

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PAS Y MATERIAL PARTICULADO PM2.5 Y PM10, ALTO DE LA ALIANZA - 2025

EVALUATION OF THE CONCENTRATION OF SEDIMENTABLE ATMOSPHERIC DUST (PAS) AND PARTICULATE MATTER PM2.5 AND PM10, ALTO DE LA ALIANZA – 2025

Autores: ¹ Marco Abad Mendoza Atahuachi, ² Kely Paola Suricalllo Menendez, ³ Nelida Yuhmida Apaza Mamani, ⁴ Nathalie Fabiana Valderrama Maquera y ⁵ Albert Stony Gamboa Zavala.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3285-4683>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2283-5393>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-9016-8550>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-1476-6194>

⁵ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6930-8535>

¹E-mail de contacto: mamendozaa@unjbg.edu.pe

²E-mail de contacto: kpsuricallom@unjbg.edu.pe

³E-mail de contacto: arguillermoa@unjbg.edu.pe

⁴E-mail de contacto: nfvalderramam@unjbg.edu.pe

⁵E-mail de contacto: agamboaz@unjbg.edu.pe

Afiliación: ^{1*2*3*4*5*}Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 3 de julio del 2025

Artículo revisado: 5 de julio del 2025

Artículo aprobado: 15 de julio del 2025

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

²Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

³Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁴Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁵Docente de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú). Ingeniero Ambiental.

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Alto de la Alianza, en la ciudad de Tacna, con el objetivo de evaluar la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y su relación con los niveles de material particulado PM2.5 y PM10, durante el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2024. El estudio se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo y diseño descriptivo, empleando técnicas de monitoreo pasivo para el PAS y monitoreo automático para PM2.5 y PM10. Se instalaron ocho estaciones de muestreo para PAS distribuidas entre zonas céntricas e intermedias del distrito, utilizando placas de vidrio expuestas durante 30 días por ciclo. Además, se seleccionaron tres estaciones con mayor PAS para medir PM2.5 y PM10 durante 24 horas continuas, utilizando el equipo THERMO SCIENTIFIC – TEOM 1405. Las variables analizadas fueron: concentración de PAS (mg/cm²/mes), PM2.5 y PM10 (µg/m³). Los resultados mostraron que la zona intermedia registró la mayor

concentración promedio de PAS (1,15 mg/cm²/mes), frente a la zona céntrica (0,98 mg/cm²/mes). En cuanto al material particulado, la estación E7 – ubicada en el entorno del Instituto Jorge Basadre – presentó las mayores concentraciones: 34 µg/m³ para PM2.5 y 62 µg/m³ para PM10. Se identificó una correlación directa entre las zonas de alta concentración de PAS y los valores elevados de PM2.5 y PM10. Aunque los niveles de partículas no superaron los Estándares de Calidad Ambiental nacionales, sí excedieron los valores guía establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Teniendo como conclusión que el PAS actúa como un buen indicador ambiental para zonas con limitada infraestructura de monitoreo automático, permitiendo identificar puntos críticos de contaminación atmosférica en contextos urbanos vulnerables como Alto de la Alianza. Los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de implementar medidas de mitigación para mejorar la calidad del aire y proteger la salud de la población expuesta.

Palabras clave: Calidad de aire, Material particulado, PM10, PM2.5, Polvo atmosférico sedimentable.

Abstract

This research was conducted in the district of Alto de la Alianza, in the city of Tacna, with the objective of evaluating the concentration of settleable atmospheric dust (PAS) and its relationship with particulate matter levels PM2.5 and PM10, during the period from July to December 2024. The study followed a quantitative approach with a descriptive design, using passive monitoring techniques for PAS and automatic monitoring for PM2.5 and PM10. Eight sampling stations for PAS were installed across central and intermediate zones of the district, using glass plates exposed for 30-day cycles. Additionally, three stations with the highest PAS levels were selected to measure PM2.5 and PM10 over 24 continuous hours using the THERMO SCIENTIFIC – TEOM 1405 equipment. The variables analyzed were: PAS concentration (mg/cm²/month), PM2.5 and PM10 (µg/m³). Results showed that the intermediate zone recorded the highest average PAS concentration (1,15 mg/cm²/month), compared to the central zone (0,98 mg/cm²/month). Regarding particulate matter, Station E7 – located near the Jorge Basadre Institute – registered the highest concentrations: 34 µg/m³ for PM2.5 and 62 µg/m³ for PM10. A direct correlation was identified between areas with high PAS concentrations and elevated PM2.5 and PM10 values. Although particle levels did not exceed the national Environmental Quality Standards, they did surpass the guideline values established by the World Health Organization. It is concluded that PAS serves as a reliable environmental indicator in areas with limited automatic monitoring infrastructure, enabling the identification of critical atmospheric pollution hotspots in vulnerable urban contexts such as Alto de la Alianza. The findings highlight the need to implement mitigation measures to improve air quality and protect the health of exposed populations.

Keywords: Air quality, Particulate matter, PM10, PM2.5, Settleable atmospheric dust.

Resumo

Esta pesquisa foi realizada no distrito de Alto de la Alianza, na cidade de Tacna, com o objetivo de avaliar a concentração de poeira atmosférica sedimentável (PAS) e sua relação com os níveis de material particulado PM2,5 e PM10, durante o período de julho a dezembro de 2024. O estudo seguiu uma abordagem quantitativa com delineamento descritivo, utilizando técnicas de monitoramento passivo para PAS e monitoramento automático para PM2,5 e PM10. Oito estações de amostragem para PAS foram instaladas nas zonas central e intermediária do distrito, utilizando placas de vidro expostas por ciclos de 30 dias. Além disso, três estações com os maiores níveis de PAS foram selecionadas para medir PM2,5 e PM10 durante 24 horas contínuas, utilizando o equipamento THERMO SCIENTIFIC – TEOM 1405. As variáveis analisadas foram: concentração de PAS (mg/cm²/mês), PM2,5 e PM10 (µg/m³). Os resultados mostraram que a zona intermediária registrou a maior concentração média de PAS (1,15 mg/cm²/mês), em comparação com a zona central (0,98 mg/cm²/mês). Em relação ao material particulado, a Estação E7 – localizada próxima ao Instituto Jorge Basadre – registrou as maiores concentrações: 34 µg/m³ para PM2,5 e 62 µg/m³ para PM10. Foi identificada uma correlação direta entre áreas com altas concentrações de PAS e valores elevados de PM2,5 e PM10. Embora os níveis de partículas não tenham excedido os Padrões Nacionais de Qualidade Ambiental, eles superaram os valores de referência estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde. Conclui-se que o PAS serve como um indicador ambiental confiável em áreas com infraestrutura limitada de monitoramento automático, permitindo a identificação de pontos críticos de poluição atmosférica em contextos urbanos vulneráveis, como o Alto de la Alianza. Os resultados destacam a necessidade de implementar medidas de mitigação para melhorar a

qualidade do ar e proteger a saúde das populações expostas.

Palavras-chave: Qualidade do ar, Material particulado, PM10, PM2,5, Poeira atmosférica sedimentável.

Introducción

La calidad del aire es uno de los principales factores que condicionan la salud humana y el equilibrio ambiental. A nivel global, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha advertido que la contaminación atmosférica representa una de las principales amenazas ambientales para la salud pública, estimándose que más de 7 millones de muertes prematuras al año están asociadas a la exposición a partículas contaminantes, particularmente las fracciones finas como el PM2.5 (WHO, 2021). Esta situación se ve agravada en contextos urbanos donde el crecimiento desordenado, el aumento del parque automotor y las actividades industriales incrementan las concentraciones de contaminantes en suspensión, entre ellos el polvo atmosférico sedimentable (PAS), el material particulado respirable (PM10) y el material particulado fino (PM2.5), los cuales son reconocidos por su capacidad de penetrar en el sistema respiratorio y desencadenar enfermedades agudas y crónicas.

A nivel internacional, países como China, India y México han implementado normativas específicas y sistemas de vigilancia ambiental para el control de las partículas atmosféricas, tras constatar que su impacto no solo se limita a la salud, sino también a la visibilidad, el deterioro de materiales, la alteración de ecosistemas y el cambio climático (Guttikunda y Jawahar, 2018). En América Latina, varias ciudades superan los límites permisibles de material particulado establecidos por la OMS, siendo este uno de los principales indicadores de riesgo ambiental urbano. Por ejemplo, en Santiago de Chile y Ciudad de México se han

desarrollado políticas de monitoreo permanente y contingencias ambientales que restringen el tránsito vehicular y promueven energías limpias. En el caso del Perú, el Ministerio del Ambiente (MINAM) ha establecido los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del aire, mediante el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, que define los valores límite para diversos contaminantes, incluyendo el PM2.5, PM10 y el PAS. No obstante, los estudios realizados en diferentes ciudades del país, como Lima, Arequipa y Cusco, han demostrado que en varios puntos críticos se superan constantemente los niveles permisibles, especialmente en temporadas secas o de mayor actividad vehicular (MINAM, 2020). Esta situación revela la necesidad de fortalecer las capacidades de monitoreo local, especialmente en ciudades intermedias y regiones fronterizas que experimentan un crecimiento urbano acelerado.

En el contexto regional, la ciudad de Tacna, ubicada al sur del Perú, no es ajena a esta problemática. El crecimiento del parque automotor, las actividades comerciales intensas, el arrastre de polvo desde zonas desérticas y la expansión urbana sin una adecuada planificación ambiental han generado un deterioro progresivo de la calidad del aire. Particularmente, el distrito de Alto de la Alianza se caracteriza por una combinación de zonas residenciales y ejes viales de alto tránsito, lo que lo convierte en un punto clave para el estudio de contaminantes atmosféricos. Estudios previos realizados por el Gobierno Regional de Tacna y la Dirección Regional de Salud (DIRESA) han evidenciado concentraciones elevadas de PM10 y PAS en zonas como el Centro de Salud Leoncio Prado y alrededores del Gran Hotel Tacna, donde se han instalado estaciones móviles para realizar monitoreos específicos (Gobierno Regional de Tacna, 2022).

En ese sentido, la presente investigación tiene como finalidad evaluar la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y su relación con los niveles de material particulado PM2.5 y PM10 en el distrito de Alto de la Alianza, durante el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2024. Esta evaluación permitirá identificar zonas críticas de contaminación, comparar los niveles registrados con los estándares establecidos por la OMS y el MINAM, y generar evidencia científica que sirva de base para futuras acciones de gestión ambiental y políticas públicas orientadas a la protección de la salud de la población. Además, este estudio contribuye al conocimiento local sobre la calidad del aire, fortaleciendo el monitoreo ambiental descentralizado y promoviendo el desarrollo sostenible del distrito.

Materiales y Métodos

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque experimental, de tipo prospectivo, ya que se propone manipular una variable no comprobada en condiciones controladas con el fin de describir y explicar el comportamiento de la calidad del aire en función de la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y su relación con el material particulado PM2.5 y PM10. El diseño adoptado es descriptivo y explicativo, pues no solo se busca caracterizar las concentraciones de partículas en diferentes zonas del distrito de Alto de la Alianza, sino también analizar las causas que podrían influir en su variación, como factores ambientales, actividad vehicular y condiciones meteorológicas. El estudio se desarrolló en el distrito de Alto de la Alianza, ubicado en la ciudad de Tacna, durante el segundo semestre del año 2024, comprendido entre los meses de julio y diciembre. Este periodo de seis meses permitió registrar variaciones estacionales en la calidad del aire,

además de establecer un análisis comparativo mensual que contribuya a una caracterización más completa de los contaminantes atmosféricos presentes en la zona de estudio. La población está conformada por las áreas urbanas, comerciales y residenciales del distrito de Alto de la Alianza que presentan distintas dinámicas socioeconómicas y niveles de tránsito vehicular. La muestra fue representada por ocho puntos de muestreo estratégicamente seleccionados en base a la similitud en condiciones ambientales y urbanas. Posteriormente, en función de los resultados obtenidos durante las evaluaciones mensuales de PAS, se identificaron los tres puntos que presenten los niveles más altos para realizar en ellos un monitoreo automático intensivo del material particulado PM2.5 y PM10, a fin de establecer una correlación más precisa.

Para la evaluación del polvo atmosférico sedimentable (PAS), se empleó la técnica de muestreo pasivo mediante el uso de placas de vidrio de 10 cm por 10 cm montadas en soportes metálicos. Estas fueron colocadas en zonas elevadas, como azoteas o techos accesibles y seguros, permaneciendo expuestas durante un periodo de 30 días, repitiéndose este proceso durante seis meses consecutivos. Las placas fueron pesadas antes y después del muestreo utilizando una balanza analítica, y la diferencia de peso obtenida permitió calcular la concentración de PAS. Además, se empleó un GPS para la georreferenciación de los puntos, una cámara digital para el registro visual de las condiciones de cada estación, y sobres rotulados para el almacenamiento seguro de las muestras recolectadas. Para el monitoreo de PM2.5 y PM10, se utilizó el equipo automático THERMO SCIENTIFIC - TEOM 1405, el cual permite la medición directa de estas fracciones de partículas suspendidas durante un periodo continuo de 24 horas por punto. Este equipo,

además, registró parámetros meteorológicos relevantes como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, lo cual complementó el análisis de las concentraciones de material particulado.

El análisis de los datos obtenidos para el PAS consistió en el cálculo de la concentración mensual por punto de muestreo, expresada en miligramos por centímetro cuadrado por mes ($\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{mes}$), utilizando la fórmula $\text{PAS} = (\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}) / \text{Área}$. Estos valores fueron comparados con los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del aire vigente en Perú. Por su parte, los datos del monitoreo automático de PM2.5 y PM10 fueron procesados mediante el software del equipo, permitiendo obtener concentraciones promedio en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), las cuales también fueron contrastadas con los valores referenciales internacionales y nacionales. La correlación entre las concentraciones de PAS y el material particulado PM2.5 y PM10 se analizó mediante métodos estadísticos que permitan establecer si existe una relación significativa entre estos tipos de contaminantes. Asimismo, los puntos con una mayor sedimentación de partículas también se presentan niveles más altos de PM en suspensión, lo cual refleja patrones específicos vinculados a la actividad vehicular, densidad poblacional y condiciones meteorológicas. Este análisis contribuyó a comprender mejor la dinámica del material particulado en el aire del distrito de Alto de la Alianza y servirá como base para futuras acciones de vigilancia ambiental o diseño de políticas de mitigación de la contaminación.

Resultados y Discusión

Durante el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2024, se realizó el monitoreo

pasivo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en ocho estaciones distribuidas entre zonas céntricas e intermedias del distrito de Alto de la Alianza, Tacna. Asimismo, se efectuó el monitoreo automático de partículas en suspensión PM2.5 y PM10 en las tres estaciones con mayor concentración de PAS. Los resultados permitieron identificar niveles variables de contaminación según la ubicación, el mes y la actividad socioeconómica circundante.

Promedios de PAS por zonas de estudio

La Tabla 1 muestra el promedio mensual de PAS medido en $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$ en las zonas céntrica e intermedia del distrito. Se evidencia que, en promedio, la zona intermedia presentó una mayor concentración de partículas sedimentables ($1.15 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$), frente a la zona céntrica ($0.98 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$).

Tabla 1. Concentración promedio de PAS por zona (julio–diciembre 2024)

Zona	Promedio PAS ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$)
Zona Céntrica	0,98
Zona Intermedia	1,15
Promedio total	1,07

Nota. Elaboración propia

La elaboración se desarrolló con base en monitoreo pasivo (2024). Zona Céntrica (incluye Av. Jorge Basadre, Av. Municipal), Zona Intermedia (incluye AAHH La Esperanza).

Concentraciones de PM2.5 y PM10 en estaciones seleccionadas

Tabla 2. Promedios de PM2.5 y PM10 por estación seleccionada (24h)

Estación (Código)	Ubicación	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E3	Centro de Salud Alto de la Alianza	23	45
E7	Instituto Jorge Basadre – Sede Alto de la Alianza	34	62
E8	Plazuela AAHH Los Granados	26	38

Fuente: elaboración propia

Con base en los datos de PAS, se eligieron tres estaciones ubicadas en zonas claves del distrito de Alto de la Alianza para realizar el monitoreo automático de PM2.5 y PM10: el Centro de Salud Alto de la Alianza (E3), el Instituto Jorge Basadre – Sede Alto de la Alianza (E7) y la Plazuela del AAHH Los Granados (E8). En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de 24 horas para PM2.5 y PM10.

Análisis comparativo: PAS y material particulado

La figura 1 permite visualizar la concentración promedio de PAS en ambas zonas del distrito. Se confirma que la zona intermedia - representada por zonas como La Esperanza - muestra niveles más altos de PAS en comparación con las zonas más urbanizadas del distrito.



Figura 1. Comparación de concentración promedio de PAS por zona.

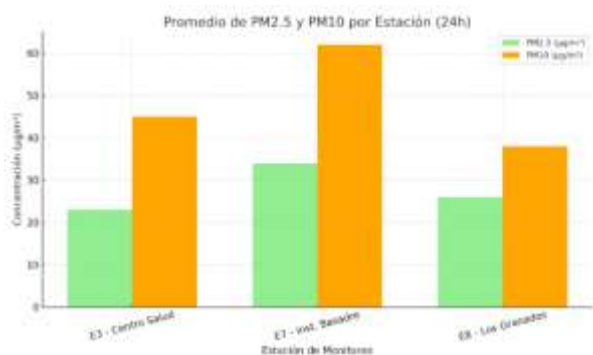


Figura 2. Comparación de concentración promedio de PAS por zona.

En la figura 2 se presenta el promedio de PM2.5 y PM10 por estación. Se observa que la estación E7 (Instituto Jorge Basadre – Alto de la Alianza) es la que presenta los valores más elevados en ambas fracciones particuladas, lo cual coincide con su alta concentración de PAS.

Relación entre PAS – PM2.5 – PM10

Al comparar los resultados del PAS con los obtenidos del material particulado en suspensión (PM2.5 y PM10), se evidenció una relación directa entre estas variables. Las zonas que registraron altos niveles de PAS (como el entorno del Instituto Jorge Basadre) también concentraron valores superiores de PM2.5 y PM10, lo que sugiere que el polvo sedimentable podría actuar como un indicador de acumulación de partículas en suspensión, especialmente en zonas de alta circulación vehicular y obras civiles. Asimismo, si bien los valores promedio no superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) nacional (PM2.5: 50 µg/m³; PM10: 100 µg/m³), los datos de las estaciones E7 y E8 sí exceden los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS), especialmente en PM2.5, cuya recomendación es de solo 25 µg/m³ para 24 horas. Esto evidencia que, aunque los niveles se mantengan dentro de los parámetros nacionales, podrían representar un riesgo crónico para la salud respiratoria de la población del distrito.

Conclusiones

A partir del estudio realizado se concluye que la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el distrito de Alto de la Alianza, durante el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2024, presentó valores variables según la zona de evaluación, siendo más elevada en sectores intermedios como el AAHH La Esperanza, donde se registró un promedio de 1,15 mg/cm²/mes, en comparación con la zona céntrica, cuyo promedio fue de 0,98

mg/cm²/mes. Estas diferencias están asociadas a factores como la presencia de vías no pavimentadas, actividad vehicular intensa, baja cobertura vegetal y escasa gestión ambiental local. Asimismo, se comprobó que existe una relación directa entre los niveles de PAS y las concentraciones de material particulado en suspensión PM_{2.5} y PM₁₀. Las estaciones con mayor acumulación de PAS coincidieron con los valores más altos de PM, que alcanzó promedios de 34 µg/m³ para PM_{2.5} y 62 µg/m³ para PM₁₀. Aunque dichos valores se mantuvieron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) nacionales, sí superaron los valores guía establecidos por la Organización Mundial de la Salud, lo cual evidencia una exposición potencialmente riesgosa para la salud pública del distrito. En conjunto, estos hallazgos demuestran que el PAS puede ser un indicador útil para identificar zonas de alta carga contaminante en contextos donde el monitoreo automático aún es limitado. Además, el estudio contribuye con evidencia local para el diseño de estrategias de gestión ambiental orientadas a reducir la exposición a contaminantes atmosféricos y mejorar la calidad del aire en zonas urbanas de crecimiento acelerado como Alto de la Alianza.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por su apoyo y colaboración en la presente investigación. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para el éxito de este proyecto, enriqueciendo significativamente nuestro conocimiento en el área de las ciencias ambientales.

Referencias Bibliográficas

- Alola, A., Udemba, E., Iwuagwu, C., & Abdallah, I. (2023). Assessing the human development aspects of CO, PM_{2.5}, PM₁₀, NO_x, and SO₂ in the United States. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18072>
- Cando, L., Armijos, M., Crespo, M., Casignia, S. & Mendoza, C. (2018). Modelamiento geoestadístico de mediciones de concentración de material particulado (PM₁₀) para la validación de un método simplificado. *Anales científicos*, 79(1), 81–91. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1143>
- Castro, M. (2019). *Evaluación de la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del Centro Poblado de Paragsha - Región Pasco, agosto-noviembre 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1989>
- Chambilla, K., Mollinedo, J., Ccosi, B., Apaza, N., & Caceres, A. (2024). Modelamiento geoestadístico de la dispersión de polvo atmosférico sedimentable en puntos de influencia dentro del campus universitario en la ciudad de Tacna, Perú. *Scienceevolution*, 4(12), 201–211. <https://doi.org/10.61325/ser.v4i12.145>
- Gobierno Regional de Tacna. (2022). Informe técnico sobre monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Tacna. Dirección Regional de Salud Ambiental – DIRESA Tacna.
- Guttikunda, S., & Jawahar, P. (2018). Air pollution knowledge assessments (APnA) for 20 Indian cities. *UrbanEmissions.Info*
- Huaycani, E. (2021). *Análisis ambiental de la calidad de aire por material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en la red de monitoreo en el Distrito de Tacna en el año 2015*. [Tesis de maestría – Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann], Tacna – Perú.

- <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/3173>
- Ibazeta, C. (2019). *Comparación de los métodos Bergerhoff y placas receptoras para la determinación de polvo atmosférico sedimentable en el distrito de Miraflores, febrero 2016-febrero 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/843>
- Liu, C., Cao, G., Li, J., Lian, S., Zhao, K., Zhong, Y., Xu, J., Chen, Y., Bai, J., Feng, H., He, G., Dong, X., Yang, P., Zeng, F., Lin, Z., Zhu, S., Zhong, X., Ma, W., & Liu, T. (2023). Effect of long-term exposure to PM_{2.5} on the risk of type 2 diabetes and arthritis in type 2 diabetes patients: Evidence from a national cohort in China. *Environment International*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107741>
- MINAM, Ministerio del Ambiente. (2020). Informe nacional de calidad del aire 2019. Dirección General de Calidad Ambiental. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/77663>
- MINAM, Ministerio del Ambiente. (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. <https://goo.su/B60ISzM>
- Miranda, J. & Merma, L. (2017). *Evaluación de la Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable y Material Particulado (Pm_{2.5}, Pm₁₀) Para la Gestión de la Calidad del Aire 2017 en la Ciudad de Tacna*. [Tesis de ingeniería ambiental – Universidad Privada de Tacna], Tacna – Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/354>
- Motocanche, D. (2019). *Evaluación de la Influencia de las Condiciones Meteorológicas en los Niveles de Material Particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en la Construcción del Hospital Hipólito Unanue de Tacna*. [Tesis de ingeniería ambiental – Universidad Privada de Tacna], Tacna – Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/970>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Rodriguez, L. (2022). *Capacidad de retención de partículas sedimentables en la especie Codiaeum sp y Terminalia catappa, en cuatro parques de la ciudad de San Ramón, provincia de Chanchamayo, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2287>
- Santillán, G., Santillán, J., Caichug, D., Orozco, J., Rivera, M., & Dávalos, G. (2024). Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable del sector de ladrilleras de la matriz del cantón Chambo. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e322. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e322>
- Tapia, O. (2024). Evaluación de Material Particulado PM₁₀ y PM 2.5 en la Ciudad de Latacunga para Generar un Mapeo de Comparación de Calidad de Aire en Zonas Afectadas. *MQRInvestigar*, 8(4), 7570–7594. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.7570-7594>
- Valdivia A., & Coronado, M. (2023). Modelado geoestadístico del polvo atmosférico sedimentable en una comunidad campesina altoandina de Tacna, Perú. *Ingeniería Investiga*, 5. <https://doi.org/10.47796/ing.v5i0.867>
- Verdezoto, F., Muyulema, J., Cuba, H., & Serrano, A. (2022). Temporary assessment of PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter in the Metropolitan District of Quito – Ecuador. *Conciencia Digital*, 5(4.1), 21-44. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i4.1.2393>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Marco Abad Mendoza Atahuachi, Kely Paola Suricallo Menendez, Nelida Yuhmida Apaza Mamani, Nathalie Fabiana Valderrama Maquera y Albert Stony Gamboa Zavala.

