**Gestión y mitigación de la contaminación del aire en Lima Metropolitana: retos y propuestas estrtégicas**

Pillaca Evelyn1, Luna Elizabeth2, Cuno Lettsy3

*Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP Ingeniería Ambiental Juliaca, Perú*

**Resumen**

En el siguiente artículo, desarrollaremos los aspectos más resaltantes del tema relacionado a la gestión y mitigación de la contaminación atmosférica en Lima Metropolitana. La contaminación del aire en Lima Metropolitana constituye una seria amenaza para la salud pública y el ambiente, principalmente causada por las acciones que realiza el ser humano, como el transporte urbano, las emisiones industriales y la quema de residuos. Las principales fuentes de contaminantes como CO, NOx y HC provienen de un parque automotor obsoleto, combustibles de baja calidad y escasa adopción de tecnologías limpias. Por ello, el presente artículo de opinión tiene el objetivo de analizar y explicar los retos y propuestas estratégicas que se enfrentan, para una adecuada gestión y mitigación de la contaminación del aire en Lima Metropolitana. Se concluye que enfrentar este problema exige una gestión multisectorial que incluya modernización vehicular, fiscalización industrial, impulso a energías limpias, mejoras en infraestructura y educación ambiental. Su implementación dependerá de una coordinación efectiva entre políticas públicas, financiamiento adecuado y compromiso ciudadano.

In the following article, we will explore the most important aspects of the topic related to the management and mitigation of air pollution in Lima Metropolitana. Air pollution in Metropolitan Lima constitutes a serious threat to public health and the environment, primarily caused by human activities such as urban transportation, industrial emissions, and waste burning. The main sources of pollutants such as CO, NOx, and HC come from an obsolete vehicle fleet, low-quality fuels, and the limited adoption of clean technologies. Therefore, this opinion piece aims to analyze and explain the challenges and strategic proposals faced for adequate management and mitigation of air pollution in Metropolitan Lima. It is concluded that addressing this problem requires multisectoral management that includes vehicle modernization, industrial oversight, promotion of clean energy, infrastructure improvements, and environmental education. Its implementation will depend on effective coordination between public policies, adequate financing, and citizen engagement.

Palabras clave: Contaminación del aire, gestión, mitigación

**1. Introducción**

**1.1 Justificación y contextualización**

La contaminación del aire es una mezcla de sustancias de alta concentración que tienen impactos negativos en la salud pública y privada de la población. Este problema es consecuencia de las diversas actividades que realiza el ser humano. Es por ello que el presente artículo de opinión fue motivado por analizar y explicar los retos y propuestas estratégicas que se enfrentan, para una adecuada gestión y mitigación de la contaminación del aire en Lima Metropolitana. Siendo mi principal objetivo responder a la pregunta en cuestión: ¿En qué medida el accionar del hombre contribuye a un aumento de contaminación atmosférica en Lima Metropolitana? ¿De qué manera podemos mitigar el impacto de la contaminación del aire en la ciudad de Lima?

Lima es una de las ciudades con mayor cantidad de población, lo cual supone una alta demanda del consumo de diferentes recursos, y a su vez una mayor contaminación del aire. Estudios como el de Saavedra (2014) evidencian que el 82% de las emisiones vehiculares corresponde al monóxido de carbono; mientras que Sagástegui (2012) resalta el impacto del polvo fugitivo en la industria cementera. A ello se suman factores estructurales como la débil regulación ambiental, baja inversión en control atmosférico y condiciones meteorológicas adversas.

**1.2 Marco teórico**

**1.2.1 Definición de contaminación del aire**

El Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial (2014) define a la contaminación del aire como: cualquier sustancia que al ser liberada en la atmósfera altera la composición natural del aire y puede ocasionar efectos adversos en los seres humanos, vegetación, animales o los materiales. Es por ello que la contaminación del aire es una mezcla de partículas sólidas de alta concentración, a causa de la actividad del hombre. El cual tiene un gran impacto en la salud pública y privada de diversos individuos.

“La contaminación del aire es la alteración del aire debido a las actividades del humano, tales como: Gases que expulsan los automóviles, industrias, incendios y quemas forestales, basura, desechos industriales y desechos domésticos” (Echeverri, 2019, p. 79). Entonces, Las diversas actividades que realiza el hombre alteran la calidad del aire, produciendo así su contaminación.

De acuerdo con Barriendos (2014) la contaminación del aire se origina por una serie de factores como:

 Actividades humanas, tales como el elevado volumen de vehículos en circulación, la antigüedad del parque automotor, el predominio de combustibles como el diésel y la gasolina, así como la limitada utilización de energías más limpias como el gas natural y la electricidad en el transporte vehicular” (p.7).

Por lo tanto, las actividades que realiza el ser humano tienen mayor impacto en la salud de la atmosférica, tales como el transporte urbano, donde se produce mayor cantidad de CO2 y NO2. Así mismo las actividades humanas limitan el uso de energías más limpias y saludables para nuestro entorno.

 “Los contaminantes primarios son aquellos que proceden de manera directa de fuentes de emisión, como los electrodomésticos, artefactos de calefacción, los tubos de escape de los autos, entre otros” (Bellido y Glicerio, 2020, p. 26). Existen dos grupos contaminantes: primarios y secundarios. Los primarios proceden de manera directa, mientras que los secundarios se forman a partir de reacciones químicas.

**1.3 Antecedentes**

En la investigación de Saavedra (2014) con el título “Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular”. Finalizó con el siguiente resultado, el 82% de las emisiones corresponde al monóxido de carbono (CO), el 11% a los hidrocarburos (HC) y el 7 % restante a los óxidos de nitrógeno 12 (NOx). Las emisiones evaporativas en circulación correspondientes a los hidrocarburos provenientes de los vehículos que utilizan gasolina como combustible.

En la investigación de Sagástegui (2012) con el título “Propuesta para reducir las emisiones de polvo fugitivo en el proceso productivo de una empresa cementera”. Finalizó con el siguiente resultado, se estima que el 68% de la población experimenta efectos respiratorios por la contaminación atmosférica, por lo cual es importante considerar el desprendimiento de polvo para poder reducir la contaminación.

**2. Desarrollo**

La contaminación atmosférica, se refiere a la presencia de sustancias nocivas en el aire que respiramos. Estas sustancias pueden ser de origen natural o, en su mayoría, resultado de actividades humanas.

 Las causas de la contaminación atmosférica son diversas. Una de las más significativas es la falta de conciencia ambiental. Según la OMS (2018) a menudo hay una falta de conciencia acerca de la carga de enfermedad atribuible a la contaminación del aire ambiental exterior. (párr. 28). El poco conocimiento e interés de la gente sobre el impacto de sus acciones diarias como usar autos viejos o quemar basura provoca que se liberen gases y partículas dañinas al aire, de tal manera que contribuimos a la degradación de la salud del medio ambiente y la salud pública. Por ello, el aumento de inconciencia ambiental contribuye a la contaminación del aire de Lima, sumado el inadecuado manejo de residuos y a la descontrolada emisión de partículas contaminantes. En síntesis, La falta de conciencia ambiental contribuye al incremento de la contaminación del aire, pues las personas no utilizan los recursos naturales de manera racional y equitativa. Estas acciones conducen a la pérdida y el daño de diferentes recursos naturales vitales para la supervivencia.

Por otro lado, La falta de gestión de la contaminación atmosférica por parte de las autoridades genera altas emisiones de dióxido de carbono (CO2), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre y (PM) por fábricas y vehículos en la ciudad de Lima. De acuerdo con la Facultad de Ingeniería (UdeA), citando a la OMS, señala que varios países del tercer mundo por una mala gestión tienen un promedio de 93 000 muertes anuales por la cantidad de sustancias tóxicas emitidas a la atmósfera, contaminación del aire y afectaciones en la salud. Por ello se hace necesario el desarrollo de políticas ambientales y la buena gestión. Entonces, La ausencia de una adecuada gestión ambiental incrementa la polución del aire, lo que provoca un aumento de enfermedades respiratorias y el deterioro del entorno en el que nos encontramos. Sin embargo, gracias a la falta de interés que le ponen las autoridades a este problema, el incremento de la emisión de las partículas tóxicas a la atmosfera va en aumento. Pues la población aprovecha esta situación para generar más ingresos económicos. Como menciona la Organización Panamericana de la Salud (2000); Las principales fuentes de contaminantes sintéticos incluyen las emisiones de fundiciones, las plantas de acero y otras instalaciones manufactureras con poca regulación ambiental generando más contaminación atmosférica, además de las emisiones de fuentes móviles como autos, camiones y aeroplanos. Por tal motivo, el funcionamiento de empresas y vehículos incumpliendo normas ambientales provoca un incremento de contaminación en la atmósfera. Al no existir una buena gestión la población genera más beneficios para sí misma. Por ejemplo, al no existir un límite de emisión de gases contaminantes a la atmosfera por persona, incrementan el uso de vehículos en el parque automotor de Lima. Según la investigación de Justo et al. (2023) que cita a la Agencia de Protección al Medio Ambiente de los EE. UU. (EAP, de sus siglas en inglés) en 2012 los vehículos fueron responsables de emisiones de más del 75 % de monóxido de carbono (CO) y 60% de óxidos de nitrógeno (NOx). Entonces, el uso excesivo de este transporte eleva la cantidad y congestionamiento en el parque automotor de Lima metropolitana provocando una elevada emisión de gases contaminantes, tóxicos para la atmósfera y el aire. Sin embargo, aún existen personas que luchan por el cambio, que actúan implementando diferentes proyectos con el fin de dar soluciones viables y sostenibles a esta problemática. Pero, la falta de presupuesto para la implementación de estos proyectos persigue a cada región, país y estado. Según Ali Khan, et al. (2024) La implementación del enfoque de cuenca atmosférica en países en desarrollo puede enfrentar desafíos debido a diversas limitaciones, como la escasez de recursos, especialmente en términos financieros (p. 1). De tal forma que, la ausencia de recursos impide la aplicación de métodos y proyectos para poder controlar la contaminación ambiente en Lima Metropolitana.

Así mismo, la presencia de industrias contaminantes provoca el aumento de diversas enfermedades. Según Gutiérrez (2021) que cita a Moyano y Gamón, las industrias tienen numerosos efectos adversos en la salud, entre las que se destacan problemas en el sistema respiratorio, sistema inmunológico, piel y tejidos mucosos, sistema sensorial, sistema cardiovascular, sistema nervioso central y periférico, siendo estos los causantes de miles de muertes al año en el mundo (p. 4). Por otro lado, Estas industrias impactan áreas cercanas al generar altos niveles de contaminación, provocando daños irreparables en los ecosistemas, y alterando la calidad del agua, el suelo y el aire, lo que perjudica especialmente a poblaciones vulnerables como niños y adultos mayores. Esto ocurre porque a menudo no prestan atención a este problema, ya que priorizan las ganancias sobre la protección ambiental. De tal manera que, la concentración de estas industrias en áreas urbanas genera el aumento de SO2​, NOx​ y material particulado generando problemas de calidad del aire e impactos directos en la salud y el medio ambiente. En tal caso, las industrias afectan a zonas cercanas ya que presentan niveles críticos de contaminación causando daño irreversible a ecosistemas, contaminando fuentes de agua, suelos y aire, y afectando directamente a comunidades vulnerables como niños, ancianos.

De igual forma, La quema de basura y el uso de combustibles de baja calidad y con alto contenido de azufre genera la precipitación de la lluvia ácida. De acuerdo con LA RAZÓN (2020) Al incinerar basura se liberan tóxicos y sustancias como: plomo, cadmio, mercurio, gases de efecto invernadero, gases ácidos y tóxicos, que pueden ser de efectos letales para la población (párr. 1). La quema de residuos sólidos en zonas periféricas de Lima contribuye a la liberación de partículas tóxicas a la atmósfera generando la contaminación del aire. Así mismo, este trae consecuencias perjudiciales para la salud. Esta emisión de partículas toxicas genera su acumulación en la atmosfera volviendo a la tierra en forma de precipitaciones (lluvia ácida). Por otro lado, Según la investigación de Abel Sotomayor y Gloria Marín (2010) menciona que: “El promedio de las concentraciones de SO2 y NO2 en estaciones de la Panamericana Norte (Lima) fue de 35,121 µg/m 3 y de NO2 fue de 60,294 µg/m 3 que se encuentran por encima del valor establecido por la OMS y dentro de los límites establecidos por la DIGESA”

El uso de combustibles de baja calidad genera la emisión de contaminantes altamente dañinos como el dióxido de azufre (SO2) que contribuye a la formación de lluvia ácida, que afecta suelos, cultivos y agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Por último, la ausencia de lluvias y vientos débiles hacen que los contaminantes se queden en el aire más tiempo. De acuerdo con Loayza (2023) "La relación entre la concentración de PM2.5 con viento y temperatura del aire son inversamente proporcional y directamente proporcional con la humedad relativa"(p. 12). Entonces, la falta de lluvias reduce la humedad relativa, lo cual favorece mayores concentraciones de contaminantes como el PM2.5. De igual forma sucede con las lluvias, según el estudio de Oscategui (2020) menciona que:

El viento también desempeña un papel significativo en el transporte y dilución de los contaminantes. Cuando su velocidad aumenta, mayor es el volumen de aire que se desplaza por unidad de tiempo, por la zona donde está localizada una fuente de emisión de contaminantes. Por tanto, vientos débiles generan una mínima dilución, mientras que vientos fuertes proporcionan considerable dispersión. (p. 34 -35)

El viento desempeña un papel muy importante en la contaminación atmosférica pues, a medida que los vientos son fuertes estos tienen la capacidad de dispersar los contaminantes de manera efectiva, mientras que los vientos débiles causan una menor dilución y acumulación de los gases contaminantes. Los vientos débiles que posee la ciudad de Lima contribuyen a la acumulación de contaminantes en el aire
como el NO2 y CO. Se forma una “capa” de contaminación como neblina o smog, que contribuye al calentamiento local, además del aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, a la comunidad vulnerable.

**Conclusión**

En conclusión, Las causas y consecuencias de la contaminación atmosférica en Lima Metropolitana son diversas y variadas. Primero, la falta de conciencia ambiental, la mala gestión, la presencia de industrias contaminantes, La quema de basura y el uso de combustibles de baja calidad y la ausencia de lluvias y vientos débiles contribuyen al incremento de la contaminación del aire en la ciudad de Lima Metropolitana. A menudo, la población hace un mal uso de los recursos naturales. Ello genera pérdida, degradación y daño a los ecosistemas y la biodiversidad en general. Es por ello que, el accionar del hombre contribuye en gran medida a el aumento de contaminación atmosférica en Lima Metropolitana. Frente a esta problemática debemos promover el uso de energías renovables, como la solar y la eólica, que no solo son sostenibles, sino que también reducen las emisiones de gases contaminantes. Además, debemos apoyar políticas que fomenten el transporte público y la movilidad sostenible.

La contaminación atmosférica es un problema que no solo afecta a la ciudad de Lima, sino que también es un problema que viene afectando al mundo entero. Este problema requiere atención inmediata y acción colectiva. Sus efectos son devastadores tanto en la salud humana y el medio ambiente, y es fundamental que tomemos medidas para reducir nuestra huella de carbono y promover un futuro más sostenible. Solo a través de la colaboración y el compromiso cada uno de nosotros podemos mitigar los efectos de la contaminación atmosférica y crear un mundo más limpio y saludable para las generaciones futuras. Es por ello que invito al lector a tomar acción frente a esta problemática, ya sea con un granito de arena, cada acción cuenta. Es hora de actuar y proteger nuestro planeta para un futuro mejor.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Ali Khan, et al. (2024). Una revisión crítica de la gestión de la contaminación del aire mediante el enfoque de cuencas atmosféricas. Consultado el 27 de mayo del 2025.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772737824000026?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=949f67319975a9ea>

Barriendos M. (2024). Plan Wayra, Estrategia para la Disminución de la Contaminación del aire en Lima y Callao. Consultado el 22 de abril de 2025. file:///C:/Users/user/Downloads/out.pdf

Bellido G., Glicerio E. (2020). Conciencia ambiental mediante la implementación de proyectos de calidad del aire. Universidad Nacional De Educación Consultado el 22 de abril de 2025.<https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/35bf5d28-ff5e-49f2-b2ee-153f14c5e64b/content>

Echeverri, Carlos. (2019). Contaminación atmosférica 1.a ed. Colombia: Ediciones de la U. Consultado el 22 de abril de 2025.<https://books.google.com.pe/books?id=QzSjDwAAQBAJ&printsec=fro>

Espinoza, A. J., & Pastor, T. K. (2021). Tributo municipal que busca reducir la contaminación atmosférica producida por el parque automotor a fin de obtener un ambiente equilibrado para el desarrollo de la vida y la salud en Lima Metropolitana, 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Consultado el 22 de abril.<https://hdl.handle.net/11537/29994>

Gutiérrez A. (2021). Una alternativa para mejorar la calidad del aire y generar conciencia ambiental en Lima Metropolitana, 2021. Consultado el 23 de mayo del 2025. https://repositorio.tls.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12826/134/Trab\_Invest\_Greenworld.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial (2004). Gestión de la calidad de la calidad del aire. Causas, Efectos y Soluciones. Consultado el 23 de mayo del 2025.<https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/mambiente/gest_cal/pdf/t_completo.pdf>

La razón (2020). Los peligrosos contaminantes inviables. Consultado el 23 de mayo del 2025. <https://larazon.pe/los-peligrosos-contaminantes-invisibles/#google_vignette>

Justo S. et al. (2023). Congestión Vehicular y Contaminación Ambiental en Lima Metropolitana. Consultado el 23 de mayo del 2025. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492022000100152&script=sci_arttext>

Loayza R. (2023). “Las condiciones meteorológicas y su influencia en la calidad del aire ambiental por pm2.5 de Lima metropolitana en el año 2017”. Consultado el 19 de mayo del 2025.<https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/8485/TESIS_LOAYZA%20RIOS%20%20DORIS%20RAQUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización Mundial de la Salud (2018).Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes. Consultado el 23 de mayo del 2025. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20a%20menudo%20hay%20una,locales%20m%C3%ADnimos%20para%20tomar%20medidas>.

 Oscategui A. (2020). Análisis de las concentraciones del PM10 en su interacción con los factores meteorológicos en el distrito de Ate – provincia de Lima, durante los años 2014 al 2018. Consultado el 23 de mayo del 2025.<http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2115/1/T026_47047329_T.pdf>

Radio programas del Perú (2018). La mala fiscalización de las autoridades municipales agrava la contaminación en Lima. Consultado el 19 de mayo del 2025.<https://rpp.pe/lima/actualidad/mala-fiscalizacion-de-autoridades-municipales-agrava-la-contaminacion-en-lima-noticia-1118700?utm_source=chatgpt.com>

Marin Linares, M. V. (2019). Relación entre la contaminación del aire y la salud de los pobladores del sector nueva esperanza, en el distrito de Villa Maria del Triunfo, mes de agosto 2018. Universidad Nacional Federico Villarreal. Consultado el 29 de abril del 2025.<https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/3952/MARIN%20LINARES%20MAYRA%20VANESSA%20-%20TITULO%20PROFESIONAL%20.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Saavedra Vargas, J. D. (2014). Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/aa433fb1-6def-4f0d-abfb-67d451eedcc9>

Sagástegui Delgado, A. (2012). Propuesta para reducir las emisiones de polvo fugitivo en el proceso productivo de una empresa cementera. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Laureate International Universities.<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/322410/Sagastegui_DA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.