

## Concentración atmosférica de material particulado previo a la pandemia por COVID-19 en Colombia

Atmospheric concentration of particulate matter prior to the COVID-19 pandemic in Colombia

Jorge Homero Wilches Visbal<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3649-5079>

Midian Clara Castillo Pedraza<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3170-3959>

Mayra Alejandra Martínez Miranda<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2373-0711>

<sup>1</sup>Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias de la Salud. Santa Marta, Colombia.

<sup>2</sup>Empresa Promotora de Salud Sánitas. Medellín, Colombia.

\* Autor para la correspondencia: [jhwilchev@gmail.com](mailto:jhwilchev@gmail.com)

### RESUMEN

**Introducción:** El SARS-CoV-2 se transmite principalmente por vía aérea, en la cual influyen factores ambientales como el material particulado.

**Objetivos:** Determinar la concentración media de material particulado 10 en cinco estaciones de monitoreo ambiental en Santa Marta (Colombia) para evaluar el riesgo incremental o predisposición de morbimortalidad por COVID-19, previo inicio de la pandemia.

**Métodos:** Estudio descriptivo de corte transversal en una muestra de cinco estaciones de monitoreo ambiental sobre la concentración de material particulado. La información se obtuvo de la base de datos “Calidad de Aire del Departamento del Magdalena” del sitio web de datos abiertos del Gobierno de Colombia.

**Resultados:** En las cinco estaciones ambientales la concentración media anual de material particulado superó o se acercó a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el límite permitido por año

en Colombia, y casi triplicó lo establecido por la Organización Mundial de la Salud. Entre el 13-30 % de las concentraciones diarias de material particulado 10 superaron los  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : umbral en el país. Entretanto, el 50-75 % de las concentraciones excedieron la dosis diaria de referencia en organismos internacionales. Los mayores niveles de contaminación se observaron en el sector sur.

**Conclusiones:** En todas las estaciones gran parte de las concentraciones diarias y la media anual sobrepasaron el límite de material particulado 10. Esto aumentó el riesgo establecido de COVID-19, y se presume la predisposición para morbimortalidad por esta enfermedad, en la ciudad de Santa Marta, antes del inicio de la pandemia.

**Palabras clave:** material particulado; PM10; COVID-19; factor de riesgo; Santa Marta; Colombia.

## ABSTRACT

**Introduction:** SARS-CoV-2 is transmitted mainly by the airborne route, which is influenced by environmental factors such as particulate matter.

**Objectives:** To determine the mean concentration of particulate matter 10 in five environmental monitoring stations in Santa Marta (Colombia) to evaluate the incremental risk or predisposition of morbidity and mortality due to COVID-19, prior to the onset of the pandemic.

**Methods:** Descriptive cross-sectional study in a sample of five environmental monitoring stations on the concentration of particulate matter. The information was obtained from the database "Calidad de Aire del Departamento del Magdalena" of the open data website of the Colombian government.

**Results:** In the five environmental stations the annual average concentration of particulate matter exceeded or approached  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , the limit allowed per year in Colombia, and almost tripled that established by the WHO. Between 13-30% of the daily concentrations of particulate matter exceeded  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : the threshold in the country. Meanwhile, 50-75 % of the concentrations exceeded the daily reference dose in international organizations. The highest pollution levels were observed in the southern sector.

**Conclusions:** In all stations a large part of the daily concentrations and the annual mean exceeded the limit for particulate matter 10. This increased the established risk of COVID-19, and the predisposition for morbimortality due to this disease in the city of Santa Marta, before the beginning of the pandemic, is

presumed.

**Keywords:** particulate matter; PM10; COVID-19; risk factor; Santa Marta; Colombia.

Recibido: 07/04/2021

Aceptado: 28/05/2021

## Introducción

Desde diciembre de 2019, la COVID-19, infección respiratoria de carácter pandémico, causada por el coronavirus SARS-CoV-2, tuvo en vilo a la humanidad por su alta mortalidad y nivel de contagio.<sup>(1)</sup> El SARS-CoV-2 se transmitió de persona a persona a través del contacto con aerosoles o superficies contaminadas.<sup>(2)</sup> Las gotas pequeñas en el aire se inhalaban por un individuo sano.<sup>(3)</sup>

En el contagio aéreo, principal vía de propagación del virus,<sup>(4)</sup> influyeron factores ambientales y se destacó el material particulado.<sup>(2)</sup> Este se define como el conjunto de partículas sólidas y líquidas suspendidas en la atmósfera, de carácter orgánico o inorgánico y de origen natural o antropogénico que, por su tamaño, se difunden y transportan fácilmente por corrientes de aire. Se clasifica en PM10, conformado por átomos de diámetro aerodinámico menor o igual a 10  $\mu\text{m}$ , y PM2.5 que incluye moléculas de diámetro no mayor a 2,5  $\mu\text{m}$ .<sup>(2,5)</sup>

Los estudios epidemiológicos observaron los efectos adversos para la salud humana del material particulado.<sup>(6,7,8)</sup> En 2015 cerca de 268 millones de personas redujeron su esperanza de vida y 9 millones fallecieron prematuramente a causa de los altos niveles de polución, sobre todo, en países en vías de desarrollo y subdesarrollados.<sup>(5,9)</sup> Por ello distintos estados y organizaciones multilaterales se propusieron identificar y limitar las actividades humanas que aumentaban la contaminación.<sup>(5,7)</sup>

Con relación a la pandemia, varios trabajos reportaron la asociación entre la alta concentración de PM10 y la morbilidad por COVID-19.<sup>(2,10)</sup> El material particulado protegía y transportaba al coronavirus a través de corrientes de aire; dañaba los neumocitos, incrementaba la inflamación del tejido y, con ello, la

gravedad y los fallecimientos. Además, con la sobreexpresión de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2), que favorecía la producción de antiinflamatorios, se facilitaba el ingreso del virus.<sup>(2)</sup>

La normativa colombiana en temas ambientales (Resolución 2254 de 2017)<sup>(11)</sup> intentó controlar los niveles de seis contaminantes, pero de ellos los más preocupantes eran el PM10 y el PM2.5.<sup>(6)</sup> De ahí la relevancia de evaluar el grado de polución del material particulado y su riesgo potencial para la salud en ciudades colombianas. El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración media de PM10 en cinco estaciones de monitoreo ambiental en Santa Marta (Colombia) para evaluar el riesgo incremental o predisposición de morbimortalidad por COVID-19, previo inicio de la pandemia.

## Métodos

Se realizó un estudio observacional descriptivo de carácter transversal, en una muestra de cinco estaciones de monitoreo ambiental, sobre la concentración de PM10 en Santa Marta. Los valores de PM10 por estación y día se extrajeron de la base de datos “Calidad de Aire del Departamento del Magdalena”, almacenada en la página web de datos abiertos del Gobierno de Colombia.<sup>(12)</sup> El período de observación fue entre enero y febrero de 2020, un mes antes del inicio de la pandemia en la ciudad.

Se excluyeron las estaciones fuera del perímetro urbano y las variables con datos inexistentes; por tanto, no se tuvieron en cuenta las estaciones de Ciénaga (otro municipio) ni se consideraron dos estaciones de Santa Marta. Tampoco se incluyeron las concentraciones de PM2.5 por inexistencia de registros (fig. 1).



Nota: La Est6 Unimag y Est7 Molino se ignoraron por indisponibilidad de datos.

**Fig. 1** - Estaciones de monitoreo ambiental de la ciudad. Est1: Pescaíto; Est2: Marina Santa Marta; Est3: Aeropuerto; Est4: Don Jaca y Est5: Alcatraces.

Para definir el riesgo de afectación a la salud por niveles de PM<sub>10</sub> se tomaron como referencia los límites regulatorios diarios y anuales establecidos por la Organización Mundial de la Salud,<sup>(5)</sup> la Unión Europea,<sup>(13)</sup> Estados Unidos de América<sup>(14)</sup> y Colombia<sup>(11)</sup> (tabla 1).

**Tabla 1** - Límites regulatorios por exposición al PM<sub>10</sub> definidos por organismos internacionales y Colombia

País/Región/Organismo Internacional	Concentración media de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
	Anual	Diaria
Organización Mundial de la Salud	20	50
Unión Europea	40	50
Estados Unidos	--	50
Colombia	50	75

Nota: No existe un límite nacional. Se consideró el límite impuesto por California: 20 µg/m<sup>3</sup>.

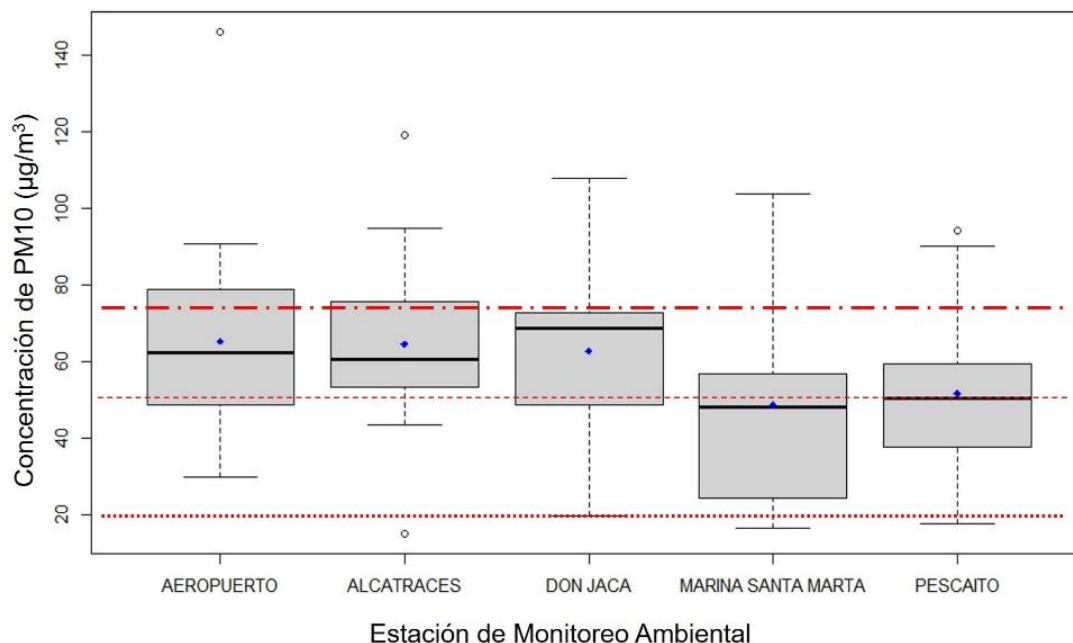
Los parámetros estadísticos de la distribución de PM10 (media, cuartiles y valores atípicos), en todas las estaciones de monitoreo, y el gráfico de caja y bigote de las distribuciones de concentraciones diarias por estación se calcularon con RStudio versión 1.3.1056 (2020).

## Resultados

La media anual de la concentración de PM10 en el período de observación se presenta en la tabla 2. En todas las estaciones, excepto en Marina Santa Marta, se superaron los  $50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , límite permisible anual en Colombia y los organismos internacionales de referencia. Las tres estaciones del sur de la ciudad mostraron los valores más altos: entre 12 y 45 puntos porcentuales por encima de los parámetros establecidos. Esto evidenció el riesgo de morbilidad por COVID-19, antes del inicio de la pandemia en la ciudad. El 100 % de las medias anuales, y casi todas las diarias, superaron los  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que se tomaron como máximo (fig. 2).

**Tabla 2** - Concentración media anualizada de PM10 por estación de monitoreo ambiental durante el período de observación

Sector Geográfico	Estación de monitoreo ambiental	Concentración media anualizada de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Sur	Aeropuerto	65,2
Sur	Alcatraces	64,5
Sur	Don Jaca	62,7
Centro-Norte	Pescaíto	51,6
Centro-Norte	Marina Santa Marta	48,6



*Leyenda:* Punto azul: media de la concentración anualizada de PM10. Línea roja segmentada con puntos (-.-.): límite de concentración media diaria de PM10 en Colombia. Línea roja segmentada (---): límite de concentración media anual de PM10 en Colombia y media diaria en la OMS, la UE y USA. Línea roja a cuadros (...): límite anual de PM10 en California y la OMS.

**Fig. 2** - Distribución diaria de la concentración de PM10 en las cinco estaciones de monitoreo ambiental durante el período de observación.

En Aeropuerto y Don Jaca el 75 % de las concentraciones diarias de PM10 sobrepasaron los márgenes internacionales; asimismo, en Alcatraces la situación empeoró con un 85 % de exceso. La estación Aeropuerto concentró la mayor cantidad de PM10 (30 %) por encima del límite diario en Colombia. Los valores atípicos más altos se presentaron en Aeropuerto (150,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Alcatraces (120,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En Marina, Santa Marta y Pescaíto más del 15 % y cerca del 13 % superaron el límite diario del país. Menos del 50 % en Marina y cerca del 50 % en Pescaíto excedieron los términos internacionales.

## Discusión

Las cinco estaciones de monitoreo incumplieron la normativa nacional: cuatro sobrepasaron el límite anual de concentraciones diarias de PM10 y en una se aproximó. Varias publicaciones habían observado como Santa Marta violaba los

estándares nacionales e internacionales desde hace una década,<sup>(15,16)</sup> lo cual implicaba mayor riesgo para diversas enfermedades.

Con respecto a la COVID-19, no se definieron límites regulatorios consensuados de PM10 para el contagio y la muerte. No obstante, en un estudio realizado en Italia durante febrero de 2020, se determinó la asociación entre el incremento de la transmisión y los picos de concentraciones diarias de material particulado por encima de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Igualmente, en Viena (Austria) se halló una correlación positiva entre la exposición al PM10 por encima de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la mortalidad.

En Francia también se observó que las concentraciones entre  $20$  y  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se relacionaban con más casos, agravamiento y muertes. Otro estudio de revisión, con foco en Italia, dedujo la asociación positiva entre la exposición a corto y largo plazo a diversos contaminantes, entre ellos el PM10, y el incremento de casos y fallecimientos por la enfermedad.

El PM10 por encima de  $20$ - $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  incrementa la morbimortalidad por COVID-19. El sector sur de la ciudad resultó el de mayor riesgo porque más del 70 % de las concentraciones diarias excedieron los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este hallazgo coincidió con lo reportado por *Candanoza* y otros<sup>(15)</sup> y *Diazgranados* y otros<sup>(16)</sup> quienes encontraron niveles más altos de PM10 en ese sector, producto de las zonas de cargue y descargue de carbón, el alto tráfico de vehículos sobre la Ruta 90 (troncal del caribe) y la cercanía a la vía alterna al puerto (zona de tráfico pesado).<sup>(7,8)</sup>

Esta investigación, por su naturaleza preliminar, no tuvo en cuenta factores meteorológicos (viento, humedad, lluvias, temperatura) y datos de otras estaciones, particularmente las del sector centro-norte. Se necesita otro estudio a partir de los casos y fallecimientos de la pandemia para vincularlos con el PM10, y confirmar los hallazgos de este trabajo.

## Conclusiones

El análisis ambiental realizado en Santa Marta presumió la existencia de riesgo aumentado para COVID-19, antes del inicio de la pandemia en la ciudad, especialmente en el sector sur, según los límites de contaminación ambiental establecidos en estudios previos. Se recomienda verificar si en barrios, comunas o sector con mayor concentración de PM10 se registraron más casos o fallecimientos por COVID-19 (autocorrelación espacial). Asimismo, podría



investigarse la influencia del PM2.5 en la incidencia y la gravedad de esta enfermedad.

### Agradecimientos

A la Universidad del Magdalena y a los revisores anónimos por sus sugerencias para mejorar el presente manuscrito.

### Referencias bibliográficas

1. Monterrosa Á, Buelvas C, Ordosgoitia E. Probable trastorno de ansiedad generalizada en la pandemia COVID-19: valoración en médicos generales del Caribe colombiano. Duazary. 2021;18(1):7-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/2389783X.3890>
2. Comunian S, Dongo D, Milani C, Palestini P. Air pollution and COVID-19: The role of particulate matter in the spread and increase of COVID-19's morbidity and mortality. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(12):4487. DOI: <https://doi.org/10.3390%2Fijerph17124487>
3. Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. Environ Int. 2020;139:105730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>
4. Greenhalgh T, Jimenez JL, Prather KA, Tufekci Z, Fisman D, Schooley R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. Lancet. 2021;397(10285):1603-5. DOI: [https://doi.org/10.1016%2F0140-6736\(21\)00869-2](https://doi.org/10.1016%2F0140-6736(21)00869-2)
5. Organización Mundial de la Salud (OMS). Calidad del aire ambiente (exterior). OMS; 2018 [acceso 17/01/2021]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
6. Medina EK. La contaminación del aire, un problema de todos. Rev Fac Med. 2019 [acceso 04/02/2021];67(2):189-91. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/82160>
7. Pizzorno J, Crinnion W. Particulate matter is a surprisingly common contributor to disease. Integr Med. 2017 [acceso 03/02/2021];16(4):8-12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6415634/>

8. Montoya ML, Zapata PM, Correa MA. Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia. *Rev Salud Pùb.* 2013 [acceso 02/04/2021];15(1):103-15. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642013000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000100010)
9. Landrigan PJ, Fuller R, Hu H, Caravanos J, Cropper ML, Hanrahan D, *et al.* Pollution and Global Health-An agenda for prevention. *Environ Health Perspect.* 2018;126(8):084501. DOI: <https://doi.org/10.1289%2FEHP3141>
10. Hutter H-P, Poteser M, Moshammer H, Lemmerer K, Mayer M, Weitensfelder L, *et al.* Air pollution is associated with COVID-19 incidence and mortality in Vienna, Austria. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(24):9275. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17249275>
11. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINADES). Resolución 2254 de 2017. Bogotá, Colombia: MINADES; 2017 [acceso 23/01/2021]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>
12. Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG). Monitoreo Calidad de Aire departamento del Magdalena. Magdalena, Colombia: CORPAMAG; 2020 [acceso 20/11/2020]. Disponible en: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Monitoreo-Calidad-de-Aire-departamento-del-Magdale/dgnf-6h7v>
13. Unión Europea (EU). Air Quality Standards. EU; 2008 [acceso 09/01/2021]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>
14. California Environmental Protection Agency. Air quality standards and attainment status. 2015 [acceso 10/01/2021]. Disponible en: <https://www.baaqmd.gov/about-air-quality/research-and-data/air-quality-standards-and-attainment-status>
15. Candanoza S, Goribar L, García F. Relación partículas respirables (PM10)/ partículas suspendidas totales (PST) en Santa Marta (Colombia). *DYNA.* 2013 [acceso 01/05/2021];80(179):157-64. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532013000300018](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000300018)
16. Diazgranados M, Morales, Lady, Sandra P. Análisis de la calidad del aire en Santa Marta por efectos del polvillo de carbón en zonas portuarias a partir de un

Modelo de predicción espacio-temporal. 2015 [acceso 10/03/2021]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13760>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.