

Efecto de la pandemia en la concentración de material particulado en un municipio colombiano

Effect of the pandemic on the particulate matter concentration in a Colombian municipality

Jorge Homero Wilches Visbal¹, Midian Clara Castillo-Pedraza²

Resumen

Introducción. Medidas de restricción vehicular, industrial y comercial como consecuencia de la pandemia de COVID-19 pudo haber incidido en los niveles de material particulado. **Objetivo.** Realizar un análisis comparativo entre los niveles de material particulado 10 (PM10) en los meses de cuarentena (septiembre – diciembre 2020) y postcuarentena (enero – marzo 2021) respecto a los observados antes de la pandemia (enero – marzo 2020), en Ciénaga (Colombia). **Metodología.** Estudio analítico sobre la concentración de PM10 (CPM10) en el municipio de Ciénaga. Se calcularon la media y desviación estándar de CPM10 en cada estación de monitoreo y de todas en conjunto, para diferentes fases de la pandemia (pre, durante y postcuarentena). Se hizo un contraste de hipótesis por estación y en total, para las tres fases, usando la prueba Anova de 1 vía con método de Tukey ($\alpha = 0,05$). **Resultados.** Al analizar la CPM10 de todas las estaciones en conjunto, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre precuarentena – cuarentena ($p = 1,218e-10$) y precuarentena – postcuarentena ($p = 3,378e-8$). Al discriminar por estación, se observó reducción significativa en todas las estaciones en postcuarentena respecto a precuarentena, especialmente, en la estación Costa Verde. **Conclusión.** Las limitaciones a las actividades industriales, vehiculares y comerciales tuvieron un impacto positivo a corto (6 meses) y largo plazo (12 meses) en la CPM10 del municipio de Ciénaga. Se recomienda monitorear estrictamente la PM10 en los puertos de cargue y descargue de carbón, así

1. Ingeniero Físico, Especialista en Estadística Aplicada, Doctor en Física Aplicada a la Medicina y Biología. Docente de Biofísica y Seminario Taller III (Investigación en Salud). Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3649-5079>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001385203

2. Odontóloga, Especialista en Estadística Aplicada, Doctora en Odontología. Docente de Prótesis y Seminario Taller III (Investigación en Salud). Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3170-3959>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001400490

Correspondence: : jwilches@unimagdalena.edu.co // mcastillo@unimagdalena.edu.co

como explorar la posibilidad de instaurar una semana de receso para aliviar periódicamente los niveles de contaminación.

Palabras clave: Material Particulado; COVID-19; Impacto agregado; Colombia; Región del Caribe.

Abstract

Introduction. Vehicular, industrial, and commercial restriction measures because of the COVID-19 pandemic could have affected the levels of particulate matter. **Aim.** Carry out a comparative analysis between the levels of particulate matter 10 (PM10) in the months of quarantine (September - December 2020) and post-quarantine (January - March 2021) with respect to those observed before the pandemic (January - March 2020), in Ciénaga (Colombia). **Methodology.** Analytical study on the concentration of PM10 (CPM10) in the municipality of Ciénaga. The mean and standard deviation of CPM10 were calculated at each monitoring station and for all of them together, for different phases of the pandemic (pre, during, and post-quarantine). A hypothesis contrast was made by station and in total, for the three phases, using the 1-way Anova test with the Tukey method ($\alpha = 0.05$). **Results.** When analyzing the CPM10 of all the stations together, statistically significant differences were observed between pre-quarantine - quarantine ($p = 1,218e-10$) and pre-quarantine - post-quarantine ($p = 3,378e-8$). When discriminating by station, a significant reduction was observed in all post-quarantine stations compared to pre-quarantine, especially at the Costa Verde station. **Conclusion.** The limitations on industrial, vehicular and commercial activities had a positive impact in the short (6 months) and long term (12 months) in the CPM10 of the municipality of Ciénaga. It is recommended to strictly monitor PM10 at coal loading and unloading ports, as well as exploring the possibility of establishing a week off to periodically alleviate pollution levels.

Keywords: Particulate matter; COVID-19; Added Impact; Colombia; Caribbean Region.

Introducción

La COVID-19 es una enfermedad respiratoria aguda y de alcance mundial, originada en Wuhan, provincia de Hubei (China) a finales de diciembre de 2019 (1). A octubre de

2022, ha contagiado a cerca de 620 millones de individuos, de los cuales 6,5 millones han fallecido. En Colombia, 6,4 millones de personas se han infectado y alrededor de 142 mil murieron a causa de esta enfermedad (2). El agente viral responsable de la COVID-19,

el SARS-CoV2 (3), se transmite por contacto cercano (persona a persona), con superficies contaminadas o por aerosoles en los que permanece por varios minutos (4,5).

La contaminación atmosférica se considera el mayor riesgo ambiental para la salud y el cuarto en términos de muertes prematuras, razón por la que se ha convertido en una emergencia de salud pública para individuos de cualquier edad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 7 millones de personas fallecen cada año por exceso de exposición a los diversos contaminantes ambientales, de los cuales el más peligroso es el material particulado (PM) (6). El PM se clasifica en PM10 y PM2,5, donde los números que acompañan al acrónimo indican el diámetro aerodinámico (μm) de la partícula (7,8). Otros contaminantes atmosféricos son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el dióxido de azufre (SO_2) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) (8). El material particulado se origina en la combustión incompleta del Diesel, en el polvillo de obras de construcción, chimeneas, incendios y de reacciones químicas complejas de sustancias emitidas en centrales eléctricas, industriales y automóviles (9). Recientemente se ha establecido que la exposición a largo o corto plazo a ciertos niveles de concentración de material particulado (CPM) índice positivamente en el aumento de la morbilidad por COVID-19 (6,10–13) para establecer su relación con la morbimortali-

dad por la enfermedad. Adicionalmente, se evaluó el impacto de la cuarentena en el nivel de PM10. Materiales y Métodos: estudio retrospectivo de corte longitudinal, sobre la concentración de PM10, realizado en la ciudad de Santa Marta (Colombia).

La medida no farmacológica preferida para contener la pandemia, en la amplia mayoría de naciones del mundo, fue la cuarentena o distanciamiento social, publicitada como “quédate en casa”, a causa de los buenos resultados que arrojó en China, al inicio del brote. Esto ocasionó cierre parcial o total, de fábricas, escuelas, industrias, comercios y, por supuesto, restricciones a la circulación de personas y vehículos (6,14–16).

A raíz de esto, se abrió un campo de investigación sobre el impacto de las restricciones en la concentración de material particulado. Los hallazgos fueron variables: en algunos lugares hubo reducción notable, en otros leves y en algunos llegó a aumentar, incluso, dentro de un mismo país, donde se supone, las medidas restrictivas fueron similares (6).

En Colombia, no se han reportado trabajos sobre el impacto de la cuarentena en la concentración de PM10 en ciudades no-capitales del litoral caribe. Por lo tanto, la finalidad del presente estudio es examinar si hubo reducción de la concentración de PM10 después de seis y nueve meses de haberse iniciado la pandemia, en estaciones

de monitoreo ambiental del municipio de Ciénaga, Magdalena.

Materiales y métodos

Tipo de estudio

Estudio ambiental de carácter descriptivo, analítico y retrospectivo sobre la CPM10 de meses de precuarentena (enero – marzo de 2020), cuarentena (septiembre – diciembre de 2020) y postcuarentena (enero – marzo de 2021), a partir de los registros de 4 de

las 6 estaciones de monitoreo ambiental del municipio de Ciénaga.

Instrumentos

Las estaciones de monitoreo del municipio (con sus coordenadas) incluidas fueron: Cordobita ($74^{\circ}12'11.8\text{W}$; $11^{\circ}01'19.0\text{N}$), Jolonura ($11^{\circ}02'46.9\text{N}$; $74^{\circ}11'42.1\text{W}$), Costa Verde ($11^{\circ}01'19.0\text{N}$; $74^{\circ}14'47.0\text{W}$) y Playita ($11^{\circ}02'49.3\text{N}$; $74^{\circ}13'53.9\text{W}$) (17). Se excluyeron las estaciones Ciénaga y Ruta del Sol por indisponibilidad de datos.

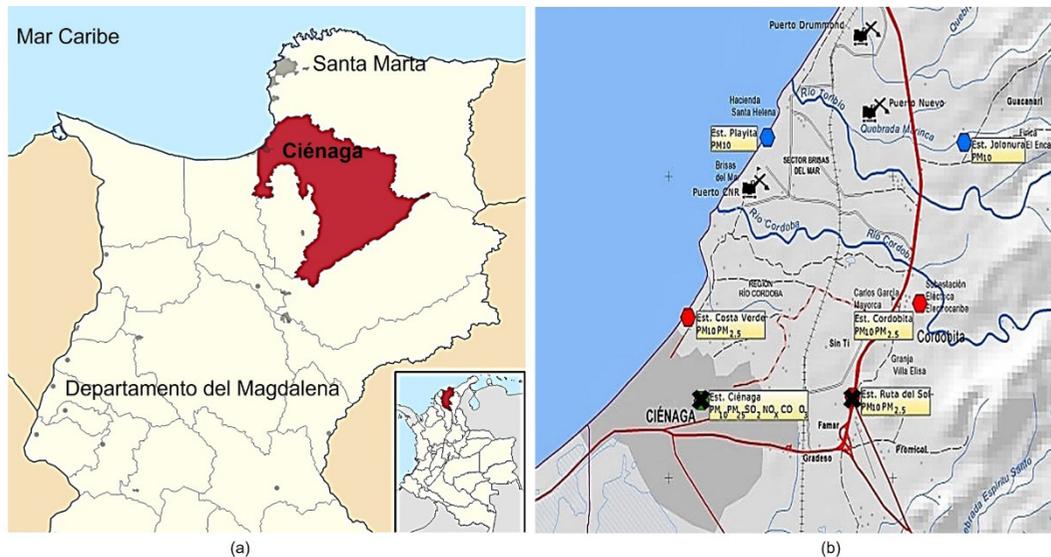


Figura 1. Localización geográfica del municipio de Ciénaga en el Departamento del Magdalena, al norte de Colombia (a) y de sus estaciones de monitoreo ambiental (b). Se marcaron con X las excluidas en este trabajo. Fuente: elaboración propia modificada de Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), (2022).

Los datos de CPM10, por estación y fecha, se extrajeron de la base de datos de Monitoreo de Calidad de Aire del Departamento del Magdalena, con acceso público en la página de datos abiertos del gobierno de Colombia.

Procedimientos

De la base de datos, se seleccionaron únicamente las columnas de CPM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), fecha y estación. Se construyeron tablas y figuras que relacionaran el CPM10 con el

periodo de análisis (meses de precuarentena, cuarentena y postcuarentena) y las 4 estaciones de monitoreo, separadamente. Para esto se utilizaron tablas dinámicas en MS Excel 2019. Fueron excluidos registros con casillas vacías.

Análisis estadístico

Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Liliefors para evaluar la normalidad de los registros de CPM10. La media y desviación estándar (DE) de la CPM10, por estación y por periodo de análisis, fueron calculadas. Para el contraste de hipótesis se empleó la prueba Anova de 1 vía con el método de Tukey, considerando un nivel de significancia de 5%.

Las hipótesis nulas consideradas fueron: i) H_{0P} : no hubo diferencias entre la CPM10 de los meses de precuarentena, cuarentena y postcuarentena, considerando todas las estaciones en conjunto, y ii) H_{0E} : no hubo diferencias entre las CPM10 de los meses de precuarentena, cuarentena y postcuarentena, para cada estación.

Para el cálculo de los estadísticos descriptivos y el contraste de hipótesis se utilizó la calculadora estadística *Statics Kingdom* (18). Ms Excel 2019 fue usado para las tablas y el gráfico de caja y bigotes (Computador: MS Win 10, Acer i7 15 2000, 12 Gb Ram).

Aspectos éticos

El presente estudio se puede considerar como una investigación sin riesgo al basarse en una fuente secundaria y no implicar intervención o afectación moral o física sobre personas, animales o el medio ambiente.

Resultados

La media de los meses de precuarentena, cuarentena y postcuarentena fue de 94,7 (DE = 52,4) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 49,4 (DE = 32,4) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 59,0 (DE = 31,8) $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aproximadamente el 75% de las CPM10 de meses precuarentena, el 40% de las de cuarentena y el 53% de postcuarentena superaron el límite diario de la OMS (45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Figura 2).

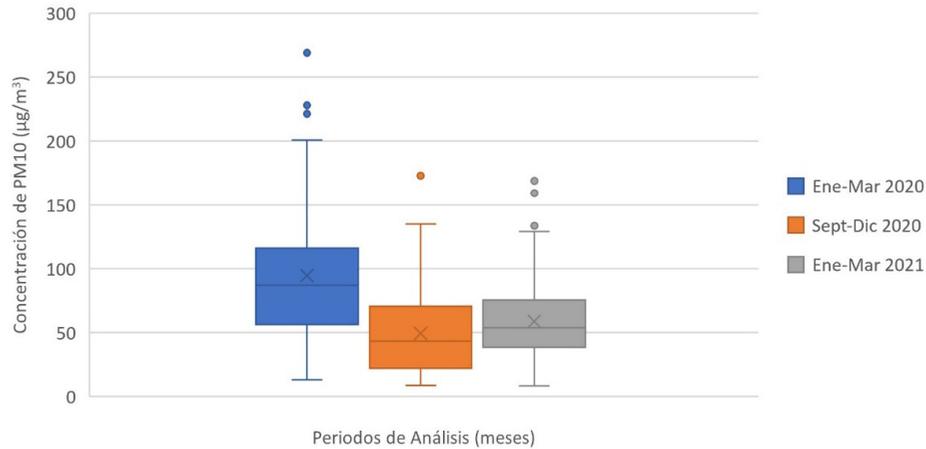


Figura 2. Distribución diaria de la concentración de PM10 por periodo de análisis en Ciénaga.

Asimismo, la media de CPM10 de cada periodo superó ampliamente el límite medio anual de la OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, entre los 3 periodos, el de cuarentena mostró el menor valor anualizado ($49,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Al comparar con los límites regulatorios diarios ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y anuales ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de Colombia (19), se observa que el 50% de las CPM10 diarias de precuarentena, el 20% de cuarentena y el 25% de la postcuarentena, superaron el límite diario colombiano. Entre tanto, respecto al límite anual, el único

periodo con media de CPM10 que lo supera es la del de precuarentena.

De acuerdo con estos hallazgos, se puede hipotetizar que la pandemia en efecto redujo el nivel de CPM10. Esto se corrobora por el hecho de que el contraste de hipótesis arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los tres periodos ($p = 5.553e-13$), es decir, se rechaza H_0P en favor de que la media de CPM10 de los meses precuarentena fue superior a los dos periodos posteriores (Tabla 1).

Tabla 1. Valores-p del contraste de hipótesis entre la CPM10 de los periodos de análisis, teniendo en cuenta los registros de todas las estaciones, según la prueba Anova-Tukey ($\alpha = 0,05$).

Periodo	Precuarentena (Enero – marzo 2020)	Cuarentena (Septiembre – diciembre 2020)	Postcuarentena (Enero – marzo 2021)
Enero – marzo 2020	1	1,218e-10	3,378e-8
Septiembre – diciembre 2020	1,218e-10	1	0,2354
Enero – marzo 2021	3,378e-8	0,2354	1

*Rojo: se rechaza H_{0P} Verde: No se rechaza H_{0P}

En adición, como no hubo diferencias entre las medias de CPM10 de meses en cuarentena y postcuarentena ($p = 0,2354$), podría afirmarse que el impacto positivo de las restricciones se prolongó, al menos, hasta marzo de 2021.

Al realizar el análisis sobre el cambio de la CPM10 en cada estación de monitoreo

ambiental, se encuentra que la media de la concentración de PM10 cayó un 40 – 50% 6 meses después del inicio de la cuarentena, volviendo a incrementarse entre un 17 y 60% exceptuando Playita, una vez se flexibilizaron las medidas de restricción. No obstante, a marzo de 2021, no se había retornado a los niveles prepandemia de CPM10 (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de la media de CPM10 por periodo de análisis y estación de monitoreo ambiental.

Estación de Monitoreo Ambiental	Periodo		
	Precuarentena (enero – marzo 2020)	Cuarentena (septiembre – diciembre 2020)	Postcuarentena (enero – marzo 2021)
Cordobita	100,80 ± 56,31	53,60 ± 29,02	66,06 ± 40,88
Costa Verde	68,24 ± 25,64	33,77 ± 21,54	53,46 ± 23,67
Jolonura	103,72 ± 53,53	57,19 ± 38,76	67,74 ± 38,41
Playita	94,32 ± 53,49	56,99 ± 32,26	52,84 ± 26,99
Total	94,69 ± 52,43	49,42 ± 32,40	58,96 ± 31,84

Las estaciones con concentración más alta de CPM10 fueron Jolonura y Cordobita, en la zona rural de Ciénaga, cerca de la capital departamental, Santa Marta (Figura 1). Entre tanto, Costa Verde, próxima del área urbana del municipio (Figura 1), mostró la CPM10 más baja. El efecto de las restricciones fue más alto en las estaciones Costa Verde (-50%) y Cordobita (- 47%) y menor en Playita (- 40%). Por la flexibilización, la estación que más subió fue Costa Verde (+56%). En contrapartida, Playita tuvo una disminución en su CPM10 (-8%).

El resultado del contraste de hipótesis arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las CPM10 de los periodos de análisis para cada estación. En particular, para cada estación, la reducción de la media de CPM10 en los meses de cuarentena fue significativa respecto a la de precuarentena. Lo propio sucedió al comparar con la CPM10 de los meses postcuarentena, a excepción de Costa Verde. Entre tanto, no hubo diferencias entre las CPM10 de los meses de cuarentena y postcuarentena, excepto para Costa Verde (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de la media de CPM10 por periodo de análisis y estación de monitoreo ambiental.

Estación de Monitoreo Ambiental	Valor-p		
	Precuarentena (enero – marzo 2020) vs Cuarentena (septiembre – diciembre 2020)	Cuarentena (septiembre – diciembre 2020) vs Postcuarentena (enero – marzo 2021)	Precuarentena (enero – marzo 2020) vs Postcuarentena (enero – marzo 2021)
Cordobita	0,0001199	0,8103	0,00001712
Costa Verde	0,0001123	0,008318	0,1577
Jolonura	0,0326	0,9191	0,01846
Playita	0,02476	0,9503	0,00194

*Rojo: se rechaza H_{0E} ; Verde: No se rechaza H_{0E} .

Lo anterior se traduce en que, en Costa Verde, disminuyó la CPM10, 6 meses después del inicio de las restricciones, pero tiempo después de la reactivación progresiva de las actividades industriales, económicas y/o de movilidad, la CPM10 retornó a niveles pre-pandemia. En cambio, en las demás estaciones se mantuvo el efecto positivo.

Discusión

El propósito de este trabajo fue estimar si hubo un impacto positivo de las restricciones de la pandemia por COVID-19 en los niveles de concentración de material particulado (CPM10) en el municipio de Ciénaga (Magdalena), Colombia, a través de un estudio descriptivo y retrospectivo sobre los cambios de la concentración en 4 de sus 6 estaciones de monitoreo ambiental. En el trabajo se logró verificar que, efectivamente, las medidas de restricción impuestas a la movilidad vehicular pública y particular y a las actividades económicas, comerciales

e industriales, acarrearón una disminución de los niveles de CPM10 en las 4 estaciones de monitoreo analizadas. En particular, la estación más cercana al casco urbano del municipio (Costa Verde) tuvo la mayor reducción durante la pandemia. Entre tanto, en las estaciones rurales (Playita, Cordobita y Jolonura), después de 12 meses del inicio de las restricciones, no se había retornado a niveles pre-pandemia (Tabla 3).

Por otro lado, considerando al municipio en su totalidad (zona rural más urbana), esto es, analizando a las 4 estaciones como un todo, se encontró que las medidas de restricción de la pandemia llevaron a la disminución a corto plazo (6 meses) y largo plazo (12 meses) de la CPM10 (Tabla 1). Adicionalmente, se observó que en los meses de cuarentena y postcuarentena ninguna estación sobrepasó el límite regulatorio nacional de PM10 ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que antes del inicio de las restricciones apenas Costa Verde no superaba tal umbral.

Los anteriores hallazgos concuerdan con lo encontrado en distintos estudios nacionales e internacionales. Ubajoa-Osso (2020) (20), en un reporte sobre la calidad del aire durante las cuarentenas, concluyó que la implementación de medidas sobre las industrias y al transporte público y particular conllevaron a una mejoría de la calidad del aire. Sin embargo, señalaron que al inicio de la pandemia tal reducción no fue notoria debido a incendios forestales de la región amazónica y de la Orinoquia. Enfatizaron que, en Bogotá, disminuyeron 3 de los contaminantes más importantes (PM_{2.5}, NO₂ y SO₂). Por otra parte, Sánchez-Pineda y Moreno (2022) (21), en una tesis que se propuso evaluar la variabilidad de PM₁₀ y PM_{2.5} en los dos primeros trimestres del año en Bogotá, hallaron una reducción de hasta el 38% en la CPM₁₀ y del 52% en la CPM_{2.5}, en el segundo trimestre en todas las localidades. Acuñaron este efecto positivo a la reducción de emisiones de fuentes fijas industriales y móviles de carga pesada.

López-Feldman *et al.* (22), en un trabajo multicéntrico que involucró investigadores de 8 países diferentes de América Latina, mostraron que en varias de las ciudades más pobladas de la región (Sao Paulo, Buenos Aires, Medellín, Bogotá, Lima, Rio de Janeiro, Quito entre otras) los niveles de contaminantes ambientales habían caído después de 1 mes del inicio de las restricciones, aunque en días intermedios subió en determinadas ciudades. Esto lo expli-

caron aludiendo a que los niveles de contaminación también dependen, además de la emisión, de condiciones atmosféricas y topográficas. De las 2 ciudades colombianas incluidas en el estudio, Bogotá fue la que mejores resultados mostró con -50% en NO₂ y -60% en PM_{2.5}. También mencionaron que los eventos de empeoramiento de la calidad del aire en Bogotá y otras ciudades colombianas pudo haberse debido a incendios forestales en Venezuela y en otras regiones del país.

Rocha *et al.* (2022) (23), en un estudio descriptivo y correlacional sobre la influencia de la pandemia en la calidad del aire de la ciudad de Fortaleza al norte de Brasil, notaron una reducción de la concentración de varios contaminantes ambientales (p.ej. NO, CO, NO₂ y NO_x) y del material particulado. Sobre estos, observaron que la CPM₁₀ cayó entre un 30 - 50%, en las fases de confinamiento parcial y total; de transición y en la primera de recuperación económica. En las siguientes fases de la recuperación, la CPM₁₀ aumentó drásticamente, llegando a sobrepasar los niveles antes de la pandemia. Explicaron que la disminución obedeció a la reducción de cerca del 50% del tráfico vehicular, así como reducciones en la actividad comercial e industrial durante el confinamiento parcial y total.

Win-Yu *et al.* (2022) (6), en una investigación sobre los efectos de la pandemia en la contaminación de material particulado en la ciudad de Rangún (Myanmar), ad-

virtieron disminuciones significativas en la CPM10 (-89% en la zona semicomercial y -12% en la residencial) y CPM2.5 (-85% en la zona semicomercial y -16% en la residencial) de la ciudad. Concluyeron que la razón de la disminución fue el bloqueo de las actividades de emisión antropogénicas. Recomendaron un plan de acción, derivado de las enseñanzas de la pandemia, para limitar las emisiones donde se contemple: i) la concientización pública de los riesgos para la salud asociados a la contaminación ambiental y ii) la implementación frecuente de una política semanal o quinquenal (o de teletrabajo) de “quédate en casa”.

En una investigación acerca de los efectos de la contaminación ambiental en la COVID-19 en 4 estados de la India, Marwah y Agrawala (2022) percibieron que el índice de calidad del aire se redujo entre un 35% y 29%, en los estados de Delhi, Tamil Nadu, Bengala occidental y Karnataka. Este efecto se mantuvo durante las 10 semanas de cuarentena e, incluso, en las 2 primeras de flexibilización de las medidas. La CPM10 sufrió una caída, entre los diferentes estados, del 25% al 85%. Similar disminución se vio en la CPM2.5. Concluyeron que la limitación de actividades antropogénicas de emisión de contaminantes ambientales ayuda al establecimiento de un entorno saludable y sostenible.

Finalmente, Wilches y Castillo (2021) (10), en un estudio observacional reciente llevado a cabo en Santa Marta (Colombia),

mostraron que los niveles de CPM10 disminuyeron un 40% a causa de las medidas adoptadas para contener la propagación de la COVID-19. Encontraron, además, que, durante 2020, la concentración había sido significativamente menor que la de los 4 años anteriores. Sin embargo, distinto a lo abordado en este trabajo, no hicieron intercomparaciones entre los periodos de análisis para cada estación, sino entre estaciones considerando los periodos en su conjunto.

Conclusión

Antes del inicio de la pandemia los niveles de PM10 de las 4 estaciones de monitoreo ambiental de Ciénaga (Magdalena) superaban el límite anual de Colombia (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), excepto Costa Verde, en las proximidades de la cabecera urbana. Las medidas de restricción vehicular, industrial y comercial derivadas de la pandemia provocaron una reducción significativa en la media de la concentración de PM10 del 48% a los 6 meses y del 38% a los 9 meses. Esto parece indicar que el efecto de las restricciones fue tanto a corto (6 meses) como a largo plazo (9 – 12 meses). Si bien en Costa Verde se presentó la mayor caída de PM10 durante la cuarentena, fue también la que más rápidamente recuperó sus niveles prepandémicos. En contraste, en las demás estaciones la concentración de PM10 se mantuvo por debajo de la de los meses de precuarentena. Como el material particulado es producto de emisiones industriales y de vehículos

motorizados, bien como del polvillo de las carreteras, es posible que los mayores niveles de contaminación se presenten en las zonas rurales del municipio toda vez que por ahí pasan carretas de alto flujo de carga pesada como son la vía alterna y la troncal del caribe. Asimismo, estas estaciones se hallan cerca de las zonas de cargue y descargue de carbón de los puertos Drummond, CNR y Puerto Nuevo. Se recomienda revisar constantemente los niveles de PM10, especialmente, cerca a los puertos y carreteras. Podría ser interesante plantear semanas de receso de actividades y/o de teletrabajo.

Agradecimientos: A la Universidad del Magdalena por el apoyo brindado y a CORPAMAG por permitir el acceso a los datos. AMDG.

Financiación: Ninguna.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

1. Wilches Visbal J, Castillo Pedraza M. Aproximación matemática del modelo epidemiológico SIR para la comprensión de las medidas de contención contra la COVID-19. *Rev Esp Salud Publica* [Internet]. 2020;94:e1-11. Disponible en: https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL94/C_ESPECIALES/RS94C_202009109.pdf
2. Worldometers. Reporte Mundial COVID-19 [Internet]. 2022 [citado 27 de enero de 2021]. p. 1. Disponible en: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
3. Rondón Quintana HA, Zafra Mejía CA. Temporal analysis of covid-19 in Colombia. *Nova* [Internet]. 13 de septiembre de 2022;20(38):121-40. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/6187>
4. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* [Internet]. 16 de abril de 2020;382(16):1564-7. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2004973>
5. Peña López BO, Rincón Orozco B, Castillo León JJ. SARS-CoV-2: generalidades bioquímicas y métodos de diagnóstico. *Nova*. 2020;18(35):11-33.
6. Aung W-Y, Paw-Min-Thein-Oo, Thein Z-L, Matsuzawa S, Suzuki T, Ishigaki Y, et al. Effect of COVID-19-restrictive measures on ambient particulate matter pollution in Yangon, Myanmar. *Environ Health Prev Med* [Internet]. 18 de diciembre de 2021;26(1):92. Disponible en: <https://environhealthprevmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12199-021-01014-3>
7. Rojano R, Angulo L, Restrepo G. Concentración y relación de PST, PM10 Y PM2.5 en poblaciones cercanas a minería a cielo abierto: Caso Cerrejón Colombia. *Rev la Fac Ing Univ Cent Venez* [Internet]. 2015;30(3):39-48. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652015000300005
8. Martínez Angel JD. Movilidad motorizada, impacto ambiental, alternativas y perspectivas futuras: consideraciones para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Rev Salud Pública*. 2018;20(1):126-31.
9. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Conceptos básicos sobre el material particulado [Internet]. 2020 [citado 7 de enero de 2021]. p. 1. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
10. Wilches-Visbal JH, Castillo-Pedraza MC. Análisis de la relación entre material particulado, cuarentena y COVID-19 en una ciudad del caribe colombiano. *Salud UIS* [Internet]. 16 de noviembre de 2021;53(1). Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/12391>
11. Meo SA, Al-Khlaiwi T, Ullah CH. Effect of ambient air pollutants PM2.5 and PM10 on COVID-19 incidence and

- mortality: Observational study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* [Internet]. 2021;25(23):7553-64. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34919257/>
12. Wilches-Visbal JH, Díaz-Albornoz HD, Castillo-Pedraza MC. Asociación espacial e impacto de variables socioambientales en los casos de COVID-19 en Bogotá (Colombia). *Inf tecnológica* [Internet]. 2022;33(2):67-76. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v33n2/0718-0764-infotec-33-02-67.pdf>
 13. Rosas Arango SM, Del Ángel-Caraza J, Soriano-Vargas E. Infección por COVID-19, una mirada a los factores ambientales relacionados con la pandemia. *Nova* [Internet]. 25 de septiembre de 2020;18(35):101-5. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/4193>
 14. Marwah M, Agrawala PK. COVID-19 lockdown and environmental pollution: an Indian multi-state investigation. *Environ Monit Assess* [Internet]. 3 de febrero de 2022;194(2):49. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s10661-021-09693-9>
 15. Pozo Hernández FM, Aldaz Bombón OR, Cabezas Arellano MJ. Análisis de la situación económica de los taxistas por el COVID-19 en el cantón Echeandía. *Dilemas Contemp Educ Política y Valores* [Internet]. 1 de octubre de 2021; Disponible en: <https://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/3024>
 16. Wang Y, Wen Y, Cui Y, Guo L, He Q, Li H, et al. Substantial changes of chemical composition and sources of fine particles during the period of COVID-19 pandemic in Taiyuan, Northern China. *Air Qual Atmos Heal* [Internet]. 21 de enero de 2022;15(1):47-58. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s11869-021-01082-y>
 17. Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG). Enlaces para el seguimiento y descarga de datos e información del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire -SVCA- del departamento del Magdalena [Internet]. 2022 [citado 1 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://corpamag.gov.co/informacion-ambiental/aire/informacion-monitoreo-calidad-de-aire>
 18. Statics Kingdom. Test statistic calculators [Internet]. 2017 [citado 1 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.statskingdom.com/index.html>
 19. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 2254 de 2017 [Internet]. Bogotá, Colombia; 2017. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res-2254-de-2017.pdf>
 20. Ubajoa-Osso JD. La calidad del aire durante las cuarentenas ocasionadas por el COVID-19 [Internet]. Departamento de Derecho del Medio Ambiente, Universidad Externado de Colombia. 2020 [citado 4 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://medioambiente.uexternado.edu.co/la-calidad-del-aire-durante-las-cuarentenas-ocasionadas-por-el-covid-19/>
 21. Sánchez-Pineda DA, Moreno H. Evaluación de los contaminantes criterio (material particulado) en las localidades de la ciudad de Bogotá que presentaron mayor contaminación atmosférica durante los dos primeros trimestres del año 2020 [Internet]. Universidad Antonio Nariño; 2022. Disponible en: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5904/1/2022_DiegoAlejandroSánchezPineda.pdf
 22. López-Feldman A, Chávez C, Vélez MA, Bejarano H, Chimeli AB, Féres J, et al. COVID-19: impactos en el medio ambiente y en el cumplimiento de los ODS en América Latina. *Rev Desarro y Soc* [Internet]. septiembre de 2020;(86):104-32. Disponible en: <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/10.13043/DYS.86.4>
 23. Rocha CA, Marques E V., dos Santos RP, de Santiago ÍS, Cavalcante CLA, Cassiano DR, et al. A better understanding of air quality resulting from the effects of the 2020 pandemic in a city in the equatorial region (Fortaleza, Brazil). *Environ Sci Pollut Res* [Internet]. 8 de marzo de 2022;29(14):20921-38. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s11356-021-16697-y>