

Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa

Stephany Andrea Galvis-Vizcaíno⁽¹⁾; Icky Rosana León-Barraza⁽²⁾; Katherine del Socorro Padilla-Urueta⁽³⁾; María Yolanda Pombo-Navas⁽⁴⁾; Marcela Beatriz Rada-Carrillo⁽⁵⁾; Julieta Vera-Brand⁽⁶⁾; Roberto Carlos Rebolledo-Cobos⁽⁷⁾

¹Fisioterapeuta. Estudiante del programa de especialización en Rehabilitación Cardiopulmonar y Vascular. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

²Fisioterapeuta. Estudiante del programa de especialización en Rehabilitación Cardiopulmonar y Vascular. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

³Fisioterapeuta. Estudiante del programa de especialización en Rehabilitación Cardiopulmonar y Vascular. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

⁴Fisioterapeuta. Estudiante del programa de especialización en Rehabilitación Cardiopulmonar y Vascular. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

⁵Fisioterapeuta. Estudiante del programa de especialización en Rehabilitación Cardiopulmonar y Vascular. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

⁶Fisioterapeuta especialista en Rehabilitación Cardiovascular y Pulmonar. Coordinadora del programa de especialización en Rehabilitación Cardiopulmonar y Vascular. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia.

⁷Fisioterapeuta, Magíster en Actividad Física y Salud. Investigador del programa de Fisioterapia, Universidad Libre Seccional Barranquilla. Colombia.

Correspondencia:

Roberto Rebolledo Cobos

Dirección: Cra 23 #18-33 Baranoa-Colombia

Código postal: 082020

Correo electrónico: robertoc.rebolledoc@unilibre.edu.co

La cita de este artículo es: Stephany Andrea Galvis-Vizcaíno. SMaterial particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2021; 30(3): 362-372

RESUMEN.

Introducción: la exposición laboral a material particulado puede causar enfermedades de las vías respiratorias, no obstante, la magnitud y frecuencia en la exposición podría también aumentar el riesgo de efectos adversos en la salud cardiovascular. Para los profesionales en el área, es relevante el reconocer este factor de riesgo y sus

PARTICULATE MATTER AND DISORDERS OF CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY SYSTEMS IN WORKERS FROM DIFFERENT AREAS: A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT

Introduction: occupational exposure to particulate matter can cause respiratory diseases, however, the magnitude and frequency

implicaciones multisistémicas a la salud del trabajador.

Objetivo: analizar y describir la influencia de la exposición laboral al material particulado en el sistema cardiovascular y pulmonar en trabajadores de diversas áreas.

Material y Métodos: se realizó una búsqueda de bibliografía científica relacionada al objetivo de investigación consultando las bases de datos PEDro, PubMed, Scielo, Scopus y Ovid. Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: “particulate matter”, “air pollution”, “occupational exposure”, asociando con los términos: “cardiovascular effects”, “pulmonary effects”, “pulmonary function”, “cardiovascular disease” y “pulmonary disease”.

Resultados: de 220 artículos potenciales se seleccionaron 50 artículos, de los cuales 10 exponen la influencia del material particulado en el ámbito laboral.

Conclusiones: la exposición laboral al material particulado genera problemas de salud, evidenciándose mayor efecto en la disminución de la función pulmonar y aumento de la presión arterial, relacionado a la aparición de enfermedades laborales como asbestosis, silicosis, neumoconiosis, infarto agudo de miocardio y arritmias cardíacas.

Palabras clave: material particulado; exposición laboral; sistema cardiovascular; sistema respiratorio; enfermedades cardiovasculares; enfermedad pulmonar obstructiva crónica (DeCS).

of exposure could also increase the risk of adverse effects on cardiovascular health. For professionals in the area, it is important to recognize this risk factor and multisystem implications to the health of the worker.

Objective: analyze and describe the influence of occupational exposure to particulate matter (PM) on the cardiovascular and pulmonary system in workers from various areas.

Material and Methods: A search of scientific literature related to the research objective uses databases PEDro, PubMed, Scielo, Scopus and Ovid was performed. The following search terms will be used: “particulate matter”, “air pollution”, “occupational exposure”, associating with the terms: “cardiovascular effects”, “pulmonary effects”, “lung function”, “cardiovascular disease” and “pulmonary disease”.

Results: out of 220 potential articles, 50 articles were selected, of which 10 expose the influence of particulate matter in the workplace.

Conclusions: the main results are that the occupational exposure to particulate matter generates especially health problems, showing a greater effect in the decrease of lung function and increase in blood pressure, related to the appearance of occupational diseases such as asbestosis, silicosis, pneumoconiosis, acute myocardial infarction and cardiac arrhythmias.

Keywords: particulate matter; occupational exposure; cardiovascular system; respiratory system; cardiovascular disease; chronic obstructive pulmonary disease (MeSH).

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2021

Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2021

Introducción

La salud de las personas es influenciada en gran medida por su trabajo y las condiciones ambientales en las que se desarrolla. A nivel mundial, los trabajadores se encuentran amenazados diariamente por distintos riesgos de su ambiente físico de trabajo, que tienen una gran capacidad de producirles incapacidad por enfermedades laborales y accidentes de trabajo que pueden generar la muerte⁽¹⁾. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 24% de la carga mundial de morbilidad y muerte se adjudica a las exposiciones ocupacionales y ambientales⁽²⁾. Por lo anterior, los factores de

riesgo del ambiente de trabajo ocasionarían que los trabajadores adquieran enfermedades laborales o se produzca exacerbación de estas. También se destaca que la carga de enfermedades y lesiones atribuibles a las condiciones de trabajo peligrosas, representan grandes costos para los sistemas de salud y la economía de los países⁽³⁾.

Los contaminantes ambientales se componen de material particulado y otros elementos, que lo convierten en un riesgo químico para los trabajadores. El material particulado (MP) es una mezcla de partículas sólidas y líquidas que están presentes en el aire, con una concentración variada, una composición química compleja que puede

incluir ácidos, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, metales, tierra y polvo, y con distintos tamaños (MP grueso (MP10), MP fino (MP2.5) y MP ultrafino (MP1))^(4,5,6). Teniendo en cuenta lo anterior, el manejo inadecuado de este tipo de sustancias genera efectos negativos en la salud de los trabajadores expuestos a ellas, quienes, en algunos casos, desconocen esta situación⁽⁷⁾.

La asociación entre la exposición a MP y los efectos en la salud humana han sido estudiados en niños, adultos y adultos mayores; relacionándose con el desarrollo de diferentes condiciones de salud como el déficit cognitivo, enfermedades neurodegenerativas y desórdenes neurológicos, aunque los efectos más destacables de la exposición a MP se presentan en los sistemas cardiovascular y respiratorio^(8,9,10,11).

En el mundo, millones de trabajadores se encuentran expuestos al MP, por lo que la exposición frecuente y prolongada podría aumentar el riesgo de efectos adversos en la salud cardiovascular entre los que se incluyen falla cardíaca, isquemia miocárdica, infarto de miocardio, arritmias cardíacas, las cuales pueden generar la muerte⁽¹²⁾. Esta exposición laboral a MP también puede causar diferentes tipos de enfermedades pulmonares, que incluyen la enfermedad obstructiva de las vías respiratorias, enfermedad pulmonar intersticial, así como la muerte por estas causas⁽¹³⁾.

Para los profesionales en el área, tiene gran importancia el reconocimiento de los factores de riesgo generados por la exposición a MP. Al identificar estos agentes se pueden aplicar acciones preventivas en la población en riesgo, realizar intervención sobre los signos y síntomas tempranos de los efectos adversos en el sistema cardiopulmonar dados por esta exposición, disminuir las consecuencias a nivel cardiopulmonar de la población con condiciones preexistentes a la exposición, así como apoyar y gestionar a quienes han desarrollado una enfermedad cardiovascular o pulmonar de origen laboral, para evitar complicaciones. La presente revisión tiene como objetivo, analizar y describir la influencia de la exposición laboral a material particulado en el sistema cardiovascular y pulmonar en trabajadores de diversas áreas, basándose en la literatura

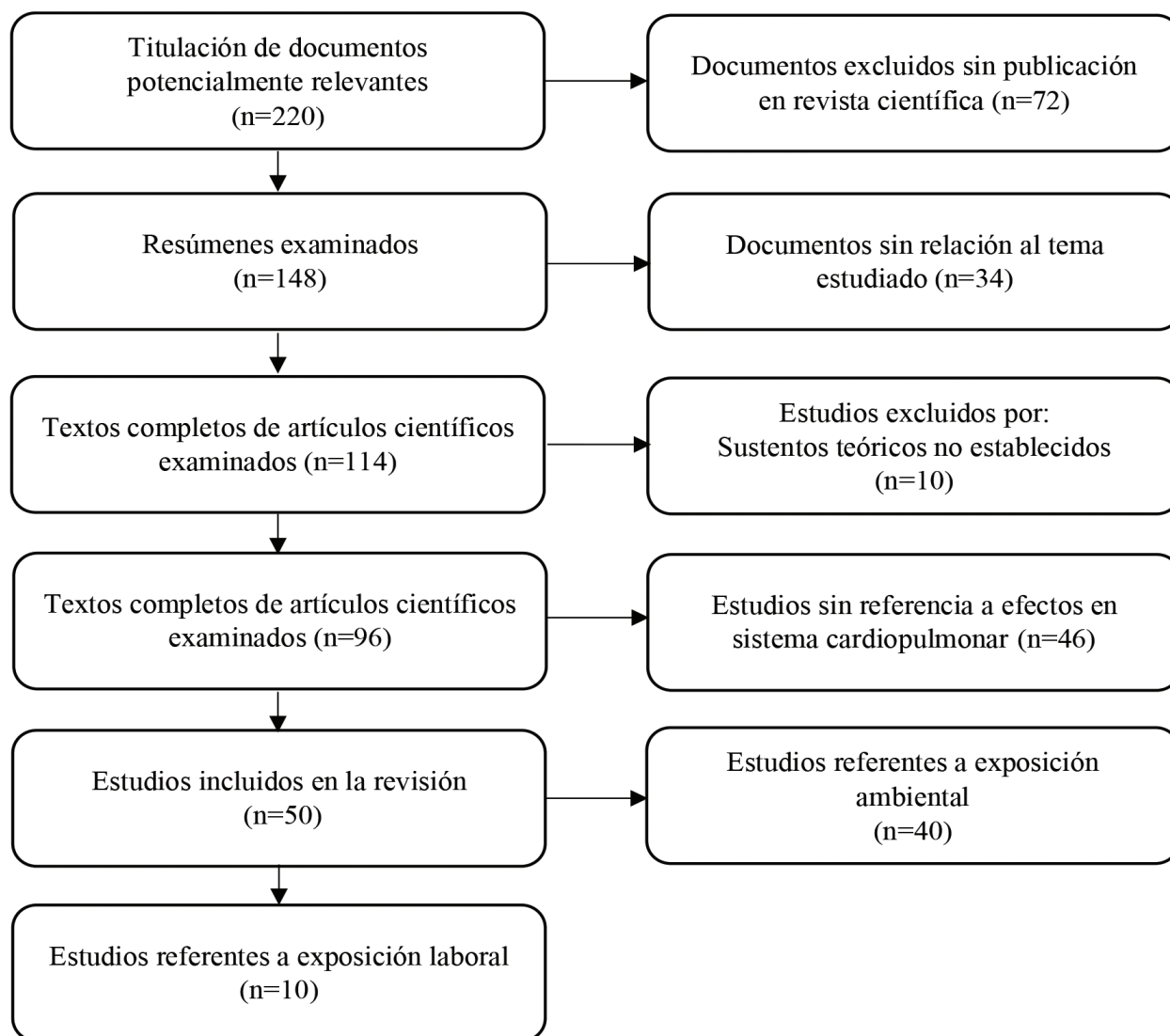
científica, contextualizando los aspectos teóricos más destacados para la comprensión de la temática planteada.

Material y Métodos

Para esta revisión narrativa se realizó una búsqueda de la literatura científica en el periodo comprendido entre el mes de mayo y septiembre del año 2020, empleando las bases de datos PEDro, PubMed, Scielo, Scopus y Ovid. De acuerdo con la base de datos, se utilizaron los siguientes términos de búsqueda en inglés o español: "particulate matter", "air pollution", "occupational exposure", "material particulado" y "exposición laboral" asociando con los términos: "cardiovascular effects", "pulmonary effects", "pulmonary function", "cardiovascular disease", "pulmonary disease", "función pulmonar", "efectos pulmonares", "efectos cardiovasculares" y "cáncer". La búsqueda incluyó todos los artículos desde 2013 hasta 2020.

Después de la búsqueda inicial, se incluyen 220 artículos en el proceso de revisión. De estos, 106 artículos no se relacionaban completamente con el tema de investigación o no tenían publicación en revista científica, por lo que se excluyeron. Los artículos y documentos compilados son en lengua española e inglesa, que cumplieran con los siguientes criterios: 1. Artículos científicos o informes públicos relacionados con la exposición ambiental y laboral a MP; 2. Artículos científicos o informes públicos relacionados a los efectos en el sistema cardiovascular por exposición ambiental y laboral a MP; 3. Artículos científicos o informes públicos donde se exploren los efectos en el sistema pulmonar por exposición ambiental y laboral a MP; 4. Artículos con cualquier diseño de estudio de corte transversal, diseños de cohorte, observacionales, ensayos clínicos y revisiones. Después de excluir artículos y documentos no relacionados, se evaluaron 114 trabajos. Todos los documentos se revisaron a través del título y el resumen. Después de excluir aquellos que no aportaban datos relevantes y sin sustentación teórica reciente, 50 estudios se examinaron por

FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO QUE REPRESENTA LA ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS ACADÉMICOS EN LOS QUE SE BASA LA PRESENTE REVISIÓN.



Fuente: elaboración original.

completo y se incluyeron en la revisión final, de los cuales 10 hacen referencia específicamente a la población trabajadora de diferentes áreas (Figura 1).

Resultados y Desarrollo Temático

A través de la búsqueda, se incluyeron finalmente 50 artículos científicos que contribuyeron en la elaboración del presente artículo, de los cuales 40 artículos mencionan los efectos del MP en los sistemas cardiovascular y pulmonar por exposición

ambiental a nivel general, y 10 artículos referentes a los efectos estudiados en población trabajadora de diversas áreas.

Efectos del MP en el sistema pulmonar

Las partículas que llegan a depositarse en las vías del sistema pulmonar generan una respuesta inflamatoria y la lesión de las células epiteliales; así como la estimulación de secreción de líquidos y mediadores de origen celular, donde los materiales solubles depositados como partículas, pueden pasar

al interior de los líquidos y células de la superficie, y ser rápidamente transportados por la circulación sanguínea a todo el organismo⁽¹⁴⁾. De igual forma se puede presentar un incremento de muerte celular, especies reactivas de oxígeno (ERO), ruptura del potencial de membrana mitocondrial, y activación del factor nuclear NFkB, resultando en citotoxicidad a través de un proceso apoptótico⁽¹⁵⁾.

La exposición a largo plazo a MP resulta en una remodelación e inflamación crónica de la vía aérea. Se evidencia una asociación del daño oxidativo con el desarrollo primario de asma y Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)⁽¹⁶⁾.

MP y función pulmonar

La función pulmonar es un indicador de la salud respiratoria, que puede afectarse por la exposición a MP⁽¹⁶⁾. La exposición a largo plazo de la contaminación ambiental por MP2.5 se asocia con una función pulmonar reducida con respecto a los parámetros de capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), flujo espiratorio medio (MMEF) y cociente FEV1/FVC; además, se asocia a un aumento de la tasa de deterioro de la función pulmonar y un aumento en el riesgo de desarrollar EPOC, con afectación en poblaciones de niños, adolescentes, adultos jóvenes y adultos, con y sin enfermedades respiratorias de base (Figura 2)^(17,18,19,20).

MP y patologías obstructivas

El MP inhalado por las personas se acumula en los pulmones y principalmente en los alveolos⁽¹⁷⁾. Las exposiciones crónicas a niveles aumentados de MP ambiental relacionados con trabajos anteriores, ambiente dentro del hogar, pasatiempos y otro tipo de exposición de las personas, han sido relacionadas con la incidencia de trastornos inflamatorios como el EPOC, bronquitis crónica, asma y enfisema^(13,14,15,16,17,18,19,20,21). Las personas que habitan en áreas con niveles de exposición alto de MP10 ambiental, tienen un exceso de síntomas respiratorios con respecto a quienes se encuentran menos expuestos, lo cual genera mayor riesgo de enfermedad respiratoria⁽²¹⁾.

MP y cáncer pulmonar

El MP está clasificado como cancerígeno (para seres humanos) del grupo 1, por la Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), por lo que la exposición a largo plazo de MP es asociada con el desarrollo de cáncer de pulmón, además el riesgo de cáncer de pulmón se eleva cuando la concentración de MP2.5 aumenta en 10 µg/m³⁽²²⁾. La tasa de mortalidad en las personas con cáncer de pulmón aumenta significativamente con la exposición a MP10 y MP2.5⁽¹³⁾. El cáncer de pulmón puede ser atribuido a varios componentes y fuentes de MP ambiental, especialmente los que contiene azufre y níquel⁽²³⁾.

MP y mortalidad respiratoria

El aumento en las concentraciones externas de MP10 y MP2.5 incrementa el riesgo de mortalidad en las personas por diferentes causas y por causas relacionadas a enfermedades pulmonares. EL MP10 y MP2.5 fueron también asociados a la mortalidad respiratoria⁽²⁴⁾. Kyung y Jeong establecieron en su estudio una correlación positiva entre la concentración de MP10 y la mortalidad por EPOC, la cual aumenta con la exposición de 10 µg/m³ de MP10⁽¹⁷⁾.

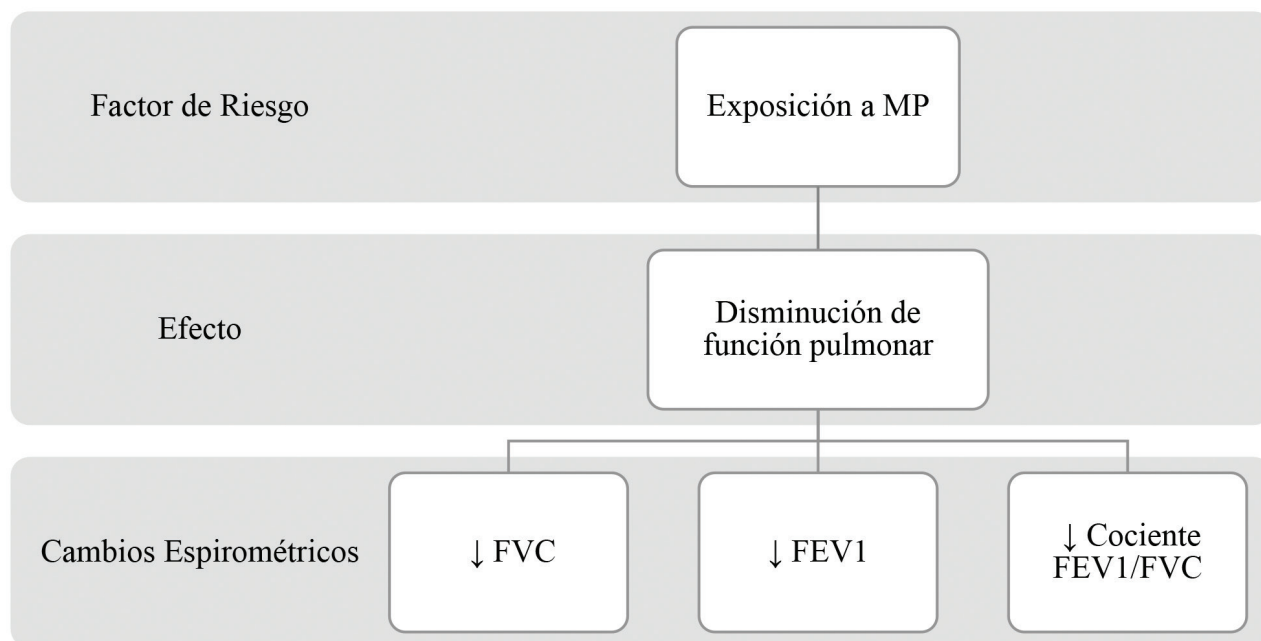
Efectos del MP en el sistema cardiovascular

Varios estudios relacionan que la inhalación de material MP2.5 y UFP principalmente, puede desencadenar una cascada inflamatoria en el tracto respiratorio, produciendo inflamación sistémica^(25,26). De la misma manera se destacan otros efectos potenciales para el sistema cardiovascular como la activación anormal del sistema hemostático y la disminución de la variabilidad del ritmo cardíaco⁽²⁷⁾. La exposición a MP tiene efectos a largo plazo sobre la coagulación, así como en la función endotelial, la cual al estar reducida puede asistir a la disfunción cardiovascular^(21,28).

MP e hipertensión

La exposición a MP y su influencia en el sistema cardiovascular, ha generado efectos en la presión arterial alta^(9,29). La hipertensión es considerada un

FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO QUE EXPRESAN LOS CAMBIOS EN PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS DE LA FUNCIÓN PULMONAR A LA EXPOSICIÓN A MP. FVC: CAPACIDAD VITAL FORZADA; FEV1: VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO EL PRIMER SEGUNDO; ↓ DISMINUCIÓN DE PARÁMETRO. FUENTE: ELABORACIÓN ORIGINAL.



factor de riesgo para la enfermedad coronaria¹⁵. Varios estudios han demostrado recientemente el aumento del riesgo de hipertensión por la exposición ambiental, siendo más relevante en la exposición a largo plazo de MP2.5 por encima de ciertos niveles, aunque se evidencia que cualquier tipo de exposición es capaz de aumentar la presión arterial^(30,31,32). La exposición prolongada a MP2.5 se asoció de forma independiente con la hipertensión incidente a concentraciones ambientales relativamente altas⁽³³⁾. El aumento en el riesgo de hipertensión está relacionado con un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la exposición a largo plazo de MP10⁽³⁴⁾.

MP y arritmias

Shahrbaf et al. (2020), describen en su revisión que el MP2.5 tiene una mayor asociación con las arritmias cardíaca, evidenciando también, el riesgo de presentar diferentes tipos de arritmia como la contracción supraventricular prematura, taquicardia auricular, taquicardia y contracción ventriculares prematura, asociado con la concentración del MP2.5⁽¹¹⁾. El riesgo de arritmias incrementa por los

componentes y fuentes específicas del MP2.5 y el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el nivel promedio de MP2.5 ambiental es asociado con la elevación de la frecuencia cardíaca de reposo^(6,35). En su estudio, Kim et al., encontraron una asociación significativa entre la fibrilación auricular y las concentraciones promedio a largo plazo de MP2.5 y MP10⁽³⁶⁾.

MP y aterosclerosis

Existe una asociación positiva entre el MP y aterosclerosis subclínica, las cuales se evidenciaron por medio de la exploración del calcio en arterias coronarias y la prueba del grosor de la íntima-media carotídea⁽³⁷⁾. En otro estudio se concluye que el aumento en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2.5 fue asociada positivamente con la prueba del grosor de la íntima-media carotídea⁽³⁸⁾.

MP y morbilidad cardiovascular

Las exposiciones a corto plazo a la contaminación del aire por partículas finas se asocian con la aparición de eventos isquémicos agudos como infarto de miocardio y accidente cerebrovascular;

además, la exposición prolongada a la contaminación del aire también se ha asociado con cardiopatía isquémica crónica e insuficiencia cardíaca⁽²⁶⁾. La exposición a corto plazo de MP se asocia a la falla cardíaca congestiva y la cardiopatía isquémica⁽¹⁶⁾. En el estudio de Liang et al., se establece que existe evidencia de que el aumento en la exposición a largo plazo de MP2.5 genera un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular⁽³⁹⁾. La contaminación atmosférica crónica de bajo nivel se relaciona con una disminución subclínica pero mensurable del rendimiento del ventrículo izquierdo, el cual es considerado un factor de riesgo de insuficiencia cardíaca⁽⁴⁰⁾.

MP y mortalidad cardiovascular

EL MP10 y MP2.5 fue asociada a la mortalidad cardiovascular, donde a mayor exposición a MP produce mayor mortalidad cardiovascular en la población. Bourdrel et al., determinan en su revisión que varios estudios epidemiológicos reportaban que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la exposición al largo plazo de MP2.5 se asociaba con un aumento de la mortalidad cardiovascular en un 11%; además de una relación entre la exposición a MP a corto y largo plazo con una variabilidad del ritmo cardíaco, el cual se considera como un marcador del desequilibrio del Sistema Nervioso Autónomo y un factor de riesgo para mortalidad cardiovascular⁽³⁰⁾.

Efectos de la exposición ocupacional a MP en diferentes áreas en el sistema pulmonar y cardiovascular

Durante el desarrollo de las actividades laborales, los trabajadores de sectores como el industrial y el minero, así como aquellos donde se labora en áreas externas o cercanas a vías con alto tráfico vehicular, pueden verse expuestos a MP, afectando su sistema pulmonar. La exposición a niveles elevados de MP es un factor de riesgo para la disminución de los parámetros de la función pulmonar entre los trabajadores sanos pertenecientes a procesos de manejo de residuos electrónicos⁽⁴¹⁾.

Según el estudio de Huang et al., realizado con trabajadores expuestos a MP en una mina a cielo

abierto de manganeso, establecieron que la exposición a MP2.5 estaba asociada con un daño en la función pulmonar siendo la lesión principal el trastorno respiratorio restrictivo, hallándose valores bajos para los índices de función pulmonar como FEV1, MMEF, tasa de flujo espiratorio máximo (PEFR), flujo espiratorio forzado al 25% y 75% de la capacidad vital forzada (FEF 25, FEF75), flujo espiratorio forzado al 25%, 50% y 75% de la capacidad vital forzada (FEF25%, FEF50%, FEF75%) y el cociente FEV1/FVC⁽⁴²⁾.

Los trabajadores pertenecientes a la industria del acero se encuentran expuestos a MP dentro de sus áreas de trabajo, hallándose mayor tasa de síntomas respiratorios en aquellos expuestos a niveles más altos de MP. En los trabajadores del acero, se pueden evidenciar signos de FEV1 reducido, lo que puede indicar una enfermedad pulmonar obstructiva; además, de valores reducidos de FVC sugiriendo problemas pulmonares restrictivos relacionados con la exposición a largo plazo a MP⁽⁴³⁾. Los trabajadores expuestos a UFP, en este caso al polvo de piedra artificial, mostraron resultados peores en las pruebas de función pulmonar, empeorando los hallazgos de tomografía computarizada y elevación de citocinas inflamatorias⁽⁴⁴⁾.

Estévez et al. realizaron un estudio donde se incluían policías de tránsito que laboraban en las vías con exposición a MP10 y personal de áreas internas, evidenciándose la presencia de síntomas respiratorios como tos, expectoración y rinosinusitis, siendo los de mayor prevalencia; además, en cuanto a la función pulmonar, el grupo expuesto sufrió más cambios espirométricos, siendo el patrón obstructivo más común para ambos grupos⁽⁴⁵⁾. Otro estudio relacionado a policías de tránsito expuestos a contaminantes del tráfico, emitidos por los vehículos como el MP2.5, evidenció que estos deterioran la función pulmonar⁽⁴⁶⁾. La exposición laboral a los contaminantes del aire como el polvo inorgánico, aumenta el riesgo de EPOC, especialmente en los trabajadores que nunca han fumado⁽⁴⁷⁾.

En cuanto a efectos en el sistema cardiovascular, el aumento de la presión arterial se considera un riesgo

TABLA 1. EFECTOS EN EL SISTEMA CARDIOPULMONAR A LA EXPOSICIÓN LABORAL A MP POR SECTOR LABORAL

Autores	Año	MP	Sector Laboral	Efecto en el Sistema Cardio-pulmonar
Amoabeng et al. ⁴¹	2020	MP	Trabajadores de empresa de manejo de residuos electrónicos	Disminución de función pulmonar
Huang et al. ⁴²	2019	MP2.5	Trabajadores de minas (Manganeso)	Disminución de función pulmonar
Girma et al. ⁴³	2019	MP	Trabajadores de industrias (acero, piedra artificial)	Disminución de función pulmonar
Ophir et al. ⁴⁴	2019	UFP		
Estévez et al. ⁴⁵	2013	MP10	Trabajadores urbanos (Taxistas, controladores de tráfico, policías de tránsito)	Disminución de función pulmonar Hipertensión arterial
Putri et al. ⁴⁶	2020	MP2.5		
Tomei et al. ⁴⁸	2017	MP10		
Santos et al. ⁴⁹	2019	MP2.5		
Torén et al. ⁴⁷	2014	MP	Trabajadores de construcción	Aumento de mortalidad por EPOC

MP: material particulado; UFP: Partículas ultrafinas; EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Fuente: elaboración original.

cardiovascular. Tomei et al. (2017), en su estudio realizado con dos grupos donde se incluían policías de tránsito y técnicos, quienes laboraban áreas externas, y trabajadores de áreas internas; los autores evidenciaron que los valores medios de presión arterial sistólica y diastólica se encontraron más altos en policías de tránsito y los técnicos que en aquellos que laboraban en áreas internas, así como valores más altos de presión arterial sistólica en policías de tránsito que en los técnicos⁽⁴⁸⁾. La exposición crónica a MP2.5 provenientes del tráfico de vehículos se asocia a aumentos en la presión arterial promedio de trabajadores urbanos como taxistas, controladores de tráfico y guardabosques⁽⁴⁹⁾. En cuanto al riesgo de cardiopatía isquémica producto de la exposición a MP, Møller et al. (2020), no encontraron asociación entre la exposición a UFP de los trabajadores de un aeropuerto y el riesgo de cardiopatía isquémica o enfermedades cerebrovasculares⁽⁵⁰⁾.

Conclusiones y Recomendaciones

La exposición laboral a MP está asociada a problemas de salud, generando efectos adversos en los sistemas pulmonar y cardiovascular de las personas, los cuales pueden empeorarse por el tiempo de exposición y el tamaño de las partículas inhaladas; y aumentar la morbilidad y mortalidad por esta causa en los humanos. En la población trabajadora de diversas áreas, expuesta a MP, el mayor efecto evidenciado en el sistema pulmonar es la disminución de la función pulmonar, y en el sistema cardiovascular es el aumento de la presión arterial. En cuanto al sector laboral más afectado, los trabajadores urbanos entre los que se encuentran los policías de tránsito tienen mayores efectos en su salud cardiopulmonar. La exposición a MP en los ambientes laborales debe tener una identificación, evaluación y control completo por parte de los empleadores por medio

de programas de seguridad y salud en el trabajo que incluyan tomas de muestras, muestreo ambiental, muestreo personal, medidas de control de tipo técnico, organizativo y personal, así como el manejo de equipos de protección personal adecuados; además los empleadores deben dar a conocer a sus colaboradores los efectos a la salud que pudieran presentarse en el desarrollo de sus actividades laborales.

Es fundamental para la salud de la población trabajadora expuesta a MP que se realicen estrategias de prevención de síntomas asociados a esta exposición por medio de pruebas específicas como Pruebas de Función Pulmonar, exámenes médicos periódicos que incluyan electrocardiograma, ecocardiograma, monitoreo de signos vitales, y cuestionarios de síntomas respiratorios y síntomas cardiacos; así como la atención en salud por profesionales, especialmente del rehabilitador cardiopulmonar, de aquellos trabajadores con sintomatología relacionada y de quienes presenten factores de riesgo, permitiendo la aplicación de intervenciones como educación sobre la exposición a MP, uso de equipos de protección personal, reconocimiento de síntomas asociados a patologías laborales, aplicación de programas de ejercicio físico; y en aquellos que han desarrollado enfermedad laboral producto de la exposición aplicar programas de rehabilitación cardiopulmonar que contribuyan a adaptarse de manera activa a su condición de salud, integrarse a la comunidad y mejorar su calidad de vida. Además, se sugiere la realización de más estudios que permitan confirmar los resultados de la presente revisión, así como estudios que proporcionen evidencia de otros tipos de efectos a nivel cardiopulmonar en la población trabajadora expuestos a MP.

Bibliografía

1. World Health Organization. Healthy workplaces: a model for action: for employers, workers, policymakers and practitioners. WHO; 2010 [online]. Disponible en: https://www.who.int/occupational-health/publications/healthy_workplaces_model_action.pdf
2. Lucchini R, McDiarmid M, van der Laan G, Rosenll M, Placidi D, Radon K, et al. Education and Training: Key Factors in Global Occupational and Environmental Health. *Ann Glob Health* 2018; 84(3): 436-41.
3. World Health Organization. Connecting Health and Labour. WHO; 2012 [online]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/124659/WHO_HSE_PHE_ES_2012.1_eng.pdf;jsessionid=D3A4A9E79CD68DFFA205233972D3F0BF?sequence=1
4. Suarez I, Álvarez D, Bendezu Y, Pomalaya. Caracterización química del material atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Rev Soc Quím Perú* 2017; 83(2): 187-99.
5. Kunovac A, Hathaway QA, Pinti MV, Taylor AD, Hollander JM. Cardiovascular adaptations to particle inhalation exposure: molecular mechanisms of the toxicology. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2020; 319 (2):H282-305.
6. Xie X, Wang Y, Yang Y, Xu J, Zhang Y, Tang W, et al. Long-term exposure to fine particulate matter and tachycardia and heart rate: Results from 10 million reproductive-age adults in China. *Environ Pollut* 2018; 242:1371-8.
7. Dessaleng D, Diresibachew W. Assessment of Respiratory Symptoms and Pulmonary Function Status among Workers of Flour Mills in Addis Ababa, Ethiopia: Comparative Cross-Sectional Study. *Pulm Med* 2018; 2018:9521297.
8. Thompson J. Airborne Particulate Matter: Human Exposure and Health Effects. *J Occup Environ Med* 2018; 60(5):392-423.
9. Alemayehu Y, Asfaw S, Terfie T. Exposure to urban particulate matter and its association with human health risks. *Environ Sci Pollut Res Int* 2020; 27(22): 27491-506.
10. Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. WHO; 2006 [online]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;sequence=1
11. Shahrabaf M, Akbarzadeh M, Tabary M, Khaheshi I. Air pollution and cardiac arrhythmias: A comprehensive review. *Curr Probl Cardiol* 2020; 100649.

12. Fang S, Cassidy A, Christiani D. A Systematic Review of Occupational Exposure to Particulate Matter and Cardiovascular Disease. *Int J Environ Res Public Health* 2010; 7: 1773-806.
13. Perlman D, Maier L. Occupational Lung Disease. *Med Clin N Am* 2019; 103: 535-48.
14. Organización Internacional del Trabajo, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Capítulo 10. ILO; 1998 [online]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+10.+Aparato+respiratorio>.
15. Li T, Hu R, Chen Z, Li Q, Huang S, Zhu Z, et al. Fine particulate matter (PM_{2.5}): The culprit for chronic lung diseases in China. *Chronic Dis Transl Med* 2018; 4(3): 176-86.
16. Anderson J, Thundiyil J, Stolbach A. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *J Med Toxicol* 2012; 8: 166-75.
17. Kyung SY, Jeong SH. Particulate-Matter Related Respiratory Diseases. *Int J Cardiol* 2019; 283: 178-83.
18. Guo C, Zhang Z, Lau A, Lin CQ, Chuang Y, Chan J, et al. Effect of long-term exposure to fine particulate matter on lung function decline and risk of chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan: a longitudinal, cohort study. *Lancet Planet Health* 2018; 2 (3): e114-25.
19. Guo C, Hoek G, Chang LY, Bo Y, Lin C, Huang B, et al. Long-Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) and Lung Function in Children, Adolescents, and Young Adults: A Longitudinal Cohort Study. *Environ Health Perspect* 2019; 127(12): 127008.
20. Paulin L, Hansel N. Particulate air pollution and impaired lung function. *F1000Res* 2016; 5(F1000 Faculty Rev): 201.
21. Wu W, Jin Y, Carlsten C. Inflammatory health effects of indoor and outdoor particulate matter. *J Allergy Clin Immunol* 2018; 141: 833-44.
22. Guo HR. Frontiers and challenges in occupational safety and health. *Front Public Health*. 2014; 2: 85.
23. Raaschou O, Beelen R, Wang M, Hoek G, Andersen ZJ, Hoffmann B, et al. Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer. *Environ Int* 2016; 87: 66-73.
24. Orellana P, Reynoso J, Quarantà N, Bardach A, Ciapponi A. Short-term exposure to particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone (O₃) and all-cause and cause-specific mortality: Short-term exposure to particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen Systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 2020; 142: 105876.
25. An Z, Jin Y, Li J, Li W, Wu W. Impact of Particulate Air Pollution on Cardiovascular Health. *Curr Allergy Asthma Rep* 2018; 18 (3): 15.
26. Combes A, Franchineau G. Fine particle environmental pollution and cardiovascular diseases. *Metabolism*. 2019; 100S: 153944.
27. Hu J, Fan H, Li Y, Li H, Tang M, Wen J, et al. Fine particulate matter constituents and heart rate variability: A panel study in Shanghai, China. *Sci Total Environ* 2020; 747: 141199.
28. Wu JZ, Ge DD, Zhou LF, Hou LY, Zhou Y, Li QY. Effects of particulate matter on allergic respiratory diseases. *Chronic Dis Transl Med* 2018; 4(2): 95-102.
29. Ohlwein S, Kappeler R, Kutlar Joss M, Künzli N, Hoffmann B. Health effects of ultrafine particles: a systematic literature review update of epidemiological evidence. *Int J Public Health* 2019; 64(4): 547-59.
30. Bourdrela T, Bindb MA, Béjotc Y, Moreld O, Argachae JF. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch Cardiovasc Dis* 2017; 110(11): 634-42.
31. Xie X, Wang Y, Yang Y, Xu J, Zhang Y, Tang W, et al. Long-Term Effects of Ambient Particulate Matter (With an Aerodynamic Diameter ≤ 2.5 μ m) on Hypertension and Blood Pressure and Attributable Risk Among Reproductive-Age Adults in China. *J Am Heart Assoc* 2018; 7(9): e008553.
32. Huang W, Wang L, Li J, Liu M, Xu H, Liu S, et al. Short-Term Blood Pressure Responses to Ambient Fine Particulate Matter Exposures at the Extremes of Global Air Pollution Concentrations. *Am J Hypertens* 2018; 31(5): 590-9.
33. Huang K, Yang X, Liang F, Liu F, Li J, Xiao Q, et al. Long-Term Exposure to Fine Particulate Matter and Hypertension Incidence in China: The China-PAR Cohort Study. *Hypertension* 2019; 73(6): 1195-201.
34. Cai Y, Zhang B, Ke W, Feng B, Lin H, Xiao J, et al. Associations of Short-Term and Long-Term Exposure

to Ambient Air Pollutants With Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hypertension* 2016; 68(1):62-70.

35. Feng B, Song X, Dan M, Yu J, Wang Q, Shu M, et al. High level of source-specific particulate matter air pollution associated with cardiac arrhythmias. *Sci Total Environ* 2019; 657:1285-93.

36. Kim IS, Yang PS, Lee J, Yu HT, Kim TH, Uhm JS, et al. Long-term exposure of fine particulate matter air pollution and incident atrial fibrillation in the general population: A nationwide cohort study. *Int J Cardiol* 2019; 283:178-83.

37. Jilania MH, Simon-Friedt B, Yahya T, Khan AY, Hassan SZ, Kash B, et al. Associations between particulate matter air pollution, presence and progression of subclinical coronary and carotid atherosclerosis: A systematic review. *Atherosclerosis* 2020; 306: 22-32.

38. Yang BY, Qian Z, Howard SW, Vaughn MG, Fan SJ, Liu KK, et al. Global association between ambient air pollution and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Environ Pollut* 2018; 235:576-588.

39. Liang F, Liu F, Huang K, Yang X, Li J, Xiao Q, et al. Long-Term Exposure to Fine Particulate Matter and Cardiovascular Disease in China. *J Am Coll Cardiol* 2020; 75(7): 707-17.

40. Yang WY, Zhang ZY, Thijs L, Bijlens EM, Janssen BG, Vanpoucke C, et al. Left ventricular function in relation to chronic residential air pollution in a general population. *Eur J Prev Cardiol* 2017; 24(13):1416-28.

41. Amoabeng A, Arko J, Botwe P, Dwomoh D, Kwarteng L, Takyi SA, et al. Effect of Particulate Matter Exposure on Respiratory Health of e-Waste Workers at Agbogbloshie, Accra, Ghana. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(9):3042.

42. Huang Y, Bao M, Xiao J, Qiu Z, Wu K. Effects of MP2.5 on Cardio-Pulmonary Function Injury in Open Manganese Mine Workers. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(11):2017.

43. Girma F, Kebede Z. Dust Exposure Associations with Lung Function among Ethiopian Steel Workers. *Ann Glob Health* 2019; 85(1):12.

44. Ophir N, Bar Shai A, Korenstein R, Kramer MR, Fireman E. Functional, inflammatory and interstitial impairment due to artificial stone dust ultrafine particles exposure. *Occup Environ Med* 2019; 76(12):875-9.

45. Estevez J, Rojas N, Rodriguez A. Occupational exposure to air pollutants: particulate matter and respiratory symptoms affecting traffic -police in Bogota. *Salud Pública* 2013; 15(6):889-902.

46. Putri M, Karmegam K, Athirah M, Irniza R, Bahriet M, Shamsul MT, et al. Impacts of MP2.5 on respiratory system among traffic policemen. *Work* 2020; 66(1):25-29.

47. Torén K, Järholm B. Effect of Occupational Exposure to Vapors, Gases, Dusts, and Fumes on COPD Mortality Risk Among Swedish Construction Workers. *Chest* 2014; 145(5):992-7.

48. Tomei F, Ricci S, Giammichele G, Sacco C, Loreti B, Fidanza L, et al. Blood pressure in indoor and outdoor workers. *Environ Toxicol Pharmacol* 2017; 55: 127-36.

49. Santos U, Ferreira A, Bueno M, Amador L, Lin C, Chiarelli PS, et al. Exposure to fine particles increases blood pressure of hypertensive outdoor workers: A panel study. *Environ Res* 2019; 174: 88-94.

50. Møller KL, Brauer C, Mikkelsen S, Bonde J, Loft S, Helweg K, et al. Cardiovascular disease and long-term occupational exposure to ultrafine particles: A cohort study of airport workers. *Int J Hyg Environ Health* 2020; 223(1):214-9.