajan, “La cobertura de árboles de la Ciudad de Panamá: Cuantificación, comparaciones internacionales y perspectivas.”, *Foro y Observatorio Urbano de Panamá (FOBUR)*, ago. 2021.
- [7] A. V. Zuñiga, F. Farnum Castro, y V. Murillo Godoy, “Comparación Del Estrato Arbóreo En Fragmentos De Bosques Urbanos De Margarita, Espinar Y Davis, Provincia De Colón, República De Panamá”, *Scientia*, vol. 31, núm. 1, pp. 17–37, ene. 2021, doi: 10.48204/j.scientia.v31n1a2.
- [8] Alcaldía de Panamá, Dirección de Gestión Ambiental, y Universidad de Panamá, “Plan de Arborización”, <https://geomupa.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=0049146d3e904d209b5f7dc9c3f49ea3>.
- [9] D. A. Pucha-Cofrep *et al.*, “Caracterización florística y estructura del arbolado urbano de la ciudad de Loja”, *Bosques Latitud Cero*, vol. 13, núm. 2, pp. 1–22, jul. 2023, doi: 10.54753/blc.v13i2.1886.
- [10] D. J. Nowak y D. E. Crane, “Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA”, *Environmental Pollution*, vol. 116, núm. 3, pp. 381–389, mar. 2002, doi: 10.1016/S0269-7491(01)00214-7.
- [11] P. W. West, *Tree and Forest Measurement*. Cham: Springer International Publishing, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-14708-6.