



ARTICULO ORIGINAL

Deposición de partículas atmosféricas en hojas de almendro (*Terminalia catappa*) como bioindicadores de calidad de aire en la zona urbana de Pichanaqui, Perú

Deposition of atmospheric particles on almond tree leaves (*Terminalia catappa*) as bioindicators of air Quality in the Urban Area of Pichanaqui, Peru

Luis Angel Gamboa Madueño^{1*}, Marco Antonio Medina Chipana¹, Elder Omar Bautista Mendoza¹, Jimmy Cristhian Rincon Ichpas¹,
Lisbeth Yolanda Romero Soto¹, Diana Jhenyffer Baldeon Tello¹

RESUMEN

Pichanaqui es una ciudad ubicada en la selva central, la cual se encuentra en desarrollo económico y crecimiento poblacional, cuyos efectos en la calidad del aire aún son desconocidos. El estudio analiza, por primera vez, la deposición de partículas atmosféricas sobre las hojas de almendro (*Terminalia catappa*) como bioindicadores de calidad del aire en la esta zona urbana. Para ello se establecieron cuatro puntos de muestreo (P1, P2, P3 y P4) distribuidos en calles con diferentes fuentes de emisión de partículas atmosféricas. En cada punto se recolectaron hojas de *T. catappa* donde cuantificó el porcentaje de deposición de partículas sobre las hojas. Los resultados indican mayor deposición significativa en el P3 ($80.3 \pm 0.1\%$, $p < 0.001$), lugar donde se da mayor tránsito vehicular y actividad comercial, sugiriendo el potencial uso de *T. catappa* como bioindicadores de calidad del aire en la zona. Este estudio proporciona una base científica para desarrollar estrategias de biomonitorio y control de la contaminación del aire en la selva.

Palabras clave: contaminación atmosférica; bioindicadores; *Terminalia catappa*; Pichanaqui.

ABSTRACT

Pichanaqui is a city located in the central jungle, currently experiencing economic development and population growth, whose effects on air quality are still unknown. This study analyzes, for the first time, the deposition of atmospheric particles on the leaves of *Terminalia catappa* as bioindicators of air quality in this urban area. Four sampling points (P1, P2, P3, and P4) were established in streets with different sources of atmospheric particle emissions. At each point, leaves of *T. catappa* were collected, and the percentage of particle deposition on the leaves was quantified. The results indicate a significantly higher deposition at P3 ($80.3 \pm 0.1\%$, $p < 0.001$), an area with greater vehicle traffic and commercial activity, suggesting the potential use of *T. catappa* as bioindicators of air quality. This study provides a scientific basis for developing strategies for monitoring and controlling air pollution in the jungle.

Keywords: atmospheric pollution; bioindicators; *Terminalia catappa*; Pichanaqui.

¹ Universidad Nacional
Intercultural de la Selva
Central Juan Santos
Atahualpa,
Pichanaqui, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
73431921@uniscisa.edu.pe

Recibido: 23 de junio de 2024
Aprobado: 28 de julio de 2024
Publicado: 30 de julio de 2024

Para citar este artículo:

Gamboa Madueño L., Medina Chipana M., Bautista Mendoza E., Rincon Ichpas J., Romero Soto L., Baldeon Tello D. (2024). Deposición de partículas atmosféricas en hojas de almendro (*Terminalia catappa*) como bioindicadores de calidad de aire en la zona urbana de Pichanaqui, Perú. *Yotantsipanko*, 4(1), 49 - 56. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v4i1.42>



Introducción

Las fuentes primarias de polución atmosférica en áreas urbanas incluyen el tráfico vehicular, las actividades industriales y comerciales, que liberan grandes cantidades de partículas y gases nocivos al ambiente (OMS, 2022). Es relevante poder monitorear estas fuentes debido a su importancia para la salud pública y los ecosistemas (Cohen, 2017; CALIDAD de AIRE RANKING, 2023).

En este contexto, el uso de especies vegetales como bioindicadores ha demostrado ser una estrategia efectiva y económica para monitorear y mitigar los efectos de la contaminación atmosférica, ya que las alteraciones visibles en las plantas, como el daño foliar y la acumulación de contaminantes, proporcionan información crítica sobre los niveles de polución presentes en un área determinada (Reche, 2022).

T. catappa, o almendro, es un árbol tropical destacado en biomonitorización por su sensibilidad a contaminantes y su capacidad para reflejar cambios en la calidad del aire, mostrando variaciones en clorofila y carotenoides según los niveles de contaminación (Gupta & Rakesh, 2023; Chen, 2024).

La investigación sobre el Índice de Tolerancia a la Contaminación del Aire (APTI, por sus siglas en inglés) y el Índice de Desempeño Anticipado (API, por sus siglas en inglés) ha sido crucial para identificar plantas adecuadas para la creación de

cinturones verdes y la mitigación de la contaminación, evaluando a *T. catappa*, junto con otras especies como *Mangifera indica* y *Polyalthia longifolia*, por su capacidad de tolerar y bioindicar la presencia de contaminantes en áreas urbanas e industriales. (Liu & Ding, 2008; Sehrawat, 2023).

En la selva central, en el lado oriental de la cordillera de los Andes centrales, se ubica Pichanaqui, una ciudad con gran crecimiento poblacional y desarrollo de actividades económicas. En las calles del área urbana de esta ciudad, se encuentran árboles de *T. catappa* expuestos a contaminantes industriales y vehiculares, lo cual resulta interesante para evaluar la sensibilidad de esta planta como bioindicador de la calidad del aire en la zona.

Es por ello que el objetivo de este estudio es describir la deposición de partículas atmosféricas sobre las hojas de *T. catappa* en diferentes puntos del área urbana de Pichanaqui. Los resultados obtenidos proporcionarán una base científica para el uso de esta especie como bioindicador y contribuirán al desarrollo de estrategias de monitoreo y control de la alteración de la calidad del aire en la región.

Materiales y métodos

Área de estudio

Pichanaqui, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín tal como se muestra en

Se establecieron 4 puntos de evaluación en las principales calles del área urbana del distrito de la tabla 1 donde se describen las actividades que se desarrollan en el lugar.

Tabla 1

Ubicación de las estaciones de evaluación de deposición de partículas atmosféricas en el área urbana de Pichanaqui, Chanchamayo, Perú

Estación	Este UTM	Norte UTM	Altitud (msnm)	Actividades que se desarrollan en el lugar
P1	513795.72	8792192.80	525	Se ubicó en la plaza de armas de Pichanaqui donde existe comercio y restaurantes con tráfico vehicular ligero
P2	513753.22	8791866.77	525	Se ubicó en el Mercado N° 02 donde existe comercio y restaurantes con tráfico vehicular ligero
P3	514783.72	8791066.55	525	Se ubicó cerca del aserradero de palitos de chupete donde existe intenso tráfico vehicular pesado y ligero también un grifo en operación la carretera se encuentra degradada.
P4	513925.39	8791914.45	525	Se ubicó en la Av. Marginal donde existe intenso tráfico vehicular pesado y ligero la carretera se encuentra pavimentado.

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra la Figura 1 para la ubicación de las estaciones:

Muestreo

En cada punto se recolectaron las hojas de *T. catappa* que estaban más expuestas hacia las fuentes, ubicadas en el borde del follaje. El muestreo fue no probabilístico y se realizó durante el mes de julio, cuando la deposición de material particulado es más evidente.

Análisis de Laboratorio

El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de Bajo Aldea de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa (UNISCJA). Las muestras se examinaron bajo un microscopio óptico con aumento de 400x.

Las muestras se prepararon mediante cortes transversales y se añadió agua para mejorar la visibilidad de las estomas. Se utilizaron 4 hojas de cada punto de muestreo, realizando observaciones aleatorias en 5 campos por punto.

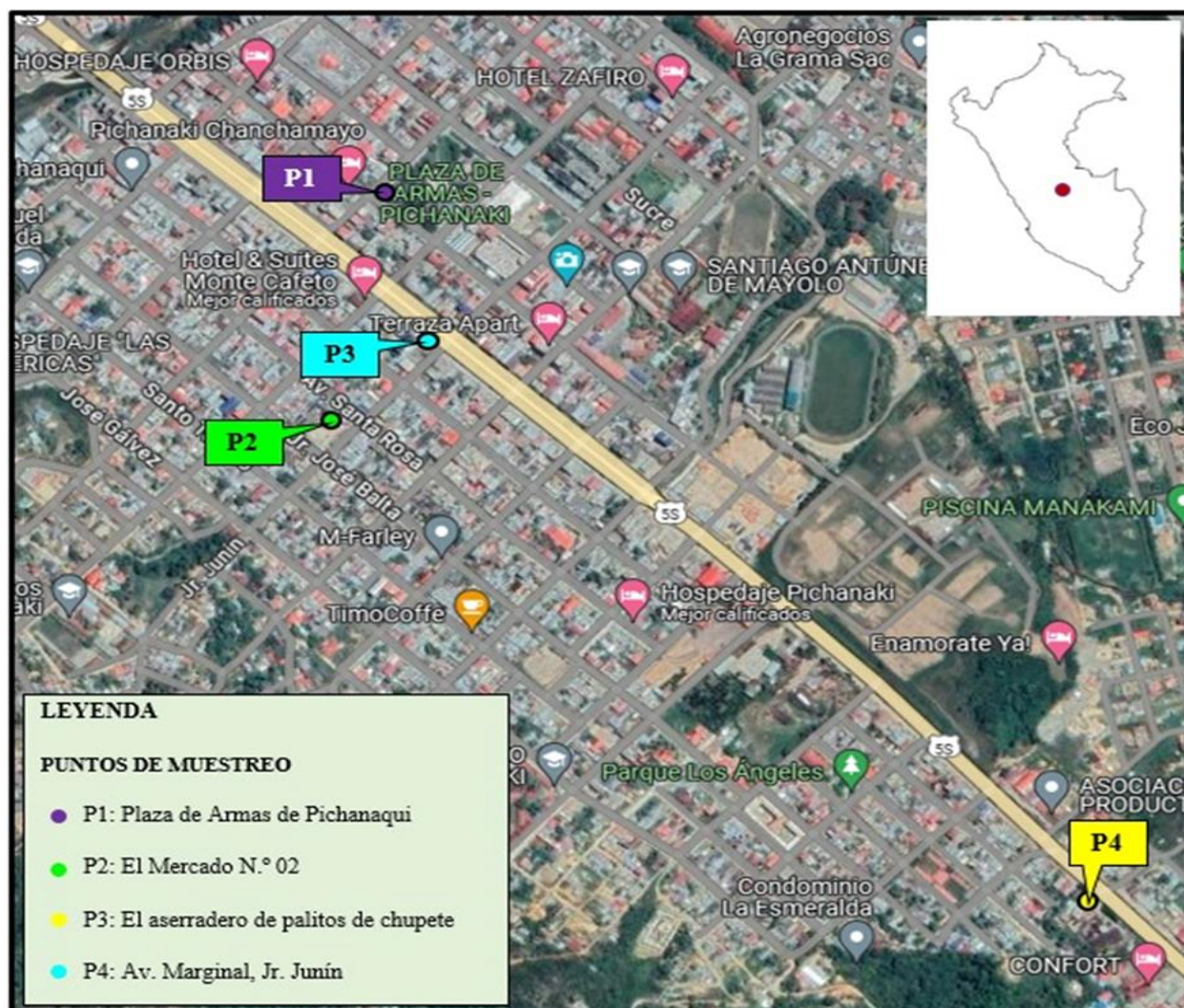


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la ciudad de Pichanaki en los puntos de mayor tránsito de vehículos.

Nota. Elaboración propia, tomado de Google Earth.

En cada campo visual se contabilizó el número de estomas presentes y el número de estomas cubiertos por partículas oscuras (hollín), lo que facilitó calcular un promedio de densidad estomática por muestra y el porcentaje de estomas con exposición directa a contaminantes atmosféricos presentes en el aire. Este promedio proporcionó una base para comparar la influencia de las diferentes fuentes de contaminación entre los puntos de muestreo.

Análisis de Datos

Se utilizó la aplicación Past y R Studio para realizar la prueba de normalidad de los datos obtenidos, así como la prueba estadística ANOVA ($p = 0.05$) para determinar si existen diferencias significativas en la deposición de partículas entre los puntos de muestreo.

Resultados

La Figura 2 presenta un diagrama que estima el porcentaje de deposición de partículas atmosféricas en cada punto de muestreo (P1, P2, P3 y P4). Los resultados muestran diferencias significativas en cuanto al porcentaje de deposición ($p < 0.001$). P1, con $41.8 \pm 0.1\%$, y P2, con $38.2 \pm 0.1\%$, presentaron los valores más bajos de deposición y una menor variabilidad en

las mediciones, con una desviación estándar similar a la de P1. En contraste, P3 y P4 registraron los porcentajes más altos, con $80.3 \pm 0.1\%$ y $71.4 \pm 0.2\%$, respectivamente. Este gráfico resalta la variabilidad en la cantidad de estomas con hollín en los diferentes puntos de muestreo, sugiriendo diferencias en la exposición a partículas suspendidas en cada ubicación.

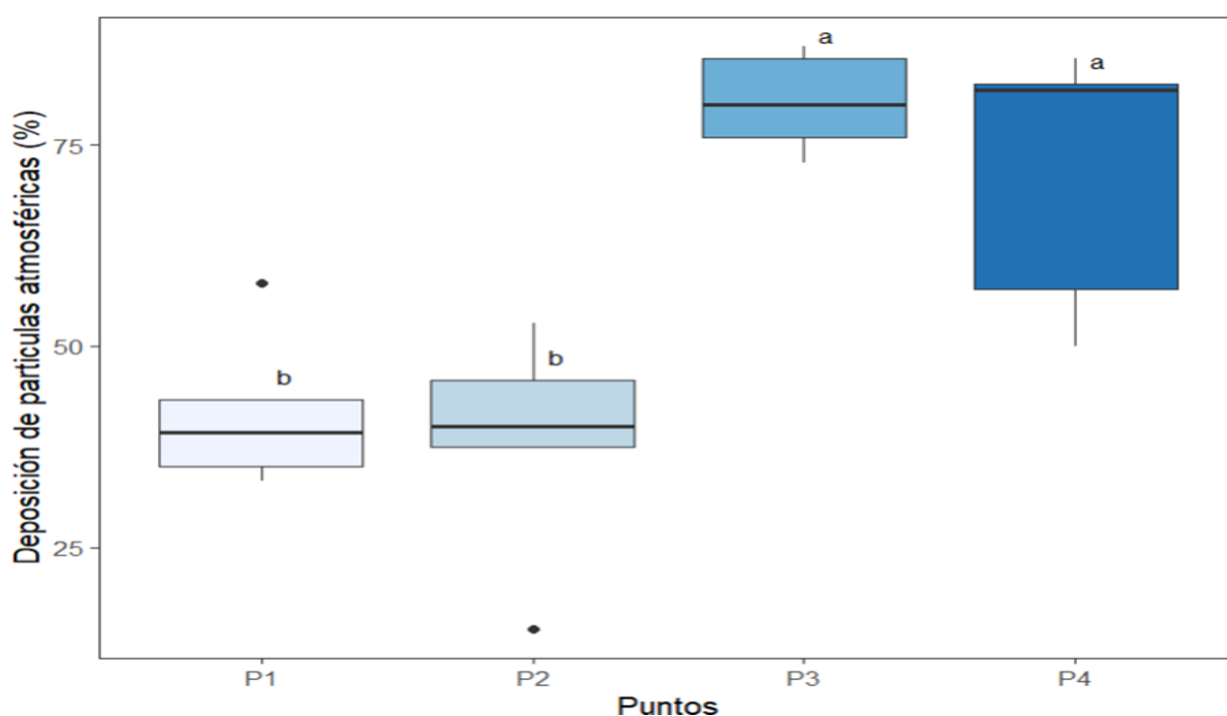


Figura 2. Boxplot de la cantidad de estomas con disposición de partículas atmosféricas por puntos de muestreo en Pichanaqui. Las letras a y b indican diferencia significativa ($p=0.05$).

Nota. Elaboración propia, tomando de Google Ear

La figura 3 muestra cuatro microfotografías de las estomas por cada punto ($\times 40$). Se muestra estomas distribuidos irregularmente y estando ligeramente abierta en todos los puntos; en esta se observan puntos o manchas negras en las

estomas (círculos en rojo), esta viene a ser el hollín retenido. Se resalta que en el P3 contiene mayor cantidad de estomas con hollín y el P1 es el que contiene menor cantidad de estomas con hollín.

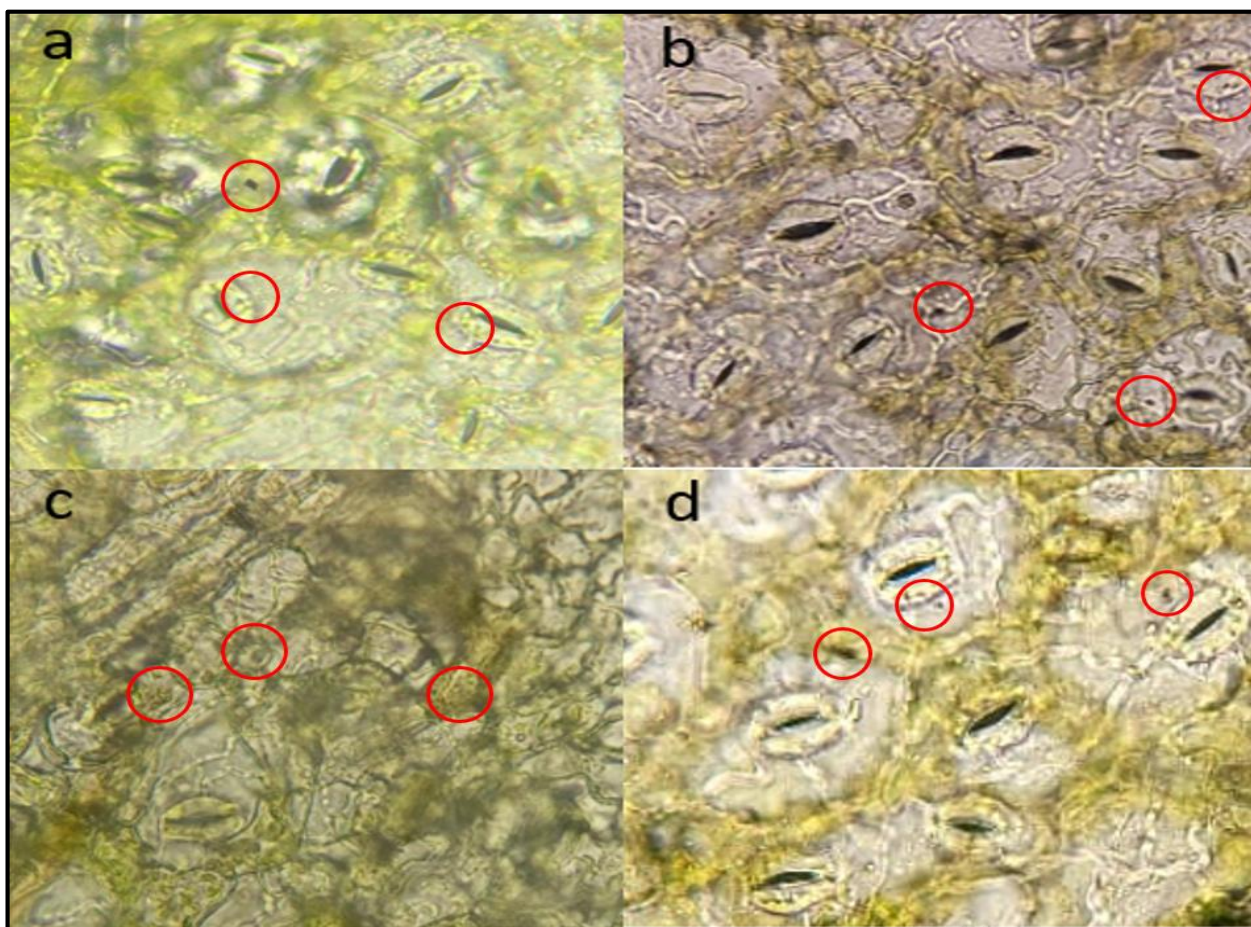


Figura 3. a: Estomas analizadas del P1, b: Estomas analizadas del P2, c: Estomas analizadas del P3, d: estomas analizadas en el P4. Los círculos en rojo muestran la deposición de partículas atmosféricas.

Nota. Elaboración propia, tomando de Google Earth.

La identificación de la cantidad de estomas según cada campo observado y el punto de muestreo proporciona información significativa. Se observa que en el punto uno (P1), aproximadamente cada campo contiene 24 estomas, en el punto dos (P2) 33 estomas, en el punto tres (P3) 43 estomas, y en el cuarto punto (P4) 18 estomas.

Discusión

La observación microscópica reveló que cada hoja analizada tenía diferentes distancias entre

estomas. Esto sugiere que el comportamiento de adaptabilidad de cada hoja (planta) puede estar relacionado con el sitio donde se encuentra.

El P3 es el punto con mayor cantidad de estomas con hollín ($n=35$), mientras que P1 tiene la menor cantidad ($n=10$). En el punto 3 se tiene un gran tránsito de vehículos menores y de carga pesada, además de un aserradero que fabrica palitos de chupete y demás fuentes de área donde se quema residuos sólidos en la calle. P4 tiene el 71% de estomas con hollín, también con un alto tránsito de vehículos menores y de carga

pesada similar al P3. P1 y P2 tienen porcentajes de 42% y 38% respectivamente, con solo tránsito de vehículos menores, los cuales corresponden a mototaxis y motos lineales.

Estos resultados son consistentes con el estudio de Ciro (2010), que menciona que el almendro presenta una certeza del 70% y 71% de precisión como bioindicador de la calidad del aire, comparada con una estación de calidad del aire. Esto sugiere que *T. catappa* es un bioindicador efectivo para monitorear la contaminación por partículas suspendidas.

Según Mandal et al. (2023) las plantas urbanas son esenciales para la recolección de partículas atmosféricas, incluyendo metales pesados. Los árboles urbanos en los Estados Unidos, por ejemplo, eliminaron aproximadamente 215 000 toneladas de PM10 del aire. Las estomas, pequeñas aberturas en las hojas, permiten la captura de estas partículas. Al adherirse a las hojas, las partículas son lavadas por la lluvia, lo que mejora la calidad del aire. Los pequeños poros en la superficie de la hoja, que son esenciales para el intercambio de gases en las actividades fisiológicas de la planta, también desempeñan un papel significativo en la absorción de partículas del aire (Acwin Dwijendra et al., 2023).

Sin embargo, este estudio presenta algunas limitaciones. La variabilidad natural de las

estomas y las condiciones ambientales no controladas pueden haber influido en los resultados. Además, la muestra se limitó a cuatro puntos en Pichanaki, lo que puede no ser representativo de otras áreas. Futuras investigaciones podrían ampliar el número de puntos de muestreo y considerar otros factores ambientales que puedan influir en la presencia de hollín en las estomas. También sería útil comparar estos resultados con estudios en diferentes especies de plantas y en distintas condiciones climáticas y urbanas.

Este estudio demuestra que *T. catappa* puede ser un bioindicador útil para la contaminación atmosférica por partículas suspendidas, con implicaciones importantes para la gestión ambiental y la planificación urbana en Pichanaki y otras áreas similares. La alta precisión del almendro como bioindicador, señalada por Ciro (2010), refuerza la validez de nuestros hallazgos y su potencial aplicación en estudios de calidad del aire.

Conclusión

El estudio demuestra el potencial que *T. catappa* puede ser utilizada efectivamente como bioindicadores de la calidad del aire en áreas urbanas de la selva central, debido a su sensibilidad a los contaminantes atmosféricos.

Contribución de los autores

GMLA recolección de datos, redacción del artículo.
MCMA recolección de datos, redacción del artículo.
BMEQ recolección de datos, redacción del artículo.
RIJC recolección de datos, redacción del artículo.
RSLY recolección de datos, redacción del artículo.
BTDJ recolección de datos, redacción del artículo.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Acwin, D. (2023). Investigating the Effects of Air Pollution on Plant Species Resistance in Urban Areas. *Brieflanbs*.
- Asociación Automotriz del Perú (2023). Ranking Calidad de Aire.
- Chen, F. (2024). Breathing in danger: Understanding the multifaceted impact of air pollution on health impacts. *ScienceDirect*.
- Ciro, J., María, M., Botero, B., & Rocío, L. (2010). Comunidades líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá. *Redalyc*.
- Cohen, Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *PubLMed*.
- Gupta, S., & Rakesh, K. (2023). Urban Areas and Air Pollution: Causes, Concerns, and Mitigation. *ResearchGate*.
- Liu, J., & Ding, H. (2008). Variation in air pollution tolerance index of plant near a steel factory: Implications for landscape plant species selection for industrial areas *ResearchGate*.
- Mandal, M., Popek, R., Przybysz, A., Roy, A., Das, S., & Sarkar, A. (2023). Breathing Fresh Air in the City: Implementing Avenue Trees as a Sustainable Solution to Reduce Particulate Pollution in Urban Agglomerations. *MDPI*.
- OMS. (2022). Calidad del aire ambiente (exterior). Organización Mundial De La Salud.
- Reche, C., Tobias, A., & Viana, M. (2022). Vehicular Traffic in Urban Areas: Health Burden and Influence of Sustainable Urban Planning and Mobility. *MDPI*.
- Sehrawat, A., Baweja, P., Chopra, H., Gandhi, P., Sharma, P., Suman, S., Dahiya, V., & Poddar, N. (2023). Identifying pollution scavenging potential of perennial plants growing in Maitreyi college Campus, University of Delhi. *Journal of Environmental Biology*.