

Contaminantes atmosféricos y su relación con la salud de la población infantil en Colombia

Daniela Alejandra Castillo Botina¹

Angie Lorena Urbano Pazos²

Juan Carlos Narváez Burgos³

Resumen

El presente trabajo es una descripción elaborada mediante información bibliográfica de cómo las partículas suspendidas en el aire, con un tamaño menor a diez micrómetros generados por el tráfico vehicular, inciden en el deterioro de la salud respiratoria de la población infantil menor a diez años de edad.

La metodología empleada incluye un análisis descriptivo, para el cual se hace una búsqueda, clasificación y análisis de información bibliográfica, para determinar el grado de relación entre la salud de la población infantil y los contaminantes presentes en la atmósfera; esta etapa se realizó mediante una clasificación y calificación de artículos científicos.

A través de este proyecto se encontró una relación directa entre la exposición de contaminantes atmosféricos suspendidos en el aire: PM_{10} , $PM_{2.5}$, TRAP, NO_x , y el daño a la salud de la población, ocasionando así algunas enfermedades respiratorias: asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, rinitis, faringitis y bronquitis aguda. En cuanto a la sintomatología, estos contaminantes ocasionan efectos respiratorios a corto plazo, como dificultad para respirar, tos, irritación en la garganta y de la mucosa nasal.

La evidencia recolectada refuerza que, la principal causa de la contaminación atmosférica es generada por la densidad del tráfico vehicular, los gases y partículas emitidas por los vehículos, todo lo cual afecta la salud de la población.

Palabras clave: calidad del aire; PM_{10} ; $PM_{2.5}$; enfermedades respiratorias; salud.

¹ Universidad Mariana, Colombia. Correo: dancastillo@umariana.edu.co

² Universidad Mariana, Colombia. Correo: angurbano@umariana.edu.co

³ Asesor. Correo: jcnarvaez@umariana.edu.co



Introducción

La exposición a la contaminación atmosférica representa un enigma de gran relevancia en la actualidad; así, hoy por hoy, constituye el cuarto factor de riesgo de muerte a escala mundial (Departamento Nacional de Planeación, DNP, 2017). De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (s.f.), la mortalidad atribuible a la contaminación del aire urbano en Latinoamérica es de siete muertes por cada 100.000 habitantes, especialmente en países de bajos y medios ingresos, como Colombia.

A medida que las ciudades crecen sin la implementación de una regulación ni controles adecuados, puede aparecer una serie de problemas ambientales; entre ellos, la contaminación atmosférica por partículas suspendidas, como el material particulado (PM), que tiene la idoneidad de introducirse en las vías respiratorias; ingresa directamente a los pulmones, por medio del aparato respiratorio.

Los efectos más comúnmente reportados en la salud están en la población infantil, ya que su aparato respiratorio está en pleno desarrollo y es la más susceptible a padecer enfermedades respiratorias por exposición al parque automotor, lo que ocasiona enfermedades como bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), neumonía etc.; en el sistema cardiovascular, arritmias, infartos, etc.

Por lo anterior, el propósito de esta investigación es, buscar mediante información secundaria, cómo el PM menor a diez micrómetros, generado por el tráfico vehicular, condiciona la salud respiratoria de la población infantil menor a diez años en Colombia.

Desarrollo

En la primera sección de este resumen se presenta la información recolectada con respecto al funcionamiento del sistema respiratorio; posteriormente, se habla de los factores condicionantes que inciden en el deterioro de la salud respiratoria de la población infantil; más adelante, se expone algunos datos con respecto a los procesos de contaminación por PM generado por el tráfico vehicular.

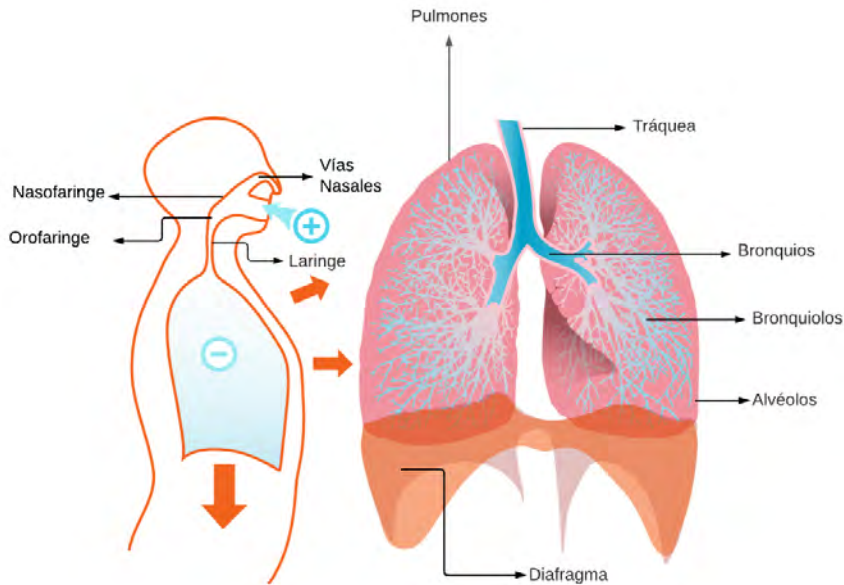
Salud respiratoria

El sistema respiratorio está formado por un conjunto de órganos que tienen como función principal, el intercambio gaseoso por medio de la inspiración y la exhalación; es así como el aire ingresa a través de la nariz, atravesando la cavidad nasal, la nasofaringe, laringe, tráquea y bronquios; estos últimos poseen cilios, pequeñas proyecciones en forma de cabello, encargados de remover residuos y transportar el aire hacia los bronquiolos, los cuales calientan el aire inspirado, lo humedecen y lo saturan de vapor, filtrándolo de partículas para llevarlo hasta los alvéolos, en los que se da el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono (Gartner y Hiatt, 2011).



Figura 1

Sistema respiratorio



Fuente: adaptado de Gartner y Hiatt (2011)

Así, el PM menor a 2.5 micrómetros, debido a su tamaño, puede albergarse en la orofaringe, laringe, tráquea, hasta llegar a los alvéolos; y, el PM menor a diez micrómetros, se deposita en la nasofaringe, orofaringe, laringe y tráquea, debido a su mayor tamaño.

Factores condicionantes

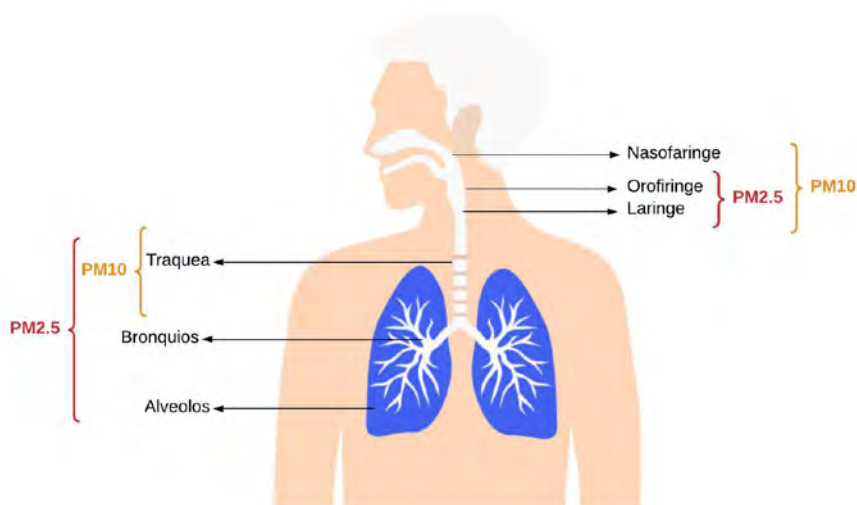
A través de la revisión de artículos científicos se pudo identificar los principales factores que determinan o influyen en la salud de la población, con relación a los contaminantes atmosféricos, los cuales se muestra a continuación:

- **Tiempo de exposición de partículas contaminantes:** las concentraciones elevadas y constantes de PM deterioran la capacidad del sistema inmunológico para eliminar partículas, ocasionando problemas asmáticos, disminución de la función pulmonar, irritación de las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar, arritmias cardíacas.
- **Diámetro de las partículas:** como se observa en la Figura 2, dependiendo del diámetro de las partículas, también depende su fácil ingreso al sistema respiratorio. Las partículas menores a $10\ \mu\text{m}$ pueden atravesar e introducirse en los bronquios, bronquiolos y alvéolos pulmonares.



Figura 2

Sitios de deposición de partículas



Fuente: adaptado de Martínez et al. (2011)

Entre menor sea el tamaño de la partícula, más fácil será el acceso al sistema respiratorio; inclusive, este tipo de partículas puede acceder al sistema sanguíneo. La exposición al PM puede desencadenar una serie de problemas en la salud; en casos particulares, la muerte prematura en personas con problemas pulmonares y cardiacos (Martínez et al., 2011).

Grupos poblacionales: se reconoce que, las personas con predisposición a enfermedades pulmonares o cardiacas pueden ser más vulnerables a los efectos del PM. Los adultos son más propensos a reducir su esperanza de vida, mientras que la población infantil puede tener afectaciones en el desarrollo de los pulmones y deficiencia en sus funciones, al exponerse a este contaminante.

Edad: la exposición a PM a temprana edad reduce el crecimiento pulmonar; el tamaño de las células de la población infantil es más pequeño, lo que interviene en los sistemas de desintoxicación, causando un mayor daño.

La edad es determinante en el desarrollo de enfermedades. En la Tabla 1 se puede apreciar las enfermedades más comunes reportadas en la literatura para la población infantil. La exposición a ciertos contaminantes puede ocasionar la aparición de enfermedades como asma, exacerbación del asma, desarrollo de EPOC, faringitis y bronquitis aguda.

**Tabla 1**

Efectos sobre la salud respiratoria de diferentes contaminantes

Efectos sobre la salud	Contaminantes con efectos sugeridos/ establecidos sobre la salud
Asma Desarrollo de asma en niño	Contaminación del aire ambiente, PM ₁₀ , PM _{2.5} , esporas fúngicas, O ₃ .
Exacerbación de asma (niño)	Contaminación del aire ambiente, TRAP, PM ₁₀ , PM _{2.5} , esporas fúngicas, O ₃ . NO ₂ , carbón, esporas de hongos.
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) Desarrollo EPOC (Exposición prenatal y niños)	Contaminación atmosférica, TRAP, tabaquismo activo o pasivo, emisiones de combustible de biomasa, PM ₁₀ , PM _{2.5} .
Rinitis - Faringitis	PM, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PAHs, Contaminación del aire ambiente,
Bronquitis aguda	BMF, Contaminación atmosférica, PM, NO.

Nota: TRAP: polución del aire relacionada con el tráfico. PM: material particulado. PAHS: hidrocarburos aromáticos policíclicos. BMF: biocombustible de partículas sólidas de pequeño tamaño.

Fuente: adaptado de Martínez et al. (2011)

Factores meteorológicos: representan un papel importante en cuanto al comportamiento, la deposición y la movilización de los gases y partículas contaminantes presentes en la atmósfera; dentro de estos factores se destaca: la temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento y la época del año. Las partículas, una vez emitidas en la superficie, son transferidas a la atmósfera, donde están continuamente en contacto con otras partículas; en este proceso pueden permanecer en su forma original o reaccionar para formar partículas secundarias. De estos factores también depende el aumento en el tiempo de residencia, aumento de las concentraciones y el favorecimiento de la formación de contaminación (Zhang et al., 2019).

En este orden de ideas, la concentración del PM menor a diez micrómetros (PM₁₀), en conjunto con los demás condicionantes, es responsable de la aparición de algunas enfermedades, como el desarrollo del asma y su exacerbación, el desarrollo de EPOC, rinitis y faringitis.



Tráfico vehicular

Un estudio del Departamento Nacional de Planeación evidenció que el 70 % de las emisiones contaminantes en el país provienen principalmente de las fuentes móviles como los camiones, volquetas, buses, autos, motos; mientras que el 30 % es de fuentes fijas como la industria, las quemas, viviendas y zonas mineras (Redacción Turbo, 2019, párr. 8)

Al presentarse el aumento de vehículos en las ciudades, las avenidas sufren sobrecarga en su capacidad de flujo, disminuyendo la velocidad de circulación de cada vehículo y, generando tráfico de manera inminente; es ahí donde se localizan los grandes focos de emisión de PM proveniente de la ignición de hidrocarburos presentes en el combustible de los automotores, los cuales se agudizan en el proceso de arranque y freno durante la congestión, generando otros residuos atmosféricos contaminantes que intensifican el daño al medio ambiente y la salud.

Procesos de contaminación generados por el tráfico vehicular

Hay que tener en cuenta la cantidad de contaminantes que provienen de diferentes procesos, no solo cuando el automotor está en movimiento o en lugares donde haya más automotores; la razón es que, en ocasiones, los vehículos son obsoletos, no se les realiza un mantenimiento oportuno o, el proceso natural de desgaste del motor ocasiona ciertas emisiones nocivas para la salud. A continuación, se nombra las diferentes emisiones provocadas por los automotores en funcionamiento o cuando el motor se encuentra apagado.

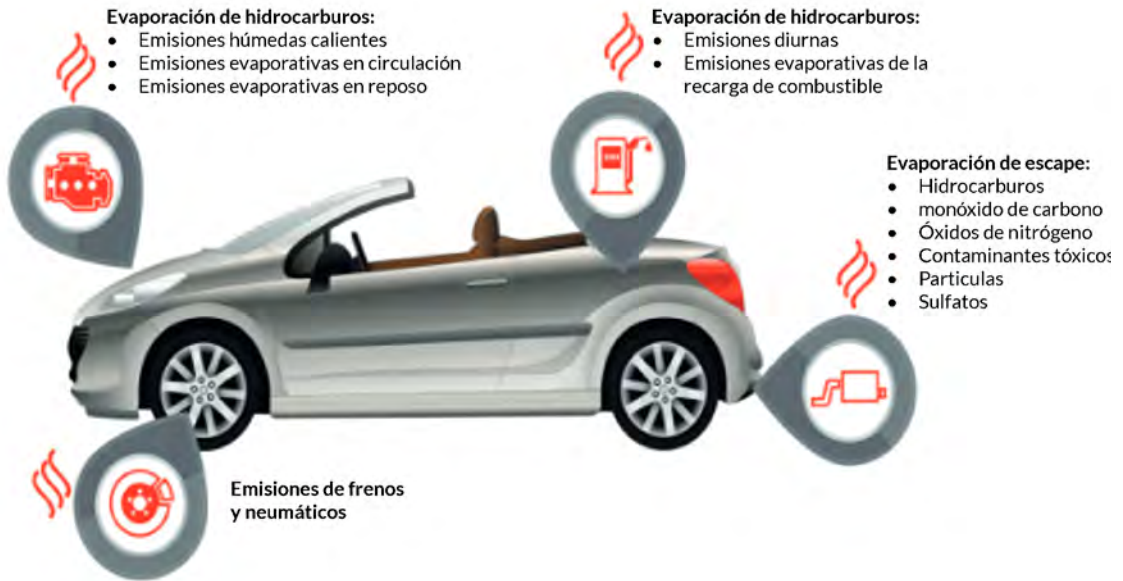
Combustión: proceso mediante el cual se aprovecha energía a través de la quema del hidrocarburo (gasolina o diésel); en este proceso se da la liberación de gases como el dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, que generan material particulado (PM₁₀).





Figura 3

Emisiones provenientes de los vehículos automotores



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

En la Figura 3 se puede apreciar las emisiones procedentes de los diferentes procesos que pueden ocurrir en un vehículo automotor. Los distintos tipos de emisiones son explicados enseguida:

- **Emisiones del tubo de escape:** el tubo de escape es el punto principal de descarga de las emisiones vehiculares resultantes de la oxidación del combustible. Desde allí se emite el total de monóxidos de carbono y óxidos de nitrógeno y, la mitad de los hidrocarburos que produce el vehículo.
- **Emisiones evaporativas del combustible:** las emisiones evaporativas hacen referencia a la suma de todas las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVNM) relacionadas con el combustible, pero no derivadas de la combustión de éste. La mayoría de ellas emana de los sistemas de combustibles como, el tanque, el sistema de inyección y las líneas de combustible.

Los gases procedentes de los vehículos cuyo funcionamiento se enfoca en los combustibles fósiles como, la gasolina en diferentes grados de octanajes y el diésel, como se observa en la Figura 4, producen emisiones gaseosas de dióxido de azufre de un 5 % (SO_2), dióxido de carbono de 25 % (CO_2), monóxido de carbono de 87 % (CO) y óxido de nitrógeno con 66 % (NO), entre otros, los cuales son nocivos para el medio ambiente y la salud humana (Ovando, 2010, citado por Pérez, 2017).

Existen contaminantes primarios y secundarios; los primarios son los emitidos directamente a la atmósfera y, dañan la vegetación e irritan los pulmones, mientras que los secundarios, son transformados al momento de tener contacto con los contaminantes primarios.

Figura 4

Principales gases derivados de la contaminación atmosférica



Fuente: Camacho (2018)

Los procesos de tráfico generan enfermedades respiratorias en los niños, debidas al embotellamiento en zonas escolares, parques y zonas verdes, donde son ellos los más propensos a contraer enfermedades base como bronquitis, rinitis, neumonía o resfriado común que, más adelante, pueden desencadenar enfermedades mucho más graves y duraderas como el EPOC y el asma.

Desde este punto de vista, el crecimiento de la flota automotriz de las urbes en desarrollo siempre estará involucrado directamente en los problemas de salud pública de la región, lo cual radica también en un problema de conciencia ambiental derivada de la educación en materia de contaminantes; por eso, es importante contar con apoyo interdisciplinario que permita la concientización, especialmente de jóvenes y adultos quienes, en su actuar, no tienen en cuenta a los niños y adultos mayores, como poblaciones vulnerables al riesgo.

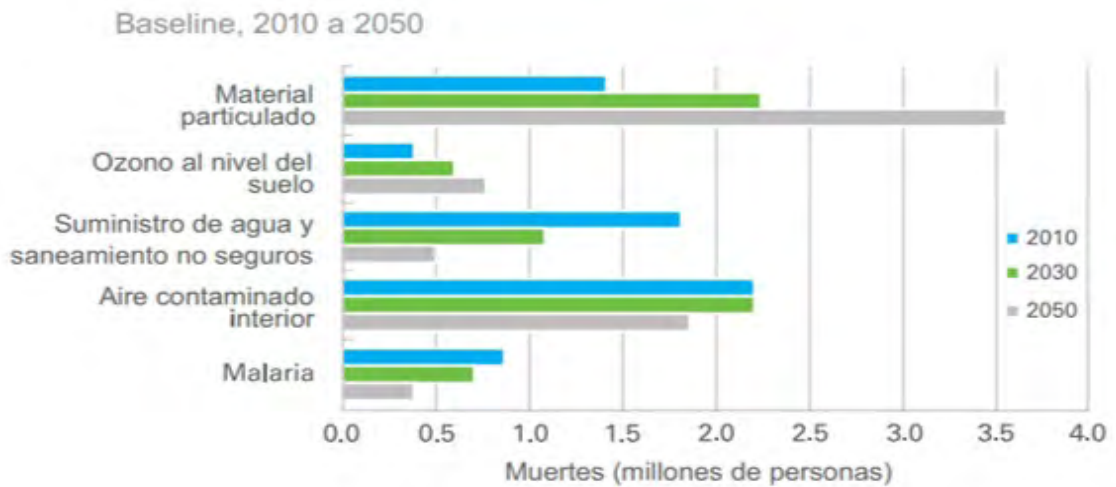
Sin duda alguna, la contaminación del aire es una de las causas de mortalidad a nivel mundial, especialmente en niños y adultos mayores con enfermedad base como asma o EPOC; por tanto, es fundamental considerar que, esta puede ser producto de la quema de combustibles o la polución producto del tráfico vehicular, especialmente en las zonas urbanas (origen antrópico).



En un estudio realizado por Duque (2016), se evidencia las proyecciones de emisiones atmosféricas en tiempo, a partir del año 2010 hasta el año 2060, donde se aprecia que los procesos de urbanización son una de las causales para el decrecimiento de la calidad del aire en el tiempo, aumentando emisiones de carbón negro, CO, NH₃, NOx, carbón orgánico, SO₂ y VOC. De este modo, en 50 años se estima que, la mortalidad de niños tendrá un incremento por esta causa, como lo muestra la Figura 5.

Figura 5

Muertes prematuras globales por riesgos ambientales seleccionados



Fuente: OECD Environmental Outlook Baseline (citado por Duque, 2016)

En este orden de ideas, Duque (2016) afirma que, la exposición prolongada de los niños a los altos niveles de contaminación atmosférica, representados en altos niveles de PM, traerá consigo el incremento de patologías como bronquitis en niños de dos años de manera paulatina y cuadros de asma en niños y adolescentes con rangos de edad entre cinco y 19 años.

Por otra parte, de acuerdo con un informe publicado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2022), se hace énfasis en los efectos del PM sobre la salud y el medio ambiente, reconociendo que es esencial tener en cuenta el tamaño de la partícula, ya que aquellas menores a diez micrómetros, son las más nocivas para la salud; pero, a pesar de ello, las partículas de hasta diez micrómetros causan daños graves en vías respiratorias de la niñez del mundo.



La EPA (2022) ha listado las siguientes enfermedades, como un efecto nocivo a la salud, atribuido a la contaminación atmosférica:

- Muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares
- Infartos de miocardio no mortales
- Latidos irregulares
- Asma agravada
- Función pulmonar reducida
- Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en vías respiratorias, tos o dificultad para respirar.

Además, los reportes de la EPA (2022) también evidencian que, el asma es la causa principal de enfermedad respiratoria en los niños, especialmente en los pequeños, que están expuestos continuamente a emisiones de material particulado PM_{10} , partículas que por su tamaño logran pasar por la garganta con facilidad, adhiriéndose a su sistema respiratorio casi de manera inmediata y provocando la falta de aire y la dificultad para respirar, problema que cuenta con una intensidad de larga duración; es decir, que el niño debe aprender a vivir con su enfermedad y portar siempre su medicación a través de inhaladores portátiles o, en el peor de los casos, nebulizaciones que requieren la visita a un hospital.

Es vital reconocer la relevancia del cuidado durante el embarazo, especialmente en zonas donde los niveles de PM_{10} son realmente elevados, con el fin de prevenir malformaciones y retrasos en el crecimiento y desarrollo del feto; de esta forma, la madre asume su papel de cuidadora, desde el momento de la prueba positiva, velando siempre por la salud de su bebé, en aras de proporcionarle un ambiente sano, alejado de fumadores, quemas excesivas e innecesarias y muchos más factores que pueden influir en la prevalencia de las enfermedades respiratorias, no solo del niño, sino también, de toda la familia. El PM_{10} es culpable de las enfermedades respiratorias en los niños.

Un informe de la Organización Mundial de la Salud sobre contaminación del aire y [la] salud infantil reveló que, cerca del 93 % de los niños y niñas del mundo, menores de 15 años, [...] respiran [un] aire tan contaminado, que pone en grave peligro su salud y su crecimiento. (Consultor Salud, 2018, párr. 23)

Tomando en cuenta este porcentaje, alrededor del 31 % de los niños y niñas con rangos de edad menores o iguales a cinco años, presenta enfermedades respiratorias graves, adquiridas ya sea por transmisión directa madre - hijo (enfermedades intrauterinas), como bronquitis y neumonía o, por exposición directa al aire contaminado, como asma y EPOC.

Cabe aclarar que, este porcentaje puede aumentar o disminuir, dependiendo del comportamiento de los procesos de tráfico dentro de la ciudad; por ello, se hace necesario el monitoreo constante de la variable PM_{10} en los distintos puntos de emisión, para garantizar la salud de los más pequeños de la población, a la vez, que



mejora la salud pública regional, evitando futuros contagios y futuros decesos a causa de enfermedades respiratorias agudas y crónicas.

Conclusiones

La contaminación atmosférica por PM produce efectos en la salud de la población, pero sin duda sus mayores efectos se producen en los niños, un sector de la población con mayor susceptibilidad a las amenazas ambientales, en virtud de sus actividades y comportamiento, así como de su reducida capacidad para metabolizar las sustancias tóxicas. Asociado a esto, los niños, a lo largo de su desarrollo, tienen modificaciones en su primer año de vida y, su maduración termina a los seis años de vida, por lo cual la respuesta del sistema inmunitario y pulmonar se ven modificadas por el estímulo del ambiente.

Los factores ambientales, así como la exposición al PM, son responsables de la aparición y/o exacerbación del asma. La exposición a la contaminación atmosférica en etapa de gestación puede conducir al desarrollo de la misma en los siguientes años de vida; además, los niños con madres que durante la etapa de embarazo estuvieron expuestas a constantes niveles de contaminación, son más susceptibles a presentar una disminución en la función pulmonar.

La contaminación atmosférica es un problema de salud pública prioritario en Colombia, en especial en las ciudades con mayores índices de contaminación y, en la época de invierno, donde los índices de contaminación aumentan por la densidad del tráfico vehicular, pues el monóxido de carbono es el gas que se emite en mayor cantidad por los vehículos que utilizan combustibles fósiles como la gasolina y el diésel, los cuales están en continuo aumento, debido al uso continuo que la población hace de ellos, sumado a la variación de las variables climatológicas: temperatura, presión atmosférica, humedad.

Referencias

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2022). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. Efectos sobre la salud. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>.
- Camacho, A. (2018). La importancia del análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV) en el aire y el equipo necesario para medirlo. <https://blog.analitek.com/la-importancia-del-analisis-de-compuestos-organicos-volaticos-covs-en-el-aire-y-el-equipo-necesario-para-medirlo-0-1>.
- Consultor Salud. (2018). 1800 millones de niños y niñas en el mundo respiran aire contaminado. <https://consultorsalud.com/1800-millones-de-ninos-y-ninas-en-el-mundo-respiran-aire-contaminado/>

- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2017). Indicadores Tráfico Vehicular. <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/indicadores-de-coyuntura-economica/Paginas/indicadores-traffic-vehicular.aspx>
- Duque, J. F. (2016). Sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud. <https://www.eafit.edu.co/minisitios/calidad-aire/Documents/contaminacion-efectos-salud.pdf>
- Gartner, L. P. & Hiatt, J. L. (2011). *Concise Histology*. Saunders/Elsevier.
- Martínez, E., Quiroz, C. M. y Rúa, J. A. (2011). Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 29(4), 454-460.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (s.f.). Calidad del aire. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Pérez, D. G. (2017). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA, Research Journal*, 2(23-24). <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>
- Redacción Turbo. (2019, 19 de febrero). Diesel y vehículos viejos: los contaminantes del aire. <https://www.revistaturbo.com/noticias/diesel-y-vehiculos-viejos-los-contaminantes-del-aire-1722>
- Zhang, L., Morisaki, H., Wei, Y., Li, Z., Yang, L., Zhou, Q., Zhang, X., Xing, W., Hu, M., Shima, M., Toriba, A., Hayakawa, K, & Tang, N. (2019). Characteristics of air pollutants inside and outside a primary school classroom in Beijing and respiratory health impact on children. *Environmental Pollution*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113147>