



REVISTA

JUVENTUD Y CIENCIA SOLIDARIA:

En el camino de la investigación

RELACIÓN ENTRE MATERIAL PARTICULADO FINO (PM_{2.5}) Y LA SALUD RESPIRATORIA EN ESTUDIANTES DE UNA UNIDAD EDUCATIVA EN CUENCA

Antonella Sofía Fernández de Córdova Abril



Mi nombre es **Antonella Sofía Fernández de Córdova Abril**, estudio en tercer año de Bachillerato General Unificado en la Unidad Educativa Técnico Salesiano. Me interesan la mecánica, la construcción y el trabajo con madera. Disfruto aprender de manera práctica y desarrollar proyectos técnicos. En el futuro, deseo continuar mi formación en un área relacionada con la ingeniería.

Resumen

Este estudio evaluó la relación entre la concentración de material particulado fino menor a $2.5\mu\text{m}$ (PM_{2.5}) suspendido en el aire y la tasa de casos de sintomatología respiratoria en una unidad educativa durante el periodo 2022 a 2024. Para el análisis, se utilizó la base de datos médica institucional, garantizando la confidencialidad de los casos y con asesoría académica y profesional, a partir de la cual se obtuvo la tasa de sintomatología respiratoria. Además, se indagó en

la base de datos de la EMOV para obtener valores actuales e históricos de la concentración de PM_{2.5} en los meses de septiembre a noviembre de los años 2022 a 2024. Con estos datos, se calculó la media aritmética del material particulado fino en la atmósfera de la ciudad y se correlacionaron con los datos de las tasas de manifestaciones respiratorias en la institución para el mismo periodo y meses. Los datos mostraron que la sintomatología respiratoria depende del año analizado,

con una correlación positiva entre la tasa de sintomatología respiratoria y la concentración de PM_{2.5}. Estos resultados indican que la exposición a PM_{2.5} en la institución podría inducir respuestas inflamatorias en el organismo asociadas a síntomas respiratorios. Se sugiere ampliar la investigación considerando otras variables como la presencia de alérgenos estacionales y la temperatura; además, extender el período de análisis favorecería la identificación de patrones de comportamiento.

Palabras clave: sintomatología respiratoria, partículas finas, respuesta inflamatoria, hiperreactividad bronquial, contaminante atmosférico

Explicación del tema

Las manifestaciones respiratorias constituyen padecimientos que afectan al sistema respiratorio, ocasionando síntomas como la tos, rinorrea, congestión nasal, entre otros [1]. Entre las enfermedades asociadas están el asma e infecciones o alergias agudas, como la faringitis o rinitis alérgica [2, 3]. Estas se relacionan con factores ambientales, siendo la contaminación atmosférica uno de los principales causantes. Según Flood et al. [4], el 50% de los habitantes a nivel mundial viven en áreas urbanas, estando constantemente expuestos a contaminantes aéreos, siendo uno de estos el material particulado atmosférico (MPA).

Las micropartículas constituyen elementos microscópicos formados por sustancias líquidas o sólidas, y compuestos orgánicos o inorgánicos. Estos contaminantes atmosféricos son antropogénicos, pero también se producen por eventos naturales como incendios y erupciones volcánicas [5, 6]. Dentro del MPA están las partículas finas (PM_{2.5}), con gran impacto en espacios contaminados, pues su tamaño de 2.5 µm de diámetro facilita su entrada al sistema respiratorio [6, 7].

Algunos autores asocian a las micropartículas con la aparición o desencadenamiento de enfermedades y sintomatología respiratorias [8, 9]. Según Oryazún [5], las PM_{2.5} alcanzan los alvéolos evadiendo la respuesta fagocítica de los macrófagos alveolares, donde atraviesan la barrera alveolocapilar para transportarse por la sangre, afectando órganos como los pulmones y el corazón. Consecuentemente, estas partículas pueden provocar infartos de miocardio y enfermedades crónicas

como el cáncer de pulmón [10, 11].

Algunos autores plantean que la contaminación intradomiciliaria con MPA es más nociva para el sistema respiratorio que la extradomiciliaria [8]. Por esto, la autora de la presente investigación considera que las instituciones educativas podrían ser un foco de preocupación, especialmente cuando los estudiantes reciben clases en ambientes cerrados aproximadamente 6–7 horas diarias, volviéndose vulnerables ante las partículas derivadas de incendios forestales o en otras situaciones ambientales donde estas sobrepasan la media recomendada para una calidad de aire saludable (15 µg m⁻³) [12]. Por ello, esta investigación tiene por objetivo determinar la relación entre la concentración de PM_{2.5} y la tasa de casos de manifestaciones respiratorias en estudiantes de una unidad educativa entre los meses de septiembre a noviembre durante los años lectivos 2022–2024. Conocer el comportamiento de estas variables mediante un seguimiento en el tiempo permitirá identificar tendencias, lo que podría ayudar a la institución a establecer estrategias de prevención frente al MPA.

Diseño de la investigación

Selección de los datos clínicos y requerimientos bioéticos

Para obtener el registro estudiantil de manifestaciones respiratorias en el tiempo, se accedió a la base de datos médica del campus. Para ello, se elaboró una carta de solicitud que fue aprobada por los administrativos y por el responsable del Departamento Médico, donde se protegió la identidad de los pacientes mediante el anonimato (la autora no tuvo acceso a los nombres de los pacientes, solo a los datos brutos) [13]. Cabe recalcar que el registro incluía todas las consultas médicas de distintas patologías entre los meses de septiembre a noviembre de los años 2022 a 2024, para un total de 1328 atenciones médicas, y una población estudiantil promedio de 386, a las que se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar las muestras de cada año.

Criterios de inclusión

- **Sintomatología respiratoria:** se incluyeron todos los pacientes con sintomatología respiratoria tales como: rinoфарингитis aguda, faringitis, asma, rinitis alérgica, alergia, laringitis, amigdalitis, rinitis, sinusitis, dolor de garganta, dificultad para respirar, irritación ocular y congestión nasal. Estas manifestaciones, a su vez, fueron seleccionadas al asociarse con la exposición a micropartículas; por ejemplo, según Vásquez et al. [9], las PM2.5 estimulan la hiperreactividad bronquial en la respuesta inmune de la rinitis alérgica. Los registros debieron estar completos, incluyendo de forma clara el diagnóstico emitido por el especialista médico de la institución.
- **Tiempo:** se seleccionaron los años 2022, 2023 y 2024, pues se buscaba analizar un comportamiento actualizado de la sintomatología respiratoria, siendo los años más recientes de la base de datos médica y los más completos en cuanto a atenciones médicas en los meses seleccionados. Asimismo, la muestra abarcó únicamente el trimestre: septiembre, octubre y noviembre, puesto que fueron meses en donde los datos de las estaciones de medición y de la incidencia de casos institucionales estuvieron completos. También se escogieron porque tenían todos los días del mes con asistencia presencial registrados en la institución, permitiendo un análisis más objetivo.

Criterios de exclusión

- **Registros médicos inconsistentes o incompletos:** se excluyen porque no permitieron obtener un dato de calidad, por ejemplo, los que no tenían un diagnóstico claro o no registrado.
- **Sintomatología no respiratoria:** se excluyen todos los casos con diagnósticos digestivos, malestar general no específico (por ejemplo, dolor de cuerpo, dolor de cabeza, entre otros), traumatismos, entre otros.
- **Datos repetidos:** se consideró como un dato repetido la asistencia de un mismo estudiante la

misma semana o el mismo día, por el mismo motivo de consulta. Este dato fue aportado por el departamento médico, pues no se tenía acceso a la identificación de los pacientes.

Obtención de datos de PM2.5

Para los datos de la concentración de PM2.5 en la ciudad, se consultó la base de datos de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV) (<https://caire.emov.gob.ec/>). Esta consiste en una red de monitoreo de la calidad del aire con varias estaciones ubicadas alrededor de la ciudad. Se escogió como fuente al ser un sitio web oficial de la alcaldía que proporciona datos diarios de todos los meses y años, permitiendo un análisis de calidad. De esta fuente se obtuvieron registros de los años 2022, 2023 y 2024, en los meses correspondientes de septiembre a noviembre. Para ello, se escogió la estación más cercana a la institución, y posteriormente el contaminante atmosférico “PM2.5”. Finalmente, se colocó la fecha de inicio y fin del periodo a analizar. Estos datos se descargaron mediante el programa Microsoft Excel y se obtuvo la media respectiva por mes y año.

Procesamiento de los datos

La tasa de casos con sintomatología respiratoria se calculó dividiendo el número de casos de sintomatología respiratoria de los meses agrupados para el total de consultas y multiplicándolo por el factor 100. Para determinar si existía relación entre estos datos y las concentraciones de PM2.5, se utilizó el coeficiente de correlación lineal de Pearson. Para el procesamiento de los datos se utilizó Microsoft Excel.

Resultados

La Tabla 1 muestra la frecuencia de casos con sintomatología respiratoria en el trimestre de septiembre a noviembre de los años 2022 a 2024. El año de mayor tasa de casos con sintomatología respiratoria fue 2024 con 28,1 casos por cada 100 atenciones médicas, mientras que el menor fue en 2023 con 17,6 casos por cada 100 atenciones.

Tabla 1. Datos brutos de la frecuencia de casos de sintomatología respiratoria en los meses septiembre, octubre y noviembre de los años 2022 a 2024

Variables	2022	2023	2024
Estudiantes con sintomatología	77	72	152
Total de estudiantes atendidos	378	409	541
Tasa de casos/100 atenciones	20,4	17,6	28,1

Fuente: Base de datos del Departamento Médico

Antes de evaluar una posible relación de la tasa de sintomatología respiratoria con la concentración atmosférica de PM2.5, se obtuvieron las medias aritméticas de estos datos a partir de los meses y años seleccionados previamente, construyéndose la Tabla 2.

Tabla 2. Concentración de partículas finas PM2.5 en los meses septiembre, octubre y noviembre de los años 2022 a 2024

Meses/Años	2022	2023	2024
Septiembre	20,0	13,5	23,2
Octubre	13,0	8,9	10,7
Noviembre	15,6	9,4	26,0
Media	16,2	10,6	20,0

Fuente: Base de datos EMOV. Valores en $\mu\text{g m}^{-3}$

Al enfrentar los datos de la concentración de PM2.5 y la tasa de casos con sintomatología respiratoria en el gráfico de la Figura 2, se puede observar que ambas variables se correlacionan positivamente con un coeficiente de correlación lineal de $r = 0,93$. Así, la mayor tasa de casos se corresponde con la mayor concentración de PM2.5 en los meses evaluados y viceversa.

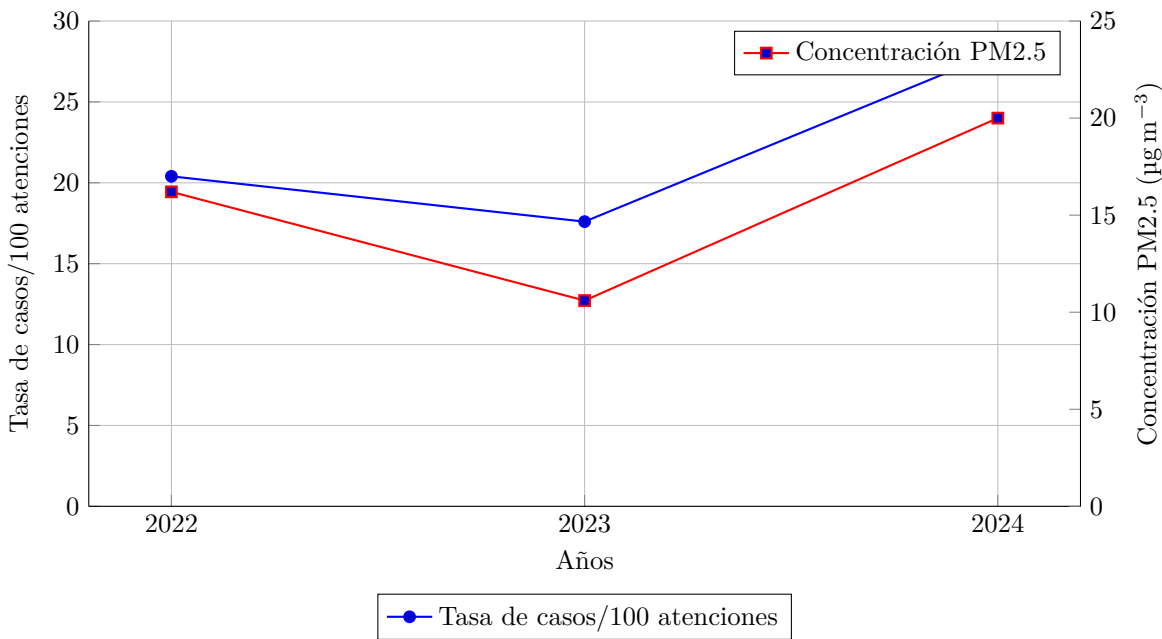


Figura 2. Concentración promedio de partículas finas PM2.5 y tasa de casos con sintomatología respiratoria en los años 2022 a 2024.

Fuente: Base de datos del Departamento Médico y base de datos de la EMOV

Conclusiones

Los resultados sugieren una relación entre la concentración de PM2.5 y el comportamiento de la tasa de casos de manifestaciones respiratorias en estudiantes durante el tiempo analizado (trimestre septiembre a noviembre), y que esa correlación es positiva y fuerte, manteniendo ambas variables una tendencia a disminuir de septiembre a octubre, y a aumentar de octubre a noviembre.

Estos resultados concuerdan con Flood et al. [4], quienes plantean que la exposición a PM2.5 provoca la sobreestimulación de respuestas inmune innata y adaptativa proinflamatorias en las vías respiratorias, desencadenando la sintomatología respiratoria, concordando con los resultados obtenidos. De forma más específica, Falcón et al. [14] sostienen que las partículas finas suspendidas en el aire desencadenan respuestas inmunes que predisponen a las crisis asmáticas, lo que se relaciona con la liberación de citocinas y el incremento de la secreción de moco en el epitelio respiratorio, manteniendo la inflamación por eosinófilos y estimulando la hiperreactividad bronquial. Cuando esto ocurre, se manifiesta esta patología obstructiva, pues el exceso de mucosidad provoca que las vías aéreas se estrechen, desencadenando el asma.

Asimismo, Vásquez et al. [9] señalan efectos similares de las PM2.5 sobre la rinitis alérgica (RA), pues cuando estas partículas son detectadas por componentes del sistema inmune, los linfocitos B sintetizan anticuerpos de inmunoglobulina E (IgE) específicos para el antígeno, lo que puede elevar también la mucosidad nasal. La unión de la IgE con células efectoras donde reside el alérgeno dará paso a la sensibilización de células innatas, desencadenando los síntomas de la RA.

A pesar de lo anterior, el presente estudio presenta limitaciones. Una de ellas es que el comportamiento de la tasa de casos podría asociarse con otros factores no evaluados como la temperatura, dado que en Cuenca-Ecuador, la temperatura mínima de los meses analizados corresponde a 8–10 °C, perteneciendo mayormente a la estación húmeda [15, 16]. El frío es un factor que facilita la entrada de patógenos a las vías respiratorias, al mismo tiempo que reduce la ventilación en espacios cerrados, aumentando el riesgo de

exposición a los mismos [17, 18]. Por tanto, analizar meses fríos pudo influir en la tasa de manifestaciones respiratorias por infecciones más no por contaminantes ambientales. Finalmente, las estaciones de monitoreo de la EMOV se encuentran alejadas de la institución, por lo que los niveles de PM2.5 podrían ser diferentes a las estimadas.

Como sugerencias de mejora, se recomienda ampliar el análisis, evaluando muchos más meses del año, y muchos más años e instituciones a nivel cantonal o provincial para que el coeficiente de correlación pueda verdaderamente mostrar una tendencia más clara. Asimismo, se podrían incluir otras variables asociadas como la presencia de alérgenos o la temperatura, pues esto permitiría identificar otras interacciones o variables influyentes. Además, se recomienda a la institución gestionar una estación de monitoreo en o cerca de la institución, lo que ayudaría con un registro de valores más precisos de la concentración de PM2.5 en la zona.

Agradecimientos

Se extiende un agradecimiento al personal del Departamento Médico institucional por permitir el acceso responsable a los registros estudiantiles con fines investigativos. Asimismo, se agradece al docente Dariel Díaz por sus aportes en la revisión y retroalimentación del presente estudio.

Referencia

- [1] Boehringer Ingelheim. (2025) Enfermedades respiratorias. [Online]. Available: [https://www.cronicidadhorizonte2025.com/ningunpacienteen-pausa-patologias-enfermedadesrespiratorias#:~:text=Las%20enfermedades%20respiratorias%20son%20un,pulmonar%20obstructiva%20cr%C3%B3nica%20\(EPOC\).](https://www.cronicidadhorizonte2025.com/ningunpacienteen-pausa-patologias-enfermedadesrespiratorias#:~:text=Las%20enfermedades%20respiratorias%20son%20un,pulmonar%20obstructiva%20cr%C3%B3nica%20(EPOC).)
- [2] G. Calero. (2023) Enfermedades respiratorias. Top Doctors España. [Online]. Available: <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/enfermedades-respiratorias/>
- [3] Instituto Nacional del Cáncer. (2025) Enfermedad respiratoria. NIH. Diccionario de cáncer del NCI.

- [Online]. Available: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/enfermedad-respiratoria>
- [4] P. Flood *et al.*, “Sistema inmune respiratorio y consecuencias de contaminación aérea por materia particulada,” *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 2019. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/4577/457762231009/457762231009.pdf>
- [5] M. Oryazún, “Contaminación aérea y sus efectos en la salud,” *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 2010. [Online]. Available: <https://revchilenfermrespir.cl/pdf/S0717-73482010000100004.pdf>
- [6] KUNAK Technologies. (2025) Partículas en suspensión: importancia y efectos sobre la salud. [Online]. Available: <https://kunakair.com/es/particulas-en-suspension/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de,dif%C3%ADcilmente%20en%20el%20sistema%20respiratorio.>
- [7] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021) Partículas suspendidas pm10 y pm2.5 dañan salud y medio ambiente. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/particulas-suspendidas-pm10-y-pm2-5-danan-salud-y-medio-ambiente>
- [8] L. Arduzzo, H. Neffen, E. Fernández-Caldas, R. Saranz, C. Parisi, A. Tolcachier, A. Cicerán, S. Smith, J. Máspero, N. Nardacchione, and D. Marino, “Intervención ambiental en las enfermedades respiratorias,” *Medicina*, 2019. [Online]. Available: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0025-76802019000300007&script=sci_arttext#no
- [9] D. Vásquez, I. Onetti, P. Moreno, A. Berardi, F. Dabove, J. Ivancevich, R. Zwiener, J. Álvarez, A. Yáñez, M. Gómez, L. Arduzzo, and C. Fantini, “Tratamiento de la rinitis alérgica en adultos en argentina,” *Archivos de Alergia e Inmunología Clínica*, 2021. [Online]. Available: https://adm.meducatum.com.ar/contenido/articulos/25500070036_1914/pdf/25500070036.pdf
- [10] Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2024) Efectos del material particulado (pm) sobre la salud y el medioambiente. EPA. [Online]. Available: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- [11] Envira. (2023) Enfermedades asociadas a la inhalación de partículas en suspensión. [Online]. Available: <https://envira.es/enfermedades-particulas-en-suspension/>
- [12] Organización Mundial de la Salud. (2021) Directrices mundiales de la oms sobre la calidad del aire. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines>
- [13] Radiological Society of North America, Inc. (2025) Privacidad de la información médica. RSNA. [Online]. Available: <https://www.radiologyinfo.org/es/info/article-patient-privacy>
- [14] C. Falcón, I. Rosas, and P. Segura, “Relación de los mecanismos inmunológicos del asma y la contaminación ambiental,” *Revista de la Facultad de Medicina*, 2017. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-00112017000200333&script=sci_arttext#f2
- [15] Climate Data. (s.f.) Clima cuenca ecuador. [Online]. Available: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-azuay/cuenca-875185/>
- [16] Calendar Ecuador. (2025) Estaciones del año en ecuador. [Online]. Available: <https://www.calendar.com/ecuador/estaciones-del-ano/>
- [17] El País. (2025) Frío y enfermedades respiratorias: ¿qué sabemos de esta relación? [Online]. Available: <https://elpais.com/salud-y-bienestar/el-medico-de-cerca/2025-01-20/frio-y-enfermedades-respiratorias-que-sabemos-de-esta-relacion.html>
- [18] Hospital Privado Universitario de Córdoba. (2025) Enfermedades respiratorias: ¿tienen relación con el frío? [Online]. Available: <https://hospitalprivado.com.ar/blog/actualidad/enfermedades-respiratorias-tienen-relacion-con-el-frio-.html>