

Artículo Contaminación del aire por partículas finas (PM 0.5 y PM10) en el Perú

E.P. Ingeniería Ambiental

CURSO:

Microbiología

POR:

Evelin Yolanda Condori Hancco

Aimar Jefferson Gonzales Quilla

Diego Armando Calachua Laccacta

Luis Apaza Calisaya

Edixson Yeri ortega tapara

Juliaca, 2025

**Contaminación del aire por partículas finas (PM 0.5 y PM10) en el Perú**

**Evelin Yolanda Condori Hancco, I Aimar Jefferson Gonzales Quilla**, II **Diego Armando Calachua Laccacta** **,II Luis Apaza Calisaya ,II Edixson Yeri ortega tapara**

***aEP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad***

**Resumen**

Los aerosoles, también denominados material particulado o PM (por sus siglas en inglés) son una mezcla compleja de partículas pequeñas y gotas líquidas, que están compuestas por varios componentes, incluyendo ácidos (como nitratos y sulfatos), productos  
químicos orgánicos, metales y partículas de suelo o polvo. El material particulado es uno de los mayores contaminantes en áreas urbanas El impacto de los aerosoles sobre la calidad el aire, la salud humana y el cambio climático está relacionado con el tamaño de  
las partículas. Las más peligrosas son las de 10 micrómetros de diámetro, PM10, o menores porque pueden ser inhaladas y pasar, a través de la nariz y garganta, hasta los pulmones. El objetivo es analizar, la contaminación del aire por material particulado fino (PM2.5 y PM10) en zonas urbanas del Perú, identificando sus principales fuentes de emisión, efectos en la salud humana, composición química, niveles registrados en distintas regiones y las estrategias actuales de monitoreo y control, con el fin de evidenciar la necesidad de fortalecer las políticas publicas y la educación ambiental para reducir sus impactos. Asimismo, se busca resaltar las diferencias regionales en la concentración de estos contaminantes, la efectividad de las medidas aplicadas y la urgencia de implementar acciones multisectoriales que promuevan ciudades mas limpias, seguras y sostenibles para la población vulnerable, especialmente niños y adultos mayores. Finalmente, se pretende fomentar una mayor inversión en investigación científica, ampliar la red de monitoreo ambiental y promover una gestión integral de la calidad del aire en todos los niveles del gobierno.

***Palabras clave:*** Contaminación del aire, Aerosoles, Material particulado, PM10, PM2.5, Contaminantes, Partículas, Gotas líquidas, Ácidos (nitratos, sulfatos), Químicos orgánicos, Metales, Polvo, Suelo.

1. **Introducción**

Ante los desafíos globales relacionados con el cambio climático, el aumento urbanización y actividad industrial, la calidad del aire se ha convertido en uno de los problemas ecológicos y de salud pública más importantes del siglo XXI (Zareef, 2021)

La contaminación del aire, especialmente debido a las partículas finas como PM2.5 y PM10, es considerada una de las mayores amenazas para la salud humana en el Peru (Bodor et al., 2022). Estas partículas microscópicas, que pueden proceder de ambos fuentes naturales y antropogénicas, pueden penetrar profundamente en los pulmones y el torrente sanguíneo, causando graves problemas de salud, incluidos los respiratorios y enfermedades cardiovasculares, e incluso contribuyendo a la mortalidad prematura.(Shahriyari et al., 2022)

Sin embargo, la contaminación del aire no es sólo un problema de salud. También tiene importantes consecuencias ambientales, contribuyendo a problemas como lluvia ácida, visibilidad reducida, degradación de los ecosistemas y cambio climático (Mohan Manjula & Mohan, 2018)

Estas consecuencias no son objeto de investigación descritos en este artículo, pero justifican la investigación. Entendiendo el impacto de factores ambientales como la temperatura del aire exterior y humedad sobre la concentración y dispersión de partículas PM2,5 y PM10 es clave para desarrollar estrategias efectivas para gestionar la calidad del aire y proteger la salud pública economía, provocando pérdidas en la producción agrícola, daños a la infraestructura y mayores costos de atención médica.(Brumberg & Karr, 2021)

1. **Metodología**

Este trabajo consistió en una revisión narrativa de la literatura científica sobre la contaminación por material particulado fino en zonas urbanas, enfocándose en las fuentes de emisión, efectos en la salud y estrategias de control. La búsqueda se realizó en bases de datos como PubMed, Google Scholar, ScienceDirect y Scopus, utilizando términos clave relacionados con PM2.5, PM10, contaminación del aire, salud y ciudades. Se incluyeron artículos publicados entre 2015 y 2024, en inglés y español, que presentaran investigaciones relevantes con metodología clara. Se excluyeron estudios antiguos, centrados en áreas rurales o con datos incompletos. Del total de artículos encontrados, se seleccionaron 35 tras un proceso de filtrado por relevancia y calidad. La información fue organizada por temas como fuentes de emisión, impactos en la salud, métodos de monitoreo y medidas de mitigación. Finalmente, se compararon resultados entre diferentes contextos urbanos, reconociendo patrones comunes y limitaciones como el idioma, el sesgo de publicación y la variabilidad metodológica entre estudios.

1. **Desarrollo**

La contaminación atmosférica es una de las principales problemáticas ambientales y de salud en las zonas urbanas del Perú. Entre los contaminantes más peligrosos se encuentran el material particulado fino (PM2.5) y grueso (PM10), los cuales provienen tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, siendo el tráfico vehicular una de las más importantes. Estos contaminantes afectan directamente al sistema respiratorio y cardiovascular de la población y pueden provocar consecuencias graves a largo plazo. Este artículo analiza y sintetiza la información disponible en estudios recientes realizados en Perú y algunas a fuera.

**3.1 Definición y características de las PM2.5 y PM10**

Las PM10 son partículas con un diámetro aerodinámico menor a 10 micras, mientras que las PM2.5 tienen un diámetro menor a 2.5 micras. Estas partículas son invisibles al ojo humano y tienen la capacidad de penetrar en el sistema respiratorio. Las PM10 se depositan principalmente en las vías respiratorias superiores, mientras que las PM2.5 pueden llegar hasta los alvéolos pulmonares, representando un mayor riesgo para la salud humana (Durand & Burga, 2021).

En cuanto a su composición, los estudios realizados en la Universidad Nacional Agraria La Molina revelaron que las PM2.5 contienen metales como sodio (Na), silicio (Si), calcio (Ca), potasio (K), fósforo (P) y hierro (Fe), muchos de los cuales están asociados a fuentes vehiculares e industriales(Valdivia & Puga, 2017a) La capacidad de estas partículas para transportar contaminantes como metales pesados y microorganismos agrava sus efectos negativos.

**3.2 Fuentes de emisión**

Las fuentes de emisión de material particulado se clasifican en naturales y antropogénicas. Entre las naturales destacan el polvo del suelo, incendios forestales y erupciones volcánicas. Estas fuentes suelen ser esporádicas, pero en ciertas regiones como San Martín, la sequedad del clima y la actividad agrícola contribuyen a la Re suspensión de polvo (Rodríguez, 2017). Las fuentes antropogénicas son las más persistentes y preocupantes. En ciudades como Cajamarca y Lima, el tráfico vehicular representa la principal fuente de emisión de PM2.5 y PM10. Esto se debe a la antigüedad del parque automotor, el uso de combustibles de baja calidad, y la falta de mantenimiento vehicular (Durand & Burga, 2021).. La industria, la construcción y la quema de residuos también contribuyen significativamente a las emisiones.

**3.3 Efectos en la salud humana y el ambiente**

Las PM2.5 y PM10 generan efectos negativos importantes en la salud. Según la OMS, la exposición prolongada puede causar enfermedades respiratorias agudas y crónicas, como asma, EPOC, infecciones respiratorias y enfermedades cardiovasculares. Las partículas más pequeñas (PM2.5) pueden ingresar al torrente sanguíneo y afectar órganos vitales(Valdivia & Puga, 2017b)

Los grupos más vulnerables son niños, adultos mayores y personas con enfermedades preexistentes. Además, estas partículas deterioran materiales, afectan cultivos y reducen la visibilidad, causando impactos negativos en los ecosistemas urbanos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las concentraciones de PM2.5 no superen los 25 µg/m³ (promedio diario) y las de PM10 los 50 µg/m³. En el Perú, el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) vigente permite hasta 50 µg/m³ para PM2.5 y 150 µg/m³ para PM10 (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Los estudios realizados en Lima (Fabiola Moretti-Villegas, 2023) muestran niveles promedio de PM2.5 superiores a estos límites. En Tarapoto, aunque los niveles de PM10 no superaron el ECA, siguen siendo preocupantes en términos de exposición prolongada (Rodríguez, 2017). En Cajamarca, las PM2.5 superaron el ECA en varios años del periodo 2012–2018 (MINAM,2023).

**3.4 Tendencias recientes en monitoreo y control**

En los últimos años se ha incrementado el uso de tecnologías modernas para el monitoreo de la calidad del aire, como muestreadores de alto y bajo volumen, sensores automáticos y sistemas de espectrometría de plasma acoplado (Valdivia & Puga, 2017c)

A nivel institucional, existen iniciativas como los Grupos Técnicos Locales de Calidad del Aire, que en ciudades como Cajamarca colaboran con autoridades municipales para generar planes de acción y promover medidas de control(Durand & Burga, 2021). Sin embargo, la falta de presupuesto y educación ambiental limita la efectividad de estas acciones.

Las estrategias de mitigación deben aplicarse en diferentes niveles:

* **Urbano:** modernización del transporte público, restricciones a vehículos antiguos, pavimentación de calles sin asfaltar.
* **Industrial:** regulación de emisiones, uso de filtros y tecnologías limpias.
* **Doméstico:** promoción de energías limpias y manejo adecuado de residuos.
* **Educación ambiental:** campañas informativas, capacitación escolar y comunitaria.

En Tarapoto, la falta de un plan de desarrollo urbano eficiente ha limitado la mitigación del problema, mientras que en Cajamarca se ha intentado trabajar en colaboración con entidades técnicas y académicas (Rodríguez, 2017; Durand & Burga, 2021).

1. **Discusión**

Los estudios realizados en distintas regiones del Perú revelan que la contaminación del aire por material particulado, especialmente PM10 y PM2.5, es un problema ambiental persistente que pone en riesgo la salud pública, particularmente en zonas urbanas con alta densidad poblacional y actividad económica.

En Carabayllo (Lima), los estudios muestran que las concentraciones de PM10 y PM2.5 superan los límites establecidos por la OMS, especialmente en las estaciones de invierno y otoño. Las fuentes de emisión incluyen actividades vehiculares, construcción y emisiones industriales. Además, se confirma que las partículas PM2.5, por su menor tamaño, representan un riesgo mayor para la salud humana al poder ingresar con mayor facilidad al sistema respiratorio y alcanzar los alvéolos pulmonares (Bedregal et al., 2021)Complementariamente, un estudio en Lomas de Carabayllo relaciona de forma directa la exposición a altos niveles de PM10 y PM2.5 con el aumento de enfermedades respiratorias agudas en niños menores de cinco años. Se resalta que los valores registrados de estos contaminantes en varios puntos superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM), indicando una situación de riesgo constante para esta población vulnerable (Aybar, 2019)

En el Valle del Mantaro, se identificó que el polvo de suelo y las emisiones de fuentes móviles (vehículos) son los principales responsables de las concentraciones de PM10 y PM2.5. Este estudio cuantificó el aporte específico de cada fuente, siendo el polvo de suelo responsable de más del 40 % del material particulado total. Además, se evidenció que la concentración de partículas se incrementa durante la estación seca debido a la falta de lluvias que arrastren o depositen el polvo (Álvarez-Tolentino & Suárez-Salas, 2020)Un análisis comparativo de niveles de PM10 y PM2.5 entre regiones del Perú en el periodo 2015–2019 reveló que varias regiones superan los ECA nacionales, mientras que otras permanecen por debajo. En la costa y la selva, las principales fuentes están relacionadas con actividades económicas como la industria y el transporte, mientras que en la sierra predominan factores atmosféricos y geográficos, como el polvo y la baja humedad (Roberto & Atarama, 2020)

En Tarapoto, los niveles de PM10 y PM2.5 en el Mercado III Huayco no superaron los ECA en el año 2020, pero se señala una tendencia al alza, especialmente por el crecimiento del tránsito vehicular, el comercio informal y las quemas abiertas. Aunque los niveles no fueron alarmantes, el estudio advierte que la exposición prolongada podría afectar la salud de los comerciantes y transeúntes (De La Cruz Grández, 2021)Estos estudios muestran que, si bien existen diferencias regionales en las fuentes y niveles de material particulado, el problema es generalizado y debe ser abordado mediante políticas públicas más estrictas, monitoreo continuo y campañas de concientización ciudadana. También se requiere una ampliación de la red de monitoreo ambiental en zonas rurales y urbanas intermedias, que actualmente no cuentan con cobertura adecuada.

1. **Conclusión**

Después de revisar todos estos estudios, queda claro que la contaminación del aire por partículas finas como PM2.5 y PM10 es un problema serio en muchas ciudades del Perú. No importa si se trata de Lima, Cajamarca, Tarapoto o el Valle del Mantaro, los niveles de estas partículas muchas veces superan los límites recomendados y están afectando directamente la salud de las personas, especialmente la de los niños, adultos mayores y quienes ya tienen problemas respiratorios. Las causas varían un poco dependiendo del lugar, pero en general el tráfico, la construcción, la quema de residuos y el polvo del suelo son las principales fuentes. Aunque se están haciendo esfuerzos para monitorear y reducir esta contaminación, todavía falta mucho por hacer. Se necesita más educación ambiental, mejores políticas, tecnologías más limpias y, sobre todo, una verdadera voluntad de actuar. La calidad del aire que respiramos no debería ser un lujo, sino un derecho para todos.

Álvarez-Tolentino, D., & Suárez-Salas, L. (2020). APORTE CUANTITATIVO DE LAS FUENTES DE PM10 Y PM2.5 EN SITIOS URBANOS DEL VALLE DEL MANTARO, PERÚ. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *36*(4), 875–892. https://doi.org/10.20937/RICA.53473

Aybar, C. E. B. (2019). Contaminación por material particulado (PM10 y PM2.5) y enfermedades respiratorias agudas a menores de 5 años en Lomas de Carabayllo, Lima - Perú. *Revista de Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE*, *3*(8), 10–10. https://www.ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/view/96

Bedregal, P., Rojas, J., & Ubillús, M. (2021). Aerosoles atmosféricos PM10 y PM2.5 en la zona urbana de Carabayllo. *Informe Científico Tecnológico*, *17*(1), 31–32. https://revistas.ipen.gob.pe/index.php/ict/article/view/134

Bodor, K., Szép, R., & Bodor, Z. (2022). The human health risk assessment of particulate air pollution (PM2.5 and PM10) in Romania. *Toxicology Reports*, *9*, 556–562. https://doi.org/10.1016/J.TOXREP.2022.03.022

Brumberg, H. L., & Karr, C. J. (2021). Ambient air pollution: Health hazards to children. *Pediatrics*, *147*(6). https://doi.org/10.1542/PEDS.2021-051484/180283

De La Cruz Grández, D. (2021). Material particulado (PM10 y PM2.5) para el análisis de riesgos en la salud de comerciantes del Mercado III Huayco Tarapoto-2020. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63853

De Psicología, C., Tafur, L. A., Asesor, Z., Luis, M., Luyo, R., & Lima -Perú, P. (2021a). Inteligencia emocional y rendimiento académico en estudiantes de primaria de un colegio privado en el distrito de San Juan de Lurigancho, 2019. *Universidad Privada Del Norte*. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26413

De Psicología, C., Tafur, L. A., Asesor, Z., Luis, M., Luyo, R., & Lima -Perú, P. (2021b). Inteligencia emocional y rendimiento académico en estudiantes de primaria de un colegio privado en el distrito de San Juan de Lurigancho, 2019. *Universidad Privada Del Norte*. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26413

*Entrar*. (n.d.). Retrieved June 7, 2025, from https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/index/login?source=%2Findex.php%2Findes%2Farticle%2Fview%2F247

KOINONIA Santa Ana de Coro Venezuela Liliana Fabiola Moretti-Villegas, F., Irene Tafur-Anzualdo, V., Mateo Valiente-Saldaña, Y., Fabiola Moretti-Villegas, L., Nacional de Trujillo, U., & Libertad Perú, L. (2023). Contaminación del aire en la ciudad de Lima, Perú. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, *8*(2), 822–830. https://doi.org/10.35381/R.K.V8I2.2975

Mohan Manjula, P., & Mohan, P. (2018). Economics And Air Pollution- An Analysis Of Chennai City. *International Review of Business and Economics*, *1*(3), 17. https://doi.org/https://doi.org/10.56902/IRBE.2018.1.3.17

*Resolución de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos N.° 034-2013-SUNARP-ZRN.°IV-JEF - Normas y documentos legales - Superintendencia Nacional de los Registros Públicos - Plataforma del Estado Peruano*. (n.d.). Retrieved June 7, 2025, from https://www.gob.pe/institucion/sunarp/normas-legales/1619026-034-2013-sunarp-zrn-iv-jef

Roberto, I. M., & Atarama, S. (2020). Estudio comparativo de niveles de material particulado PM10 y PM2.5 según regiones en Perú período 2015–2019. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59365

Shahriyari, H. A., Nikmanesh, Y., Jalali, S., Tahery, N., Zhiani Fard, A., Hatamzadeh, N., Zarea, K., Cheraghi, M., & Mohammadi, M. J. (2022). Air pollution and human health risks: mechanisms and clinical manifestations of cardiovascular and respiratory diseases. *Toxin Reviews*, *41*(2), 606–617. https://doi.org/10.1080/15569543.2021.1887261;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:ITXR20

Valdivia, S. P., & Puga, C. M. L. (2017a). Evaluación de la composición química del material particulado PM2,5 en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, *78*(2), 210–215. https://doi.org/10.21704/AC.V78I2.1058

Valdivia, S. P., & Puga, C. M. L. (2017b). Evaluación de la composición química del material particulado PM2,5 en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, *78*(2), 210–215. https://doi.org/10.21704/AC.V78I2.1058

Valdivia, S. P., & Puga, C. M. L. (2017c). Evaluación de la composición química del material particulado PM2,5 en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, *78*(2), 210–215. https://doi.org/10.21704/AC.V78I2.1058

Zareef, A. (2021). HEALTH IMPACTS OF AIR POLLUTION AND CLIMATE CHANGE. *KHYBER MEDICAL UNIVERSITY JOURNAL*, *13*(4), 254–256. https://doi.org/10.35845/KMUJ.2021.22287