

IMPACTO DEL ARBOLADO URBANO EN LA CALIDAD DEL AIRE DE BARRIOS URBANOS DE LA CIUDAD DE MANTA, ECUADOR

IMPACT OF URBAN TREES ON AIR QUALITY IN URBAN NEIGHBORHOODS OF THE CITY OF MANTA, ECUADOR

Yajhaira Vanessa Romero Añazco¹, Paola Stefania Pardo Reyes², Rodrigo Paúl Cabrera Verdesoto³, Cesar Alberto Cabrera Verdesoto⁴

{yajhaira.romero@unesum.edu.ec¹, paola.pardo@unesum.edu.ec², rodrigo.cabrera@unesum.edu.ec³, cesar.cabrera@unesum.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 09/12/2024

/ Fecha de aceptación: 03/01/2025

/ Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: La calidad del aire dentro de zonas urbanas se ha convertido en una inminente preocupación por los impactos agravantes en la salud y en el medio ambiente. En la ciudad de Manta la expansión urbana es creciente y con ello la disminución de las áreas verdes. Ante esto, el presente estudio tiene como objetivo principal la evaluación del impacto del arbolado urbano en la calidad del aire de cinco barrios urbanos de la Ciudad de Manta. El estudio fue de tipo no experimental con un enfoque descriptivo ya que se analizan las características que tiene el arbolado urbano y sus principales impactos. Para ello se seleccionaron 5 barrios de la zona: La Revancha, Urbirrios I, San Juan, La Chacra y Villa Nueva del Bosque, se realizó un inventario forestal para identificar las especies arbóreas predominantes y paralelamente a ello se realizó un análisis de la calidad del aire que evaluaron los niveles de partículas suspendidas (PM2.5 y PM10). Los datos obtenidos de las mediciones fueron analizados estadísticamente con la finalidad de establecer una relación entre la densidad arbórea y la reducción de contaminantes. Como principales resultados encontramos la disminución del 37% de partículas suspendidas en áreas con mayor cobertura vegetal a diferencia de área con poca densidad, especies como *Albizia saman*, *Mangifera indica* y *Ficus benjamina* destacaron por su alta capacidad de captura de partículas siendo resilientes y mejorando la sostenibilidad ambiental de estos sectores, creando espacios urbanos de calidad. Se concluye que el arbolado urbano tiene un impacto altamente positivo en función a la calidad del aire y el bienestar urbano.

Palabras clave: Arbolado, contaminación, polución, partículas suspendidas

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Forestal, <https://orcid.org/0009-0008-6312-4875>.

²Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Ambiental, <https://orcid.org/0000-0002-8844-0662>.

³Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Ambiental, <https://orcid.org/0000-0002-9560-5795>.

⁴Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Forestal, <https://orcid.org/0000-0001-5101-3520>.

ABSTRACT: Air quality in urban areas has become an imminent concern due to the aggravating impacts on health and the environment. In the city of Manta, urban expansion is increasing and with it the decrease in green areas. In view of this, the main objective of this study is to evaluate the impact of urban trees on the air quality of five urban neighborhoods in the city of Manta. The study was non-experimental with a descriptive approach since the characteristics of urban trees and their main impacts are analyzed. For this purpose, 5 neighborhoods in the area were selected: La Revancha, Urbirrios I, San Juan, La Chacra and Villa Nueva del Bosque. A forest inventory was carried out to identify the predominant tree species and, in parallel, an air quality analysis was carried out that evaluated the levels of suspended particles (PM2.5 and PM10). The data obtained from the measurements were statistically analyzed in order to establish a relationship between tree density and the reduction of pollutants. The main results were a 37% decrease in suspended particles in areas with greater vegetation cover compared to areas with low density. Species such as *Albizia saman*, *Mangifera indica* and *Ficus benjamina* stood out for their high particle capture capacity, being resilient and improving the environmental sustainability of these sectors, creating quality urban spaces. It is concluded that urban trees have a highly positive impact on air quality and urban well-being.

Keywords: Trees, contamination, pollution, suspended particles

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la contaminación atmosférica es un problema creciente, el crecimiento urbano acelerado ha generado gran disminución en la calidad del aire por varios factores como el aumento del tráfico, industrialización, limitadas áreas verdes y diferentes actividades antrópicas que contribuyen al impacto ambiental.

Por ello, en la búsqueda de acciones eficaces contra este tipo de contaminación, se ha demostrado que el arbolado urbano juega un papel crucial en la captura de partículas finas. Un ejemplo destacado de este efecto es el caso de la ciudad de Concepción, Chile, donde se ha estimado que un parque urbano con un adecuado sistema de árboles podría llegar a eliminar aproximadamente 4.52 kg de PM2.5 al año (1).

Este dato subraya la importancia de planificar y mantener espacios verdes como una estrategia clave para mitigar los efectos de la contaminación ambiental en áreas urbanas densamente pobladas. Además, estudios recientes han mostrado que los árboles actúan como filtros naturales, atrapando partículas suspendidas en el aire, lo que contribuye significativamente a la mejora de la calidad del aire (2).

La importancia de esta estrategia también es respaldada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece que la exposición a altos niveles de PM2.5 está íntimamente relacionada con problemas de salud. En particular, estas partículas finas se asocian con un aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en personas

de cualquier edad, incluidas las más vulnerables, como los niños y los adultos mayores (3).

La OMS subraya que la implementación de arbolado urbano no solo ayuda a reducir los niveles de contaminantes atmosféricos, sino que también contribuye a mitigar los efectos del cambio climático mediante la absorción de dióxido de carbono (CO₂) y la regulación de las temperaturas urbanas (4). En este sentido, ciudades como Nueva York y Londres han implementado programas para expandir sus áreas verdes, destacando el impacto positivo del arbolado urbano en la salud pública y el medio ambiente (5).

En ciudades costeras de Ecuador, se han realizado estudios que destacan la importancia de preservar y ampliar los espacios verdes para cumplir con estándares internacionales, como los de la Organización Mundial de la Salud, que recomiendan un mínimo de 9 m² de espacio verde por habitante. Estas áreas no solo ayudan a capturar contaminantes, sino que también favorece la conservación de la biodiversidad y el bienestar comunitario (6).

Estas áreas verdes desempeñan un papel fundamental en la captura de contaminantes atmosféricos, actuando como sumideros naturales de partículas en suspensión y gases como el dióxido de carbono (CO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) (7). Además, los espacios verdes no solo ayudan a mejorar la calidad del aire, sino que también favorecen la conservación de la biodiversidad al proporcionar hábitats críticos para diversas especies, especialmente en regiones urbanas donde los ecosistemas naturales son fragmentados o están amenazados (8).

El impacto positivo de estas áreas también se extiende al bienestar comunitario, ya que diversos estudios han mostrado que el acceso a espacios verdes está asociado con una mejora en la salud mental y física de las personas (9). En ciudades costeras como Manta, estas áreas también contribuyen a la resiliencia frente a los efectos del cambio climático, al regular las temperaturas locales y mitigar el efecto de isla de calor urbana (10). La integración de estrategias de planificación urbana que incluyan la creación y el mantenimiento de espacios verdes resulta esencial para garantizar ciudades más sostenibles y saludables, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas (11).

Lo que establece que, el arbolado urbano desempeña un papel fundamental en la reducción de la contaminación del aire, ya que no solo absorbe contaminantes presentes en las ciudades, sino que también generan servicios ecosistémicos como sombra, confort térmico y bienestar general.

Las ciudades verdes mejoran la calidad del aire y reduce los riesgos para la salud, por ello el objetivo de esta investigación es evaluar el Impacto del Arbolado Urbano en la Calidad del Aire de Barrios Urbanos de la Ciudad de Manta, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La presente investigación es de tipo no experimental con un alcance descriptivo ya que se analizan las características que tiene el arbolado urbano y sus principales impactos. Para ello se seleccionaron 5 barrios de la zona: La Revancha, Urbirrios I, San Juan, La Chacra y Villa Nueva del Bosque, los cuales se mantienen bajo los siguientes criterios:

Dimensión poblacional

Presencia de monitoreo constantes de contaminantes del aire

Implementación de áreas verdes

Porcentaje de áreas verdes por habitante.

Inventario forestal

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un censo poblacional de especies arbóreas en las áreas antes mencionadas que responden a espacios públicos dominados por vegetación. La información fue recolectada en el mes de abril del 2024, para ello se registraron variables dendrométricas como el diámetro de la base del árbol (DAP) con una cinta métrica; altura total (h).

Muestreo de aire

Para el muestreo se dividió cada uno de los barrios en dos zonas: área con alta densidad de árboles (>50 árboles/ha) y área sin cobertura arbórea significativa, ambas zonas deben mantenerse alejados de las fuentes de emisión como tráfico vehicular, industrias entre otros. Para los monitoreos portátiles se utilizó un sensor de marca Sensirion modelo SPS30 para (PM2.5 y PM10) y sensores de gases (CO2 y NOx). El monitoreo se mantuvo durante 45 días consecutivos en períodos matutinos (7:00-9:00) y vespertinos (17:00-19:00).

Análisis estadístico

El cálculo de la densidad arbórea se midió por el número de árboles por hectárea, mientras que las concentraciones promedio de contaminantes en los puntos de muestreo. Bajo estos indicadores se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (r) que nos permite determinar la correlación entre el arbolado urbano y la calidad del aire. (12).

Manteniendo la siguiente función:

$r > 0$: Relación positiva (a mayor densidad arbórea, mayor concentración de contaminantes).

$r < 0$: Relación negativa (a mayor densidad arbórea, menor concentración de contaminantes).

$r=0$: No hay relación.

RESULTADOS

Inventario forestal

Dentro de las cinco zonas estudiadas se presentaron 352 individuos de diversas edades y distribuidos en 6 familias, la familia más representativa fue la Fabaceae con cuatro especies y Moraceae con 2 especies.

Tabla 1. Inventario forestal.

Nombre común	Nombre científico	Familia	N° de individuos
Acacia amarilla	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	Fabaceae	12
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Mimosaceae	43
Cascol	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Fabaceae	3
Ficus o falso laurel	<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	24
Guayaba de machete	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Fabaceae	4
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	18
Matapalo	<i>Ficus jacobii</i> Vázq. Avila	Moraceae	16
Nim, Neen	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Meliaceae	218
Samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	8
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	6

En la Tabla 1 las especies con mayor abundancia encontradas fueron *Azadirachta indica* (Neem) con 218 individuos y *Prosopis juliflora* (Algarrobo) con 43 individuos, mientras que especies como *Caesalpinia pulcherrima* (Cascol) y *Carica papaya* (Papaya) fueron los que mantuvieron una menor abundancia con individuos entre 3 y 6 individuos, respectivamente.

Estableciendo un patrón que se denomina resiliente, ya que las especies con mayor funcionalidad mantienen también el mayor número de individuos como es el Neem y el Samán, ya que estas son conocidas por su capacidad para absorber contaminantes en el aire permitiendo mejorar las condiciones urbanas adversas.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que también que existen especies nativas como es el caso del Cascol que no se encuentran en gran volumen, limitando la importancia de fomentar especies locales para equilibrar la biodiversidad y a su vez engrandecer los beneficios ecosistémicos y la sostenibilidad urbana bajo la percepción ecosistémica.

Posterior a conocer las principales especies arbóreas del área de estudio se procedió a realizar el análisis de la calidad del aire, esta evaluación nos permitió verificar los niveles de contaminación del aire y sus principales contaminantes, estableciendo que ninguno de las zonas analizadas refleja una contaminación grave, formando a su vez una correlación eficaz en los datos analizados.

El promedio de nivel de contaminación del aire en la Ciudad de Manta fue:

Tabla 2. Nivel de contaminación en el aire.

Nivel de contaminación del aire	Índice de calidad de aire	Contaminante principal
Moderado	58* ICA +US	PM2.5

La concentración de PM2,5 en Manta es actualmente 2.6 veces superior al valor guía anual de calidad del aire de la OMS

Bajo esta percepción hay que resaltar que a pesar de que los niveles de PM2.5 no son lo bastante altos como para causar un daño grave en la salud de la población en general, hay que tomar en consideración que existe un porcentaje de población vulnerable o individuos sensibles que pueden verse afectados por este tipo de contaminación, sin mencionar a la avifauna y especies silvestres que pueden estar haciendo uso de los servicios ecosistémicos que estos árboles urbanos pueden ofrecerles.

Correlación de Pearson

La correlación de Pearson nos permitió identificar patrones y relaciones entre variables establecidas en el estudio, lo que permite la propuesta de estrategias para mitigar los efectos negativos y buscar políticas públicas que utilicen el arbolado urbano como solución sostenible, en función a lo mencionado se aplicó el índice donde reemplazando los valores obtenemos:

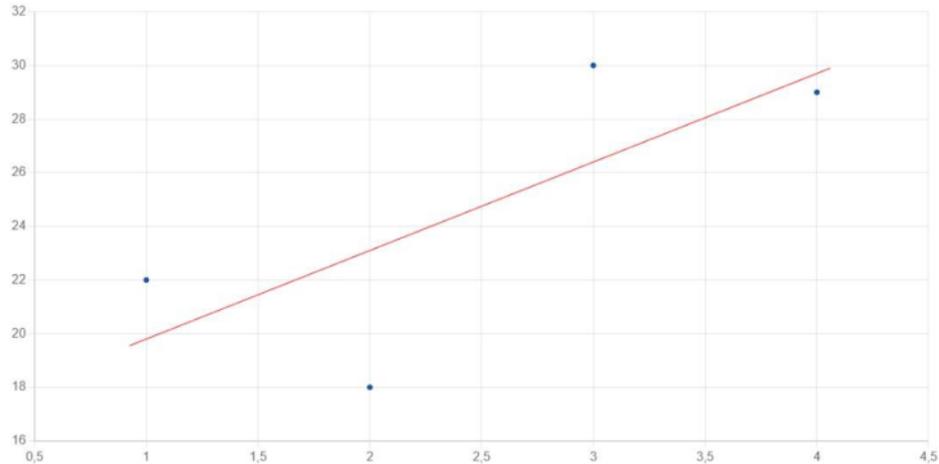


Figura 1. Correlación de Pearson.

$$S_x = 180 - 124(60) = 30$$

$$S_y = 15294 - 124(594) = 592.5$$

$$S_{xy} = 1584 - 124(60)(594) = 99$$

$$r = \frac{30 \times 592.5}{99} = 0.7426$$

El coeficiente de correlación de Pearson = 0.7426, establece que mantiene una correlación fuerte dado que el valor de r también fue positivo, indicando una relación positiva entre las variables (el desarrollo del arbolado urbano con la calidad del aire de los habitantes asociando un crecimiento en la variable estudiada).

Hay que tomar en consideración que la relación del arbolado con la reducción de la contaminación atmosférica varía en función de la capacidad de los árboles en capturar contaminantes y partículas suspendidas como (PM2.5 y PM10), dióxido de nitrógeno (NOx), y dióxido de carbono (CO2), por ello se debe establecer que los árboles tomados en cuenta sean de significancia alta para la disminución de contaminantes mejorando así la calidad del aire.

Impacto del arbolado en la reducción de contaminantes

El impacto que ha tenido el arbolado urbano dentro de la ciudad de Manta, puntualmente en las áreas estudiadas con alta densidad de árboles, se constató que la concentración de PM2.5 disminuyó un 22%, mientras que el PM10 se redujo un 18%. Los niveles de CO2 y NOx fueron un 15% más bajos en comparación con áreas sin árboles.

Se establecieron las especies a partir del inventario con mayor nivel de captación de contaminantes y se destaca lo siguiente:

Tabla 3. Especies arbóreas y su nivel de captación.

Nombre común	Nombre científico	Nivel de captación de contaminantes
Acacia amarilla	<i>Caesalpinia pluviosa DC.</i>	Moderadamente eficiente
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora (Sw.) DC.</i>	Moderadamente eficiente
Cascol	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Baja eficiencia
Ficus o falso laurel	<i>Ficus benjamina L.</i>	Altamente eficiente
Guayaba de machete	<i>Inga spectabilis (Vahl) Willd.</i>	Baja eficiencia
Mango	<i>Mangifera indica L.</i>	Altamente eficiente
Matapalo	<i>Ficus jacobii Vázq. Avila</i>	Moderadamente eficiente
Nim, Neen	<i>Azadirachta indica A. Juss</i>	Altamente eficiente
Samán	<i>Samanea saman (Jacq.) Merr.</i>	Altamente eficiente
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Baja eficiencia

Los datos muestran que los árboles grandes, como *Mangifera indica* y *Ficus benjamina L.*, *Azadirachta indica A. Juss* y *Samanea saman (Jacq.) Merr.* fueron los que tuvieron un mayor efecto en la captación de contaminantes. Los barrios con mayor cobertura arbórea presentaron una reducción significativa en los contaminantes atmosféricos:

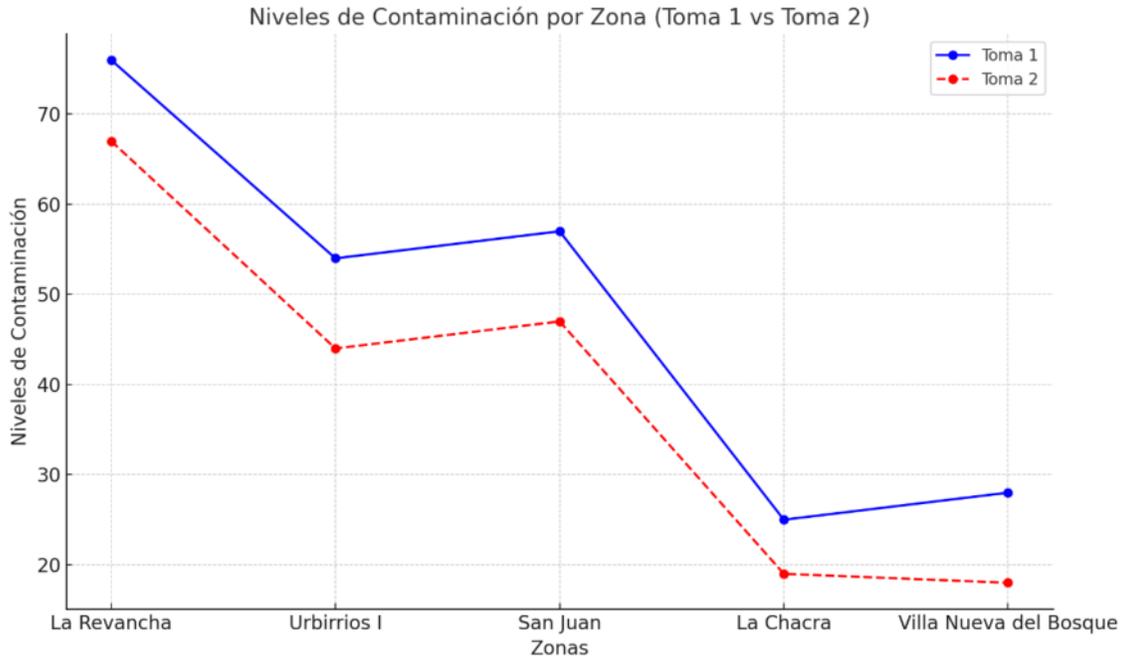


Figura 2. Niveles de contaminación.

Estableciendo que los niveles de contaminación en función a contaminantes PM2.5 y PM10 disminuyeron un 37% y 32%, respectivamente, en la Chacra en comparación con la Revancha, ya que esta zona es muy transitada dentro de la ciudad en función a CO2 y NOx mostraron reducciones del 14% y 12%, respectivamente.

DISCUSIÓN

Dentro de las cinco zonas estudiadas se presentaron 352 individuos de diversas edades y distribuidos en 6 familias, la familia más representativa fue la Fabaceae con cuatro especies y Moraceae con 2 especies, Comparando esto con varios estudios relacionados a inventarios forestales urbanos, la familia Fabaceae siempre suele destacar por su presencia y abundancia en entornos urbanos. Ejemplo de ello encontramos el estudio realizado en el Bosque de San Juan de Aragón en ciudad de México, donde se registró un alto índice de valor de importancia (IVI) para la familia Fabaceae (14.99%) entre otras familias, reflejando la relevancia de esta familia en los espacios urbanos de la ciudad (13).

La concentración de PM2,5 en Manta es actualmente 2.6 veces superior al valor guía anual de calidad del aire de la OMS, a pesar de que la concentración no es altamente relativa la exposición prolongada o repetida a niveles moderados de PM2.5 puede incrementar el riesgo de enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares (14). Tal como lo indica Rodríguez en un estudio aplicado en ciudades de América Latina, donde se encontró una

correlación significativa entre las concentraciones de contaminantes y las enfermedades respiratorias en poblaciones vulnerables, como niños y ancianos (15).

Por ello las guías de la OMS señalan que los niveles de PM_{2.5} superiores a los recomendados están estrechamente relacionados con un aumento de la mortalidad prematura y enfermedades crónicas (16), lo que subraya la necesidad de implementar políticas de reducción de la contaminación atmosférica en áreas urbanas como Manta.

Según un estudio realizado en Colima, México, especies como *Ficus benjamina* y *Mangifera indica* fueron responsables de eliminar grandes cantidades de contaminantes, destacándose por su alta eficiencia en la retención de partículas y gases nocivos (17).

A su vez en otro estudio se estableció un análisis en la ciudad de Concepción, Chile, utilizando el software I-Tree Eco, donde reveló que los árboles urbanos del Parque Ecuador eliminaron aproximadamente unos 4.52 kg de PM_{2.5} al año siendo una cantidad realmente considerable, sin mencionar la captura de carbono y la reducción de la presencia de compuestos orgánicos volátiles (18).

Este resultado nos enmarca la importancia del arbolado en áreas urbanas densamente contaminadas y que pueden ser un peligro para los habitantes de esa zona.

Adicionalmente, estudios realizados en Córdoba, Argentina, plantearon el uso del Índice de Tolerancia a la Contaminación Atmosférica (APTI) con la finalidad de evaluar la capacidad de diversos individuos arbóreos para mitigar contaminantes. Se determinaron especies que presentan buena tolerancia y capacidad de purificación (19).

En función a eso, los resultados reflejan que el coeficiente de correlación de Pearson = 0.7426, establece que mantiene una correlación fuerte dado que el valor de r también fue positivo, indicando una relación positiva entre las variables (el desarrollo del arbolado urbano con la calidad del aire de los habitantes asociando un crecimiento en la variable estudiada).

Estableciendo que el arbolado urbano no solo genera bienestar y calidad del aire si no también ofrece servicios ecosistémicos colaterales como confort térmico y reducción de enfermedades respiratorias a personas de todas las edades. Tomar en cuenta esto puede ayudar estratégicamente a la incorporación de nuevas políticas públicas que sean amigables al medio ambiente.

En congruencia con esto un estudio en São Paulo, Brasil, muestra que el uso de árboles urbanos para reducir la concentración de PM_{2.5} y PM₁₀ es efectivo, con algunas especies de árboles mostrando una capacidad significativa para reducir estas partículas del aire, especialmente en zonas con alta cobertura arbórea (20).

Como lo mostrado en la investigación referente a los niveles de contaminación en función a contaminantes PM2.5 y PM10 estos disminuyeron un 37% y 32%. Y esto no solo ocurre en Manta, existen casos de ciudades como Lima que ha mostrado reducir las emisiones vehiculares y promover alternativas de transporte público contribuyendo de manera importante a la mejora de la calidad del aire, especialmente en áreas de alta congestión (21).

Estos resultados coinciden con estudios realizados en ciudades como Medellín y Valencia, donde se ha documentado que el arbolado urbano reduce significativamente la contaminación (22). Las especies más comunes en fueron Albizia saman, Mangifera indica y Ficus benjamina (23), todas conocidas por su alta capacidad de captura de partículas.

Estas especies no solo contribuyen a la mejora de la calidad del aire, sino que también ofrecen servicios ecosistémicos adicionales, como la regulación térmica, la captación de dióxido de carbono y el aumento de la biodiversidad en áreas urbanas (24). Además, su capacidad para adaptarse a diferentes climas y resistir la polución las convierte en componentes esenciales de programas de reforestación urbana en ciudades de América Latina y Europa.

La inclusión de árboles urbanos en el diseño y planificación de las ciudades ha sido reconocida como una estrategia crucial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente en los apartados relacionados con la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Así, iniciativas como las de Medellín y Valencia sirven como modelos replicables para otras ciudades que enfrentan problemas similares de contaminación y pérdida de biodiversidad urbana (25).

CONCLUSIONES

Luego de realizada la investigación se concluye:

El inventario dentro de la investigación se puede concluir que se presentaron 352 individuos de diversas edades y distribuidos en 6 familias, Estableciendo un patrón que se denomina resiliente, ya que las especies con mayor funcionalidad mantienen también el mayor número de individuos como es *Azadirachta indica* A. Juss y *Samanea saman* (Jacq.) Merr.

Las especies como *la Mangifera indica* y *Ficus benjamina* L., *Azadirachta indica* A. Juss y *Samanea saman* (Jacq.) Merr. fueron los que tuvieron un mayor efecto en la captación de contaminantes con una disminución de contaminantes de PM2.5 y PM10 entre un 37% y 32%, sin embargo, las concentraciones de PM2,5 en Manta actualmente es 2.6 veces superior al valor guía.

El impacto que ha tenido el arbolado urbano dentro de la ciudad de Manta, puntualmente en las áreas estudiadas con alta densidad de árboles, se constató que la concentración de

PM2.5 disminuyó un 22%, mientras que el PM10 se redujo un 18%. Los niveles de CO2 y NOx fueron un 15% más bajos en comparación con áreas sin árboles por ello se establece mejorar las estrategias de gestión sostenibles en función al manejo de especies nativas del sector, permitiendo que exista una mejor biodiversidad y a su vez una contribución del bienestar de la población en función a la resiliencia climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Escobedo FJ, Nowak DJ. Spatial heterogeneity in urban forest-atmosphere CO2 exchange. *Environmental Pollution*. 2009;157(8-9):2490-2500. doi:10.1016/j.envpol.2009.03.037
2. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Air Pollution and Child Health: Prescribing Clean Air*. Geneva: World Health Organization; 2018.
3. Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2006;4(3-4):115-123. doi:10.1016/j.ufug.2006.01.007
4. World Health Organization (WHO). *Urban green spaces and health: A review of evidence*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2016.
5. Hirabayashi S, Kroll CN, Nowak DJ. Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model. *Environmental Modelling & Software*. 2012;26(6):804-816. doi:10.1016/j.envsoft.2011.12.005
6. Cárdenas Loo VS. *Arbolado urbano como estrategia para mejorar el confort térmico y la movilidad urbana frente al cambio climático (Internet)*. Quito: FLACSO Ecuador; 2020 (citado 2024 nov 25). Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17284>.
7. Nowak DJ, Hirabayashi S, Bodine A, Greenfield E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*. 2014;193:119-129. doi:10.1016/j.envpol.2014.05.028
8. Tzoulas K, Korpela K, Venn S, et al. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*. 2007;81(3):167-178. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.02.001
9. Wolch JR, Byrne J, Newell JP. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*. 2014;125:234-244. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.01.017
10. Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*. 2010;97(3):147-155. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
11. Naciones Unidas. *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations; 2015.
12. Cohen J, Cohen P, West SG, Aiken LS. *Análisis de regresión múltiple/correlación aplicado a las ciencias del comportamiento*. 4ta ed. Nueva York: Routledge; 2021.

13. Cerna, A., et al. Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2019;10(54):24-45. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx>
14. World Health Organization (2021). Air quality and health. Recuperado de <https://www.who.int>
15. Rodríguez R, Pérez-Ríos M, Alvarado A. Análisis de la relación entre la calidad del aire y las enfermedades respiratorias en áreas urbanas de América Latina. *Revista de Salud Pública*. 2020;24(2):158-167.
16. Organización Mundial de la Salud (OMS). Air quality guidelines: global update 2005. Geneva: World Health Organization; 2006. Disponible en: <https://www.who.int>
17. Barra López D. Análisis del efecto del arbolado urbano sobre la absorción de material particulado respirable (MP2,5), mediante el software I-Tree Eco al interior del Parque Ecuador en la ciudad de Concepción. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo; 2019. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl>
18. Universidad Nacional de Córdoba. (2023). Arbolado urbano: Cuáles son las mejores especies frente a la contaminación. UNCiencia. Recuperado de <https://unciencia.unc.edu.ar>
19. Han, D., Shen, H., Duan, W., & Chen, L. A review on particulate matter removal capacity by urban forests at different scales. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2020; 48: 126565. doi:10.1016/j.ufug.2019.126565
20. Martínez, S., Pérez, J. M., Sánchez, C., et al. Evaluación de la calidad del aire en zonas urbanas de Lima: una comparación entre áreas con alto y bajo tráfico vehicular. *Revista Peruana de Biología*. 2020; 27(2): 111-120. doi:10.1016/j.perubiol.2020.04.001
21. Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., Olsson, P. Ecosystem services and social-ecological systems: A framework for assessing the human-environment relationship. *Environmental Science & Policy*. 2013; 27: 66-72. doi:10.1016/j.envsci.2012.08.003.
22. Escobedo, F. J., Kroeger, T., & Wagner, J. E. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*. 2011; 159(8-9): 2078-2087. doi:10.1016/j.envpol.2011.02.019.
23. EIA Universidad. *Capacidad de captura de contaminantes de especies arbóreas en áreas urbanas*. Medellín: Repositorio Institucional Universidad EIA; 2023. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/3466c680-1c75-4a3a-b834-a06f7cf66573/content>
24. 4 Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2006;4(3-4):115-123. doi:10.1016/j.ufug.2006.01.007
25. 25 Naciones Unidas. *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations; 2015.