EFECTO EN LA SALUD RESPIRATORIA POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Ana María Sandoval Rodríguez[1]

Anthony Ciprian Torres Rubio[2]

Silvana María Trujillo Cárdenas [3]

Laura Constanza Valderrama Duran[4]

Michelle Villamizar Tapia[4]

Universidad El Bosque

Facultad De Medicina

Programa De Medicina

Bogotá

2019

[1] Estudiante de Medicina Universidad El Bosque
[2] Estudiante de Medicina Universidad El Bosque
[3] Estudiante de Medicina Universidad El Bosque [4] Estudiante de Medicina Universidad El Bosque
[4] Estudiante de Medicina Universidad El Bosque

EFECTO EN LA SALUD RESPIRATORIA POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

ANA MARIA SANDOVAL RODRIGUEZ

asandovalr@unbosque.edu.co

ANTHONY CIPRIAN TORRES RUBIO

acitorres@unbosque.edu.co

SILVANA MARIA TRUJILLO CARDENAS

strujilloc@unbosque.edu.co

LAURA CONSTANZA VALDERRAMA DURAN

lvalderramad@unbosque.edu.co

MICHELLE VILLAMIZAR TAPIA

mvillamizarvi@unbosque.edu.co

Trabajo dirigido por:

Jeadran Nevardo Malagón Rojas M.D. M.Cs.

Trabajo De Grado Presentado Como Requisito Para Optar Al

Título De Médico Cirujano

Universidad El Bosque

Facultad De Medicina

Programa De Medicina

Bogotá

2019

HOJA DE TUTORES

Jeadran Nevardo Malagón Rojas

Médico y Cirujano Universidad Javeriana

M.Cs. Universidad del Rosario

Profesor Asistente Universidad El Bosque

Coordinador Introducción a la Investigación- Universidad El Bosque

Facultad de Medicina

"La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia"

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por permitirnos culminar nuestro trabajo, queremos reconocer a nuestros familiares más cercanos, debido a que gracias a su acompañamiento, perseverancia e insistencia, hemos llegado hasta el final, hasta este punto de culminación.

De igual forma, queremos agradecer a la Universidad El Bosque por todas las oportunidades brindadas a lo largo de estos seis años, por permitirnos las bases para formarnos de forma integral, tanto como médicos como personas.

Finalmente, agradecemos de modo especial al doctor Jeadran Malagón, quien nos acogió como tutor en un momento trascendental de nuestro trabajo de grado y cuyo invaluable aporte permitió que hoy presentamos a ustedes el producto de este esfuerzo.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a nuestros padres, quienes nos acompañaron durante toda nuestra formación académica, nos apoyaron cuando nadie más comprendía nuestras preocupaciones por la elección que asumimos al tomar la medicina como profesión, nos inspiraron y ayudaron en cada situación que se presentó a lo largo de estos seis años.

Es dedicado también a los futuros estudiantes de medicina que en algún momento podrán emplear algo del conocimiento que aquí se comparte, para en consecuencia, aportar algo a su formación médica.

TABLA DE CONTENIDO

PARTICULADO, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA 1
HOJA DE TUTORES 2
AGRADECIMIENTOS 4
DEDICATORIA 5
TABLA DE CONTENIDO 6
RESUMEN 7
ABSTRACT 8
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 14
3. JUSTIFICACIÓN 15
4. OBJETIVOS 16
4.1 Objetivo General 16
4.2 Objetivos Específicos 16
5. MARCO TEÓRICO 17
5.1 Material particulado y su efecto en salud respiratoria 17
5.2 Actividad física y ciclismo urbano 18
5.3 Evaluación sobre el efecto del material particulado sobre la vía aérea 19
5.4 Las Revisiones sistemáticas como herramienta de síntesis de la evidencia científica 20
6. MATERIALES Y MÉTODOS 21
6.1 Búsqueda y selección de artículos 21
6.2 Plataforma para revisión 24
6.3 Evaluación de calidad metodológica y manejo de sesgos 24
8. RESULTADOS 25
8.1 Selección de artículos 25
Fuente: los autores, 2019 basado en las recomendaciones de PRISMA (42) 27
8.2 Evaluación de la calidad metodológica según la lista de chequeo STROBE 28
9. DISCUSIÓN 36
10. CONCLUSIONES 38
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39

ARTÍCULO PRODUCTO DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

EFECTO EN LA SALUD RESPIRATORIA POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO , UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Ana María Sandoval Rodríguez -Anthony Ciprian Torres Rubio -Silvana María Trujillo Cárdenas -Laura Constanza Valderrama Duran - Michelle Villamizar Tapia

RESUMEN

Es una realidad que la contaminación ambiental se ha incrementado en las últimas décadas, generando entre otras consecuencias un impacto negativo en la salud respiratoria de los habitantes de las grandes urbes. Este fenómeno no solo está dado por la polución generada por los sectores industriales - fuentes fijas - , sino también por la cantidad de vehículos motorizados que transitan por las calles - fuentes móviles - de distintas ciudades del mundo. Como una alternativa de movilidad, en numerosas regiones del mundo se vienen impulsando estrategias de transporte activo, entre ellas la bicicleta como medio de transporte. En el presente estudio se quiso conocer cómo afecta la exposiciåon a $PM_{2,5}$ en la salud respiratoria de usuarios de diferentes modos de transporte, motorizados y no motorizados.

Metodología: Se realizó una revisión sistemática de artículos de acuerdo a lo establecido en el PRISMA Statement, a partir de la búsqueda realizada en las siguientes bases de datos: PubMed, Embase, Biblioteca virtual de ciencias de la salud y ProQuest Central, utilizando términos MESH en la búsqueda. Se incluyeron artículos original que estudian el impacto de la exposición ambiental a material particulado $_{2,5}$ micras, denominadas como respirables, y los efectos agudos sobre sistema respiratorio de usuarios de bicicleta como medio de transporte urbano y efectos en usuarios de vehículos motorizados, en los últimos 10 años. Así mismo no

se incluyeron artículos de la literatura gris, como parte de recursos que hacen parte de una revisión sistemática.

Resultados: Se evidenció a través de valores espirométricos que la proporción de $FEF_{25-75\%}$ / FVC es la que tiene una afectación de forma aguda. Existe una gran variedad metodológica entre estudios que no permite la comparación entre trabajos.

Conclusiones: Existe una gran variedad metodológica entre estudios que no permite la comparación entre variables de estudios referentes a la afectación de la salud respiratoria debido al $PM_{2.5}$.

Se encontraron diferentes técnicas para evaluar la salud respiratoria, entre estas la espirometría, que determina la función pulmonar por el VEF1 y el FVC.

Niveles ambientales de eNO, MDA y BC también fueron variables utilizadas para la medición de la función pulmonar. Del mismo modo, los biomarcadores como el recuento de leucocitos en sangre, PCR, sICAM-1, sVCAM-1, IL-1B, IL-6, IL-8 y FNTa también se tuvieron en cuenta.

Se requiere de más estudio en este tema para determinar de manera más concluyente los efectos agudos en la salud respiratoria de usuario de transporte activo producidos por la exposición al $PM_{2.5}$.

PALABRAS CLAVE:

Bicicleta, ciclismo, contaminación del aire, exposición a contaminación, actividad física

ABSTRACT

It is a reality that air pollution has been on the uprise since the turn of the last century; creating, therefore, amongst other adverse effects, a negative impact on the health of citizens of great metropolis around the world. This phenom is not only due to the pollution generated industry sector, or otherwise “permanent sources” but also, because of the amount of motorized vehicles transiting through city streets in different cities (mobil sources). As an

alternative for mobilization, many regions of the world have been striving to push strategies for active transportation, including the use of the bicycle for such means.

In the present study, we try to make evident the effects on respiratory health due to exposure to $PM_{2.5}$ on users of active and passive methods of transportation.

Methods: A systematic review of the literature present from 2008 to 2018 was conducted in accordance with the Prisma Statement parameters. The data base used included: PubMed, Embase, Virtual Library of health sciences and ProQuest Central; using MESH terms adapted to the subject of matter. Original articles were included, dedicated to study the impact of air pollution exposure to particulate matter and the acute effects on the respiratory health of bicycle users in urban areas.

Results: Spirometric value acutely affected by exposure to air pollution due to $PM_{2.5}$ is the $FEF_{25-75\%}$ / FVC ratio.

Conclusions: Protocol and methodological variety, and insufficient statistically significant study groups did not permit variable comparison among studies regarding respiratory health effects due to $PM_{2.5}$.

Different techniques for evaluating respiratory health were found to be used; among these being spirometry, which determines lung function by FEV1 and FVC.

Ambient levels of eNO, MDA and BC were also measures utilized to exhibit lung functioning.

Likewise, biomarkers such as leukocyte blood count, RCP, sICAM-1, sVCAM-1, IL-1B, IL-6, IL-8 and TNFa have been taken into account.

Further research is required on the subject of matter in order to conclusively determine the acute effects due to $PM_{2.5}$ on respiratory health of active transport users.

Keywords: Bicycle, cycling, air pollution, exposure to pollution, physical activity

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la Organización Mundial de la salud y el Banco Mundial promueven el uso de la bicicleta como transporte activo, con el fin de incrementar los niveles de actividad física, mejorar las condiciones de movilidad y a su vez, la calidad del aire (1).

Es notable el impacto en la salud que ha tenido el uso de la bicicleta como medio de transporte, como es el caso de ciudades modernas como Nueva York, Sídney, Londres, Tokio y París, en donde las políticas públicas se están enfocando en las dos ruedas como medio de transporte, buscando ser una real alternativa de movilidad (2).

Asimismo, el uso de la bicicleta como medio de transporte, ha tenido un importante crecimiento a nivel mundial; según el Banco Interamericano de Desarrollo, quien afirma que dicho medio de transporte se ha transformado en un método efectivo para movilización, ya que reduce costos, es protector del medio ambiente y promueve una adecuada actividad física (3).

Por otro lado, se ha identificado que el uso de este medio de transporte genera beneficios a nivel cardiovascular y respiratorio, disminuyendo la obesidad y la hipertensión arterial (2). No obstante, el ciclista se encuentra totalmente expuesto al medio ambiente, en contacto directo con agentes nocivos producidos por el transporte motorizado, las fábricas y la contaminación ambiental, encargados de producir sustancias orgánicas, humedad, gases, microorganismos, alérgenos, sustancias volátiles y emisiones de dióxido de carbono. La exposición a una atmósfera cargada de material particulado como ocurre en las zonas urbanas, implica un riesgo para la salud, sobre todo respiratoria, del ciclista, puesto que el esfuerzo físico que requiere montar bicicleta aumenta la tasa de inhalación de la persona que realiza el ejercicio (4).

Por lo mencionado anteriormente, el sistema respiratorio de un usuario de bicicleta en el ámbito urbano se ve afectado dado la exposición a material particulado ultrafino que llega hasta los alvéolos mientras este realiza dicha actividad.

El presente trabajo, pretende hacer una síntesis de la literatura para responder la inquietud sobre si los beneficios de promover el transporte activo en bicicleta superan a los riesgos de la contaminación del aire.

1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, las personas que se movilizan utilizando transporte no motorizado va en aumento, esto debido al interés colectivo de generar políticas a favor del transporte ecológico, activo y divertido; siendo el principal, la bicicleta. Su uso como medio de transporte ha aumentado en la última década, alcanzando en Bogotá los 570 mil viajes diarios en 2015 (5).

Este medio de transporte se considera uno de los más importantes, ya que representa una alternativa a la polución causada por la emisión de gases y partículas originadas por el transporte motorizado (3). Adicionalmente, al ser un medio asequible para los ciudadanos, la bicicleta ha sido representativa al momento recomendar hábitos saludables a nivel físico y emocional, ya que logra disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares como la arteriosclerosis y reduce el estrés emocional por medio de la actividad física; al mismo tiempo que no aporta a la emisión diaria de contaminantes ambientales (1,3).

La contaminación ambiental que se vive hoy día genera un riesgo importante para la salud de los habitantes de grandes urbes en países desarrollados y en vía de desarrollo (2). Se considera que la contaminación del aire causa el 17% de todas las muertes por enfermedades no transmisibles (5). Los efectos de la contaminación del aire son ocasionados por la exposición a material particulado (un compuesto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al medio ambiente, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, polvo de la agricultura y partículas resultantes de procesos productivos, entre otros) que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos potencialmente nocivos para la salud (6).

La alta morbimortalidad asociada a la exposición de este material particulado, se debe al tamaño de las partículas que al medir 2.5micras o menos, que al ser inspiradas llegan a la membrana alveolar, promoviendo fenómenos de inflamación sistémica y de daño endotelial, conllevando al desarrollo de cardiopatías, neumopatías y cáncer por sus efectos oxidativos sobre el endotelio pulmonar (7).

En el mundo, la contaminación del aire contribuyó al 7.6% de todas las muertes en el 2016 (1)Según la OMS, anualmente, se presentan 3 millones de defunciones prematuras, siendo el 18% de estas muertes relacionadas con la contaminación atmosférica. Dentro de las causas de muerte prematura se mencionan principalmente la enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infecciones respiratorias agudas; y en un menor porcentaje el cáncer de pulmón (2).

Por consiguiente, existe consenso entre la comunidad científica en considerar a la contaminación del aire como un factor de riesgo ambiental para múltiples enfermedades (8). Como ejemplo de lo último mencionado, el Departamento Nacional de Planeación Colombia (DNP), ha señalado que la contaminación del aire es responsable del 10% de las muertes de origen cardiovascular y respiratorio, tales como tumor maligno de tráquea, bronquios y pulmón, enfermedades hipertensivas, y enfermedades cerebrovasculares, además de infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años (9).

Sin embargo, la generación de políticas públicas a favor del transporte activo como un método para mejorar la movilidad y la salud cardiovascular de los habitantes de las ciudades, han venido reforzando la promoción del uso de la bicicleta en distintos lugares del mundo.

Lo anterior, puede ser evidenciado al comparar los desenlaces en salud de usuarios de transporte activo versus no activo, ya que los primeros tenían una menor frecuencia de presentación de enfermedades cardiovasculares, cáncer y todas otras causas de muerte (5).

Adicionalmente, un estudio realizado en Bogotá sobre usuarios de buses rápidos, encontró que la dosis diaria inhalada de P.M. $_{2,5}$ en usuarios de este modo de transporte es 1.2 veces mayor al valor permisible durante 24 horas sugerido por la OMS (5).

A su vez, se ha encontrado que la exposición a P.M. $_{2,5}$ y carbono negro podría ser hasta 6 veces más alto dentro de los autobuses del sistema bus de transporte rápido (BRT) comparado con la exposición ambiental a la cual se someten los peatones y usuarios de

bicicletas (5).

Hasta aquí se han presentado dos posiciones. Por un lado, un grupo de autores que sugiere que los beneficios de la actividad física superan los riesgos de la contaminación del aire y por otro lado, un grupo de autores que enfatiza en que la contaminación del aire implica graves riesgos para la salud humana, por lo que promover la actividad física en ambientes contaminados podría no ser tan beneficioso para los usuarios de bicicleta.

Ante la falta de consenso sobre si existe una relación directa entre la exposición al material particulado y sus efectos sobre la salud en humanos expuestos, la presente revisión de la literatura pretende responder a la pregunta ¿cuáles son los efectos sobre la salud respiratoria ocasionados por la exposición a material particulado ($PM_{2.5}$) en ciclistas urbanos comparados con usuarios de transporte motorizado?

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los efectos sobre la salud respiratoria ocasionados por la exposición a material particulado ($P.M_{2.5}$) en usuarios de bicicleta comparado con los usuarios de transporte motorizado?

P: usuarios de bicicleta como medio de transporte urbano

I: expuestos a material particulado $_{2,5}$

C/S: (usuarios de vehículo motorizados)

O: efectos sobre salud respiratoria

T: últimos 10 años

3. JUSTIFICACIÓN

Dentro del informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se hace referencia al objetivo planteado para el año 2030, el cual menciona que las personas tengan vidas más saludables, las ciudades sean resilientes y sostenibles (10). Es por esto que se está innovando en el modelo de crecimiento de las ciudades, con el objetivo de abandonar lo relacionado con la afectación en salud de sus habitantes, como es el caso de la contaminación del aire.

De igual manera, la Organización Mundial de Salud, en su primera Conferencia Mundial Sobre Contaminación del Aire y Salud, hace una recomendación fuerte a los países miembros a reducir los efectos de la contaminación del aire que afecta principalmente a las personas más vulnerables de la sociedad. Dentro del plan de acción de la conferencia, se exhorta a que los profesionales de la salud contribuyan a proteger a las personas de los efectos de la contaminación del aire en la salud al incluir la formulación de aire limpio como una herramienta sectorial de promoción de la salud (8).

En medio de la encrucijada, los profesionales de la salud deben contar con información suficiente que les permita formular actividad física acorde al entorno en que se realiza dicha actividad. De este modo, no basta con conocer la recomendación de "150 minutos de actividad física moderada a la semana, más ejercicios de fortalecimiento de grandes grupos musculares", propuesta dentro las recomendaciones mundiales sobre la actividad física para la salud, por la OMS en el 2012, sino que es necesario incluir en el proceso de formulación la relación que tiene la actividad física, salud respiratoria y contaminación del aire.

De este modo, el presente trabajo pretende contribuir a identificar los posibles efectos relacionados con la exposición a contaminantes ambientales, específicamente los relacionados con $PM_{2.5}$, en usuarios de bicicleta como medio de transporte no motorizado y usuarios de medios de transporte motorizados.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar los efectos sobre la salud respiratoria ocasionados por la exposición a material particulado (P.M.$_{2.5}$) en usuarios de transporte motorizado y no motorizado**.**

4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las técnicas de evaluación de los impactos sobre la salud respiratoria de usuarios de diferentes modos transporte expuestos ambientalmente a material particulado P.M.$_{2.5}$.
2. Determinar los efectos sobre la salud respiratoria de usuarios de transporte motorizado y no motorizado expuestos ambientalmente a material particulado P.M.$_{2.5}$.

5. MARCO TEÓRICO

El marco teórico que se elabora en seguida, permiten dar noción de las ideas necesarias para comprender la elaboración de este trabajo. En la primera parte se abordarán generalidades del material particulado y los efectos del material particulado en la salud respiratoria.

Seguidamente, se presenta el concepto de ciclismo urbano, como una forma de actividad física. Posteriormente, se mostrarán las técnicas de evaluación de los efectos sobre la salud respiratoria. Finalmente, se presentará la importancia que tienen las revisiones sistemáticas de la literatura, como una herramienta de síntesis de la evidencia científica.

5.1 Material particulado y su efecto en salud respiratoria

El material particulado (P.M.) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos, entre otros, que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos potencialmente nocivos para la salud (6). Adicionalmente, dicha combinación incluye productos biológicos, metales, sales, materiales carbonados, compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) entre otros, que interactúan entre sí, formando otros compuestos potencialmente nocivos para la salud (6).

Dentro de las partículas suspendidas, se denominan “respirables” a las de un diámetro menor o igual a $_{10}$ µm por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias, las de mayor tamaño duran un tiempo limitado en suspensión, que por acción de la gravedad caen mucho más rápido previniendo su recorrido de largas distancias (11).

Dado su tamaño, las partículas del P.M.$_{2.5}$ son en su totalidad respirables, con la capacidad de alcanzar los bronquiolos terminales y alvéolos, desde donde son fagocitadas por los macrófagos alveolares. En el tiempo, dichas partículas se pueden acumular en el sistema

respiratorio, asociándose con efectos negativos sobre la salud, como la disminución del funcionamiento pulmonar y aumento de las enfermedades respiratorias como el cáncer de pulmón, bronquitis crónica en mayores de 44 años, tumor maligno de tráquea, de bronquios y de pulmón en mayores de 44 años, infección respiratoria aguda en menores de 5 años y en mujeres mayores de 44 años, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (9, 12).

La OMS, señala que la exposición a este tipo de material particulado produce efectos nocivos incluso en bajas concentraciones, por lo cual no se ha logrado determinar un valor mínimo de exposición. Por ende, esta entidad estableció unos valores recomendados para lograr una disminución en el acontecimiento de las enfermedades mencionadas anteriormente; estos límites determinados para las partículas finas ($P.M._{2.5}$) se estableció un valor límite permisible de 10$\mu g/m^3$ de media anual y en una media de 25 $\mu g/m^3$ en 24h (7).

5.2 Actividad física y ciclismo urbano

La actividad física es cualquier movimiento voluntario o intencional producido por los músculos esqueléticos que genera un gasto energético por encima de la tasa de metabolismo basal (9). El ciclismo urbano, por definición, es el uso de la bicicleta como medio de transporte en trayectos de 5 kilómetros o menos, que se caracteriza por su uso para desplazarse al trabajo, al lugar de estudio o pasear en el entorno urbano; convirtiéndose así en un método de actividad física, la cual implica cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía (8).

5.3 Evaluación sobre el efecto del material particulado sobre la vía aérea

La actividad física implica una mayor exposición al material particulado al producirse un aumento en la permeabilidad de la barrera alveolar (13). Se ha descrito que exposiciones mayores a 10 μg/m³ de $PM_{2.5}$ están relacionados con aumento de la resistencia e impedancia de la vía aérea (14).

Dentro de las técnicas que se han implementado para medir el impacto sobre la vía aérea se encuentra la espirometría, medición de óxido nítrico exhalado y oscilometría de impulso. La espirometría es una prueba rutinaria utilizada para el diagnóstico de enfermedades restrictivas y obstructivas de la capacidad vital pulmonar. Se ha usado en estudios de exposición a material particulado encontrando un efecto sobre la capacidad pulmonar total tras la exposición a $PM_{2,5}$ (16,17).

La medición de óxido nítrico hace parte de las técnicas de medición, toda vez que esta sustancia se eleva durante procesos de vasodilatación relacionados con la irritación de la vía aérea pequeña (18). Sin embargo, en la población expuesta ambientalmente a $P.M_{2.5}$ los resultados no son del todo concluyentes por cuanto hay discrepancia en la elevación de niveles óxido nítrico, dado que algunos reportes, estudios, artículos reportan altos niveles y otros no (19).

La oscilometría de impulso es prueba de función respiratoria que permite evaluar la impedancia del sistema respiratorio a diferentes frecuencias de oscilación para luego estimar la resistencia y la reactancia de la vía aérea pequeña, por ende, es relevante en el estudio de las enfermedades que afectan la vía aérea pequeña, puesto que esta región de la anatomía bronquial no es posible evaluarla mediante la espirometría (20).

5.4 Las Revisiones sistemáticas como herramienta de síntesis de la evidencia científica

Las revisiones sistemáticas, son investigaciones científicas que se caracterizan por ser estudios integrativos que involucran tanto investigaciones de tipo observacional como experimental; en los cuales se realiza una revisión de aspecto tanto cualitativo como cuantitativo de estudios primarios. A través de las revisiones sistemáticas se pretende sintetizar la información del tema de interés. Por lo general involucra a varios investigadores, quienes deben recopilar artículos que aporten evidencia científica sobre un tema de interés para así analizarlos y compararlos unos con otros, y a partir de eso exponer una visión integral sobre el tema en estudio (12).

La importancia de este tipo de estudios, radica en que son una herramienta útil para simplificar y sintetizar la información científica disponible. Además, permite sustanciar las conclusiones individuales e identificar áreas de incertidumbre donde sea necesario realizar una investigación, además de establecerlas razones de las discrepancias o las contradicciones entre los resultados de las distintas investigaciones. Esto permite a generar mejores diseños en los estudios con el objeto de mejorar la investigación clínica (8). Finalmente, este tipo de estudio también se puede utilizar cuando se desea conocer el tamaño del efecto de una intervención y cuando se desea analizar el comportamiento de la misma en diferentes tipos de poblaciones (8).

Los elementos claves que debe tener una revisión sistemática son: pregunta a responder, la cual debe contar con un enunciado explícito; criterios de inclusión y exclusión definidos; disponer de amplias investigaciones en donde se soporte su evidencia; reporte de extracción de los datos; evaluar la calidad de las investigaciones realizadas; reporte de resultados; y cuando los datos lo permiten, realizar un análisis estadístico; estimar la medida global del efecto teniendo en cuenta su IC 95%; definir la heterogeneidad; análisis de subgrupos y sensibilidad; y cálculo del sesgo (8).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Búsqueda y selección de artículos

Se realizó una revisión sistemática de artículos. La metodología de la revisión se realiza de acuerdo a lo establecido en el PRISMA Statement **(42).**

Como criterios de inclusión se tomaron en cuenta los siguientes:

- Artículos de investigación original
- Que hagan referencia a la exposición ambiental a material particulado $P.M._{2.5}$ y síntomas respiratorios en ambientes urbanos
- Que traten de exposición ambiental a material particulado y síntomas respiratorios en población laboralmente expuesta
- Publicados entre 2013 - 2018,
- Que correspondan a estudios observacionales, de cohortes o de casos y controles.

Como criterios de exclusión se contemplaron los siguientes:

- Artículos que hablen del ciclismo como deporte
- Artículos que incluyan conductores cuya exposición no sea exclusivamente urbana (conductores de camión intermunicipal, tractocamiones, buses intermunicipales, etc.)
- Artículos que incluyan población con patologías de base (respiratorias, cardiovasculares, cáncer)
- Artículos que hablen sobre exposición a material particulado relacionado con la minería de carbón o sílice

- Artículos revisión (sistemática o narrativa)
- Artículos de ensayos clínicos

Se implementó la búsqueda en las siguientes bases de datos: PubMed, Embase, Biblioteca virtual de ciencias de la salud y ProQuest Central.

Se propusieron los siguientes términos MeSH para crear los algoritmos de búsqueda:

1. Air pollutants
2. Particulate matter
3. Particulate matter $_{10}$
4. Particulate matter $_{2,5}$
5. Fine particle
6. Urban cycling
7. Bicycling
8. Active transport
9. Drivers
10. Car driver
11. Non active transport
12. Respiratory symptoms
13. Respiratory tract

A partir de las palabras clave fueron probados los siguientes algoritmos de búsqueda:

Pubmed:

1. ((Fine particle AND respiratory symptoms AND bicycle))
2. ((Respiratory symptoms AND bicycling AND air pollutants))
3. ((Air pollutants AND bicycling))

4. ((Fine particle AND health AND transportation))

En la base de datos EMBASE, con el algoritmo

5. ((Fine particle AND health AND transportation))

En la base de datos SCIELO con el algoritmo

6. (Air pollutant AND bicycle AND respiratory symptoms))

En SCIENCE DIRECT con el algoritmo

7. ((Fine particle AND respiratory symptoms AND bicycling))

Finalmente, se seleccionaron los siguientes algoritmos de búsqueda:

Pubmed:

1. ((Air pollutants) OR particulate matter) AND Bicycling,
2. Drivers AND ((particulate matter) OR (air pollutants)) AND respiratory

Embase

1. ('Air pollutants'/exp OR 'air pollutants' OR (('air'/exp OR air) AND pollutants) OR 'particulate matter'/exp OR 'particulate matter' OR (particulate AND matter)) AND ('bicycling'/exp OR bicycling)
2. Drivers AND ('particulate matter'/exp OR 'particulate matter' OR (particulate AND matter) OR 'air pollutants'/exp OR 'air pollutants' OR (('air'/exp OR air) AND pollutants)) AND respiratory

Portal Regional de la BVS

1. Particulate matter AND Bicycling
2. Particulate matter AND drivers

ProQuest Central

1. (Particulate matter OR air pollutants) AND bicycling AND respiratory
2. Drivers AND (particulate matter) AND respiratory symptoms.

6.2 Plataforma para revisión

Los resultados arrojados de cada base de datos fueron ingresados en su totalidad a la aplicación web de revisiones sistemáticas, Rayyan QCRI (44). La cual se compartió con los demás observadores. Se constituyeron dos parejas de evaluadores. Cada artículo fue evaluado por una pareja de investigadores de forma independiente. Se excluyeron los artículos duplicados. Cuando hubo conflicto en las evaluaciones, un tercer evaluador se encargó de resolver las diferencias. Los artículos seleccionados para lectura de texto completo fueron evaluados de forma independiente mediante el uso de la lista de chequeo del Strobe Statement (45).

6.3 Evaluación de calidad metodológica y manejo de sesgos

Para la evaluación de calidad metodológica y el manejo de sesgos, se utilizó la lista de chequeo STROBE (44) como guía para la lectura crítica y evaluación de los diferentes estudios, esta lista de chequeo incluye criterios de calidad, que permiten diferenciar entre artículos de alta calidad y de baja calidad. Para la aplicación de este instrumento, se contó con la participación de cuatro evaluadores, organizados en parejas, para realizar así la lectura completa de cada uno de los artículos obtenidos en la etapa de selección. Un quinto evaluador, se encargó de revisar los artículos seleccionados y de resolver los desacuerdos entre seleccionar o no un artículo, basado en los criterios de calidad metodológica establecidos.

Con respecto al sesgo de selección, se realizó una revisión de artículos a doble ciego donde dos investigadores incluyeron o excluyeron de manera selectiva e individual los artículos que podían ser incluidos en esta revisión.

7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo a la Resolución 8430 de 1993 el presente trabajo se cataloga como sin riesgo (artículo 11), motivo por el cual no demanda la aprobación de comité de ética.

8. RESULTADOS

8.1 Selección de artículos

La búsqueda arrojó un total de 647 artículos para la revisión. Por cada base de datos se encontraron los siguientes artículos:

- Pubmed: 52 artículos

    1. ((Air pollutants) OR particulate matter) AND Bicycling: 39 artículos
    2. Drivers AND ((particulate matter) OR (air pollutants)) AND respiratory: 13 artículos

- Embase: 53 artículos

1. ('Air pollutants'/exp OR 'air pollutants' OR (('air'/exp OR air) AND pollutants) OR 'particulate matter'/exp OR 'particulate matter' OR (particulate AND matter)) AND ('bicycling'/exp OR bicycling): 37 articulos
2. Drivers AND ('particulate matter'/exp OR 'particulate matter' OR (particulate AND matter) OR 'air pollutants'/exp OR 'air pollutants' OR (('air'/exp OR air) AND pollutants)) AND respiratory: 16 resultados

- Portal Regional de la BVS: 92 artículos

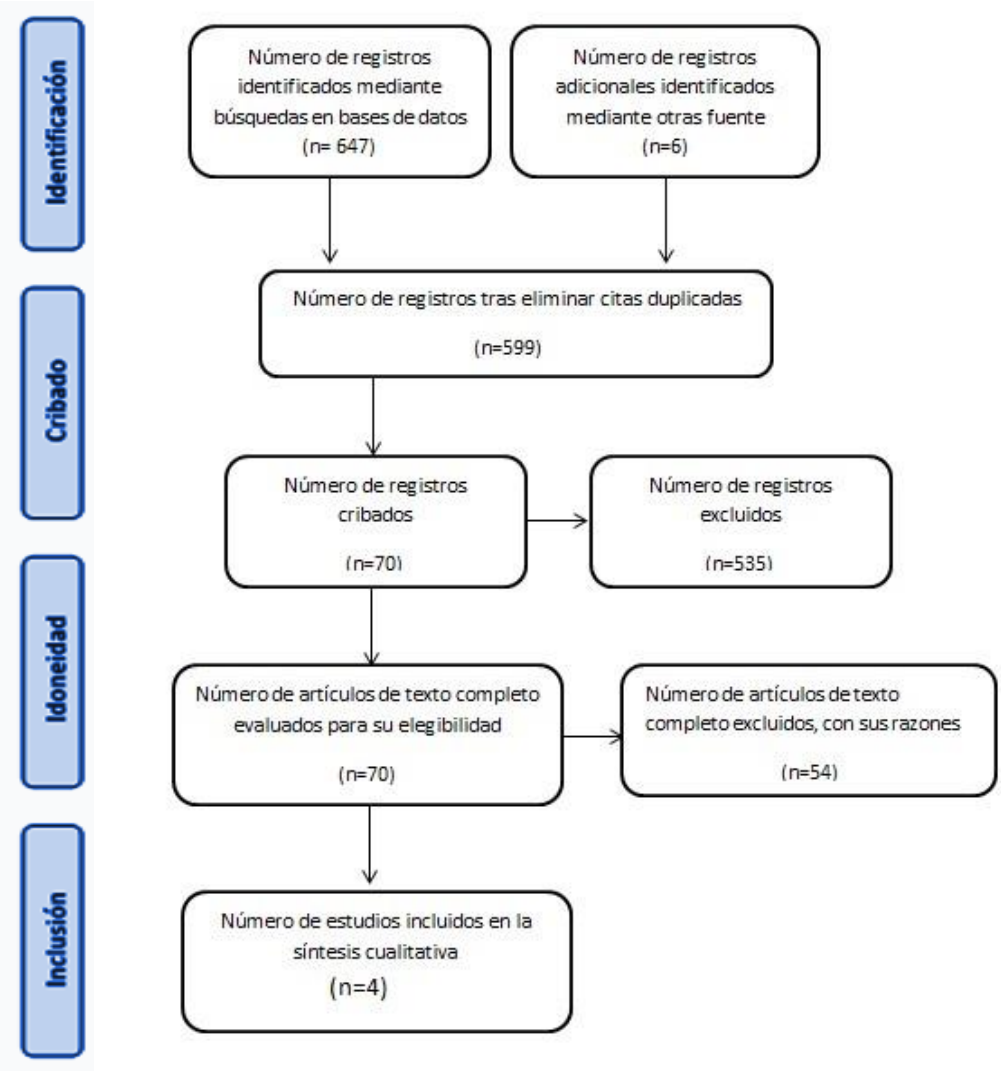
1. Particulate matter AND Bicycling: 24 resultados
2. Particulate matter AND drivers: 68 resultados

- ProQuest Central: 450 artículos

1. (Particulate matter OR air pollutants) AND bicycling AND respiratory: 73 resultados
2. Drivers AND (particulate matter) AND respiratory symptoms: 377 resultados

Los resultados de cada base de datos fueron ingresados en su totalidad a la aplicación web de revisiones sistemáticas, Rayyan QCRI **(44)**, la cual se compartió con los demás observadores. Fueron excluidos 48 artículos duplicados, y quedaron en total 599 artículos. De estos 599 artículos se evaluó los títulos y resúmenes, en donde se excluyeron 535 artículos. Del total fueron incluidos 64 para lectura de texto completo. Se incluyeron 6 artículos diferentes por sugerencia de un experto, para un total de 70 artículos incluidos.

Figura 1. *Flujograma de la revisión*

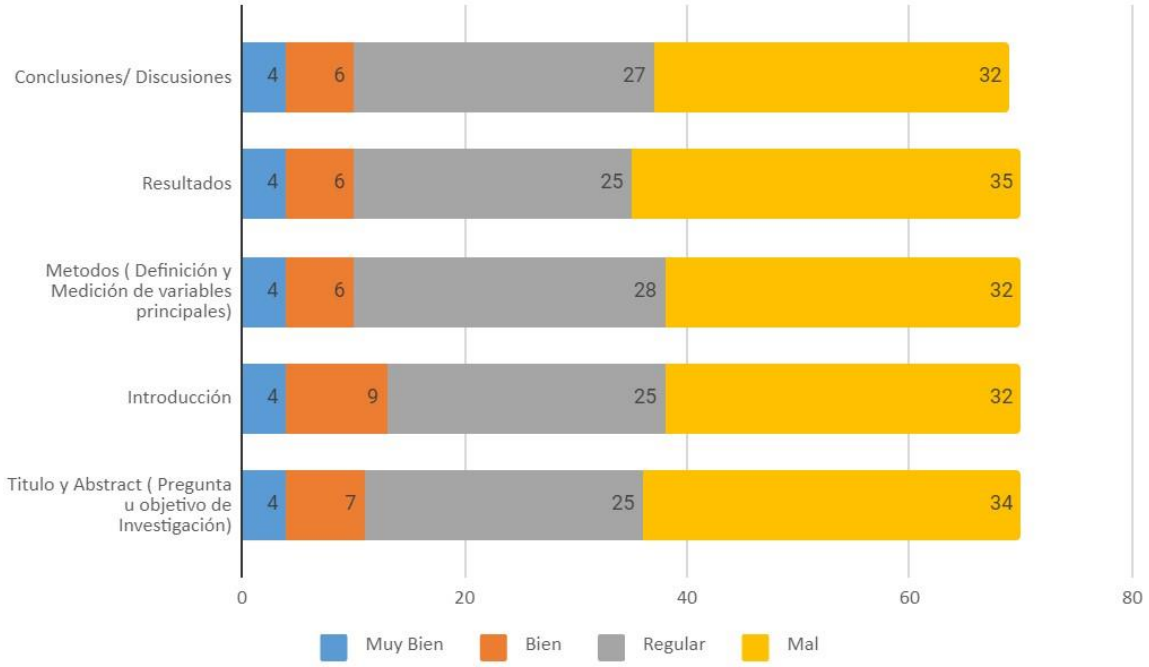


Fuente: los autores, 2019 basado en las recomendaciones de PRISMA (42)

8.2 Evaluación de la calidad metodológica según la lista de chequeo STROBE

De los 70 artículos que fueron evaluados, 5.71 % (n=4) se clasificaron como de alta calidad, 45.7% (n=32) como calidad media y los 48.5% (n=34) restantes como calidad baja. Para el ítem de título y resumen que corresponde a la pregunta u objetivo de investigación, 15.7% obtuvieron una calificación en los rangos muy bien o bien. Por otra parte, al considerar la validez interna, 45 (64.28%) de los estudios evaluados dieron como resultado malo o regular con respecto a cada uno de los ítems y en cuanto a la validez externa, se encontró que 50 (71.42%) estuvieron en rangos de regular o malo (Figura 2).

Figura 2. *Evaluación de calidad metodológica de artículos para revisión de texto completo*



Fuente: los autores, 2018

8.3 Características de la población y ubicación geográfica

Los trabajos revisados sumaron una población de 614 individuos; para los cuales 7.49% (n=46) eran conductores de vehículos no motorizados, el 67.91% (n=417) conductores de vehículos motorizados y un 24,59% (n=151) eran controladores de tráfico y personas sanas en donde se estudiaron las respuestas pulmonares e inflamatorias frente a la exposición. Las características en común de la población en estudio en los diferentes artículos era una población sana, no fumadora y sin patología respiratoria de base. El lugar de desarrollo de los artículos seleccionados, se centra en diferentes ciudades del mundo, tales como Kinshasa, Berkeley, São Paulo, Atlanta.

Tabla 1. *Tabla selección de artículos*

Tipo de estudio	**Objetivo**	**Medios de transporte**	**Desenlaces**	**Concentración PM $_{2.5}$**	**Sexo y edad**	**Población**
Transversal	Evaluar la asociación entre grupos de ocupación de trabajadores de tránsito congoleños expuestos a RTE, y la salud respiratoria.	Conductores de autobuses y motociclistas de taxi	Relación entre la ocupación expuesta a las emisiones del tráfico rodado y la salud respiratoria de los conductores de autobuses, conductores de autobuses y motocicletas de taxi en Kinshasa	- Concentración máxima de PM $_{2,5}$ fue 134 g / m 3 -concentración mínima fue de 62 g / m 3 promedio de PM $_{2,5}$ fue 94,72 ± 27,49 g / m 3	Masculino Edades: 20 a 40 años	110 conductores de autobuses, 107 conductores de autobuses, 102 motociclistas de taxi y 106 maestros de secundaria. Los sujetos habían completado el cuestionario de síntomas respiratorios de la American Thoracic Society
Transversal	Determinar si la exposición de los ciclistas a la contaminación del aire es menor en rutas designadas para bicicletas en comparación con las carreteras más transitadas, y evaluar si resultar en una función pulmonar reducido.	Bicicleta	Se midió la función pulmonar antes, inmediatamente después y aproximadamente 4 horas después de cada paseo en bicicleta con un espirómetro EasyOne	PM$_{2.5}$ (µg/m3) Bajo tráfico: 4.88 Alto tráfico 5.12	F: 4 M: 11 Edad: Promedio 32 años	Individuos sanos que ya eran ciclistas regulares en la Ciudad de Berkeley (definido como ciclismo más de una vez por semana).

Efecto en la salud respiratoria por exposición a material particulado, una revisión sistemática de la literatura

Estudio observacional	Evaluar los efectos de la exposición a diferentes niveles de $PM_{2.5}$ generados por el tráfico en las funciones pulmonares de los trabajadores.	Taxistas, controladores de tráfico y guardabosques	La exposición de 101 trabajadores no fumadores los cuales se expusieron a $PM_{2.5}$ de 24 horas y se les realizaron pruebas de la función pulmonar al día siguiente.	Baja exposición (todas las medidas $<_{25}$ µg / m 3), y nivel mayor de exposición (todas las medidas> 39.6 µg / m 3)	Hombre Edades:18 a 65 años	Trabajadores no fumadores
Estudio Observacional	Medir las exposiciones en vehículos y los cambios correspondientes en el estrés oxidativo agudo, la peroxidación lipídica, la inflamación pulmonar y sistémica y evaluar la respuesta autonómica.	Vehículo particular	Se examinó si los desplazamientos en automóvil durante las horas pico de la mañana están asociados con cambios agudos y subclínicos en los bio-marcadores de estrés oxidativo e inflamación.	19.2 (mg/m3)	21 mujeres, 21 hombres Edades: 20 a 58 años	21 Participantes con asma 21 Participantes sin asma

Fuente: los autores, 2019

8.4 Medios de transporte: vehículos motorizados y no motorizados

En cuanto a los medios de transporte involucrados, se evidenciaron autobuses, para la ciudad de Kinshasa, motocicletas de taxi en Kinshasa, conductores de taxi en Sao Paulo, vehículos particulares evidenciados en la ciudad de Atlanta y la bicicleta para la ciudad de Berkeley. Así mismo, se evidenció una población que no utilizaba ninguno de estos medios para transportarse, pero se determinó asociación en cuanto a la exposición diaria a la contaminación; esta minoría estaba conformada por controladores de tráfico en la ciudad de Sao Paulo y un grupo de personas que fueron expuestas a la contaminación realizando diferentes actividades desde caminar hasta la ejecución de actividad física, reportada en la ciudad de Barcelona.

8.5 Niveles de concentración de $PM_{2.5}$

En cuanto a la exposición de $P.M_{2.5}$ para cada población estudiada, se evidenciaron diferentes concentraciones del material particulado. Por ejemplo, en conductores de autobús y motociclistas de taxi de la ciudad de Kinshasa, se detectaron concentraciones máximas de $P.M._{2.5}$ de 134 μg/m3 y concentraciones mínimas de 62 μg/m3, con un promedio de 94,72 ± 27,49 μg/m3(21).En usuarios de bicicleta de la ciudad de Berkeley, para determinar la concentración de $P.M._{2.5}$ se tuvieron en cuenta rutas con bajo tráfico en donde se obtuvieron valores de 4.88 (μg/m3); contrastando con las rutas de alto tráfico que evidenciaron niveles de 5.12 (μg/m3) (16). Por otra parte, los conductores de taxi, controladores de tráfico y guardabosques, de la ciudad de São Paulo, fueron divididos en tres grupos, en trabajadores expuestos a bajas concentraciones de $P.M._{2.5}$ durante el estudio, con medidas <25 μg/m3; trabajadores expuestos a concentraciones medias y los expuestos a concentraciones más altas de $P.M._{2.5}$, con medidas > 39.6 μg/m3 (22).

Para los conductores de vehículos particulares de la ciudad de Atlanta, se manifestaron niveles de 19.2 μg/m3 (23)**.** Por lo tanto se puede observar que en los estudios revisados la concentración de $PM_{2.5}$, fue mayor para los conductores y más bajas en los ciclistas.

Tabla 2. *Distribución de la* ***c****oncentración de material particulado por localidad*

Autor y año	Ciudad	Modo de transporte evaluado	Promedio y DS concentración medio motorizado	Promedio y DS concentración medio no motorizado	Promedio en ruta de alta contaminación	Promedio en ruta de baja contaminación
Mbelambela, P et al., 2017)	Kinshasa	Bus y moto	94,72 ± 27,49	SD	SD	SD

Jarjour, S et al. (2013)	Berkeley	Cicla	SD	SD	5,12 ($\mu g/m^3$)	4,88 ($\mu g/m^3$)
Sarnat, J et al. (2014)	Atlanta	Carro	19,2 $\mu g/m^3$ ± 13,6	SD	SD	SD
Santos, UP. (2016)	Sao Paulo	Moto	SD	SD	25($\mu g/m^3$)	39,6($\mu g/m^3$)

SD: sin dato

Fuente: los autores, 2019

Hasta este punto, cabe resaltar que los estudios incluidos en nuestro estudio tienen diferentes métodos de afrontar una pregunta en común: ¿Que cantidad de material particulado genera repercusiones negativas sobre la homeostasis del cuerpo humano? Dado lo anterior, mediante esta revisión se hizo una recopilación de datos basados en la revisión de cada artículo previamente seleccionado, escogiendo aquellos en los cuales se hicieron mediciones de la contaminación por $PM_{2.5}$ (Tabla 2). Por otra parte, se tuvo en cuenta sólo valores de desviación estándar para presentar una relación estadísticamente significativa entre los resultados de cada estudio con el fin de demostrar si existe o no, una proporción entre la cantidad de material particulado inhalado y el tipo de transporte. Sin embargo, dicha relación no se pudo determinar en esta revisión dado que los resultados de los estudios no se obtuvieron con una metodología para determinar desviaciones estándar, ni para medir la cantidad promedio de material particulado en rutas de alta contaminación o en rutas de baja contaminación (Tabla 2).

8.6 Evaluación de efectos sobre la función pulmonar

En la revisión de los cuatro artículos seleccionados , la técnica en común utilizada para evaluar el impacto sobre la salud respiratoria de los diferentes usuarios expuestos

ambientalmente a material particulado $P.M._{2.5}$ fue la espirometría, la cual determina la función pulmonar a través del VEF_1 y la FVC, valores que se vieron afectados según el tiempo y lugar de exposición y patologías respiratorias previas.

En primer lugar, es importante mencionar que el estudio realizado en Kinshasa (21), concluye que existe un deterioro en los valores espirométricos: FEV_1/FVC, del 21.9% en los conductores de autobuses, 15.4% de moto-taxistas y del 7.1% en maestros de secundaria, luego de la exposición al $P.M._{2.5,}$ prevaleciendo el Síndrome mixto como hallazgo del deterioro en la función pulmonar con una $P < 0.05$, siendo este la manifestación de un patrón respiratorio obstructivo y restrictivo dentro del mismo cuadro clínico, seguido por el incremento en la prevalencia en el síndrome restrictivo encontrado en motociclistas de taxis. (21).

Adicionalmente, el estudio realizado en Sao Paulo concluye que la alta exposición al tráfico vehicular produce una leve, pero significativa, disminución de la FVC (-12.2%) del VEF_1 (-9.1%) y en $FEF_{25-75\%}$ / FVC, pero sin presentar una reducción en el FEV 1 / FVC. (22).
Únicamente el estudio hecho en Atlanta realizó pruebas de función pulmonar diferentes, donde midieron niveles de óxido nítrico exhalado (eNO), y el malondialdehído (MDA) del condensado de aliento exhalado (EBC) (23).

A su vez, el estudio realizado en Berkeley (16), estimó la capacidad vital forzada promedio basal (FVC), el volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV_1), la relación entre (FEV_1 / FVC =% FEV_1) y la tasa de flujo espiratorio forzado entre 25-75% de la capacidad vital ($FEF_{25-75\%}$). Además, se interpretó el promedio de las mediciones inmediatamente después del viaje y a las 4 horas posteriores para luego tabular los cambios desde el inicio, para las cuatro mediciones de la función pulmonar. Únicamente se encontraron cambios en el FEF25-75% donde se presentaron cambios promedio en la función pulmonar que oscilaron entre −0.1 litros (FEF 25-75% con poco tráfico) a +0.24 litros ($FEF_{25-75\%}$ de 4 horas con tráfico alto)

afirmando así, que el volumen de tráfico está directamente relacionado con las concentraciones de contaminantes en el exterior. No obstante, los autores concluyeron que los cambios en la función pulmonar fueron clínicamente insignificantes (16).

En conclusión, a través de valores espirométricos se encontró una afectación en la función pulmonar en tres de los cuatro estudios revisados; además, los estudios en general expresan la necesidad de mayor investigación de la afectación pulmonar a largo plazo (Tabla 3).

Tabla 3. *Resultados de Función pulmonar evidenciados en la espirometría*

Autor, año y lugar	**Variables de la espirometría evaluadas**	**Resultados de la espirometría**
Mbelambela. (2017) **Lugar: Kinshasa**	Los valores de espirometría se tomaron 2 veces/ día posterior a la exposición a material particulado. Se midió FVC, el FEV_1 y la relación FEV_1 / FVC. Variables para determinar el patrón respiratorio: 1. Obstructivo definido por: FEV_1 / FVC ratio <70% de lo previsto. 2. Restrictivo definido por: FEV_1 / FVC es normal o aumenta y FVC <80% de lo previsto. 3. Patrón mixto definido por combinación de anomalías del síndrome restrictivo y obstructivo.	Relación: FVC y FEV_1 -Mayor riesgo de síndrome mixto entre los conductores de autobuses -Patrón restrictivo entre los conductores de autobuses y los motociclistas de taxi.
Jarjour, Sarah. (2013) **Lugar: Berkeley**	La función pulmonar se evaluó: Antes, inmediatamente después y a las 4 horas después de cada recorrido en bicicleta con un espirómetro EasyOne. Estos datos fueron evaluados por un Neumologo experimentado en el tema. Se tuvo en cuenta valores como: FEV_1 / FVC =% FEV_1	No se encontraron diferencias en los parámetros de la espirometría (FEV_1 / FVC =% FEV_1) entre los grupos evaluados
Santos, UP. (2016) **Lugar: São Paulo**	-La espirometría fue realizada al día siguiente en horario matutino - Valores en la espirometría: FVC, VEF_1, (FEF_{25-75}%/FVC) (FEF_{25-75}%/FVC)	Al comparar los tres grupos de exposición, únicamente se observó una diferencia estadísticamente significativa en la variación del índice $FEF_{25-75\%}$ / FVC (p=0,04)

Sarnata, Jeremy. (2014) **Lugar: Atlanta**	Mediciones de FEV_1 y capacidad vital forzada (FVC) se realizaron con el uso de un espirómetro OHD Se tuvo en cuenta participantes con asma y sin asma	Los niveles de FEV_1 se elevaron ligeramente en relación con los niveles de referencia entre los sujetos asmáticos en los puntos de tiempo de 1h y 2h post-viaje, mientras que en los participantes no asmáticos no se encontró alteración en los valores espirométricos

Fuente: los autores, 2019

8.7 Otros biomarcadores evaluados

Un artículo además de la evaluación de función respiratoria incluyo la evaluación de biomarcadores potencialmente asociados al efecto de la contaminación del aire y efectos sobre la salud humana.

En Kubesch et al. (24) la exposición a $P.M._{2.5}$, se encuentra relacionado positivamente con el aumento de leucocitos, lo cual se evidencia en el incremento de estos del 5.1% (p=0.047) y del 4.0% (p=0.046) en una población sana sin antecedentes cardiorrespiratorios, que fueron expuestos al $PM_{2.5}$.

El estudio de Sarnat (23), realizado en Atlanta evaluó biomarcadores de inflamación sistémica, incluida la PCR, la molécula de adhesión intercelular soluble 1 (sICAM-1), la molécula de adhesión vascular soluble 1 (sVCAM1), la interleucina 1 (IL-1β), la interleucina 6 (IL-6), la interleucina 8 (IL) -8), y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α); analizados en plasma. Estas medidas fueron dirigidas principalmente a evaluar la respuesta aguda correspondiente con el estrés oxidativo y las vías de inflamación. Se determinó que los niveles de la proteína C-reactiva se elevaron pero no fueron estadísticamente significativa. Las tendencias a través del tiempo en las concentraciones de sICAM, sVCAM, IL-1B, IL-6, IL-8 y TNF-α, medidas solo en niveles basales y en las muestras tomadas 3 h después del viaje, fueron consistentes con el valor nulo, tanto en asmáticos como no -asmáticos; lo cual

representa valores no significativos sobre la afectación de la función pulmonar en aquellas personas que utilizan tanto carros particulares como medio de transporte (23).

9. DISCUSIÓN

A través de la revisión realizada y a pesar de que el tema de la contaminación del aire en ambientes urbanos es un tema relevante y de considerable interés, existen pocos estudios que evalúan el efecto de la contaminación del aire sobre la salud respiratoria en usuarios de bicicleta comparado con usuarios de transporte motorizado.

Como se presentó en la sección de resultados, los estudios realizados previamente en este campo se enfocan en la determinación de los niveles de exposición al material particulado a largo plazo, más no en conocer los efectos agudos sobre la función pulmonar. En este sentido, se encontró que el método más utilizado para evaluar el impacto en la vía aérea es la espirometría.Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los valores VEF_1, VEF_1/CVF entre usuarios de transporte motorizado y no motorizado. Lo anterior, puede deberse a razones de método de estudio, como por ejemplo, el tiempo transcurrido entre la exposición y la medición de la función pulmonar. Pero también se puede deber a que el tamaño de la población a estudio no fuera suficiente para identificar cambios en la función pulmonar. En este sentido a pesar de que la espirometría es el método más frecuentemente usado, no necesariamente es el más sensible a los cambios ocurridos en la vía aérea pequeña, lo que sugiere que deberían considerarse otras alternativas como la oscilometría de impulso o biomarcadores de efecto a corto plazo (16).

Por otro lado, se encontró una gran variedad de formas de cómo clasificar la exposición a contaminantes del aire. Por ejemplo, Mbelambela (21), a pesar de que asigna categorías de

alta y baja exposición, pero esta no corresponde con clasificaciones internacionales que permitan hacer comparaciones con trabajos realizados en otras regiones del mundo.

El presente trabajo sugiere la necesidad de la generación de protocolos unificados que permitan medir de diferentes formas los efectos de la contaminación del aire sobre la salud respiratoria de usuarios de bicicleta en contextos urbanos. Esto podría solventar, al menos en parte, las dificultades que propone el realizar este tipo de estudios en muestras que no sean representativas, donde podrían no observarse efectos debido a la ausencia de un tamaño suficiente que dé cuenta de los efectos de la contaminación del aire.

Según ésta investigación, encontramos dos alternativas que se deben considerar en investigaciones futuras, las cuales son; la primera, es la necesidad de trabajar en la identificación de biomarcadores de efecto más sensibles que den cuenta de los efectos de la exposición a contaminación del aire. En segundo lugar, el desarrollo de protocolos estandarizados que permitan la comparación de metodologías de evaluación y medición del impacto sobre la salud de usuarios de transporte, que además tengan diseños robustos desde el punto de vista estadístico.

9.1 Limitaciones:

El estudio tiene varias limitaciones, como por ejemplo tener en cuenta las características propias de cada ciudad (temperatura del aire, altura sobre el nivel del mar, vegetación, tamaño de población, distancias recorridas, densidad de población y mortalidad de base), y por otro lado, debemos tener en cuenta la toxicidad de cada constituyente del material particulado.

Por otra parte, se consideró tener en cuenta los hallazgos expuestos por estudios de metaanálisis sobre indicadores de la salud como la muerte prematura por causa de la contaminación ambiental, pero encontramos que no se pueden comparar los resultados de los

estudios encontrados en nuestra revisión sistemática, ya que genera conflicto con el riesgo atribuible para cada indicador en salud, debido a la falta de estudios comparables.

10. CONCLUSIONES

Con la evidencia revisada se lograron identificar diferentes técnicas para evaluar el impacto sobre la salud respiratoria de usuarios de vehículo motorizado y no motorizado expuestos ambientalmente al $P.M._{2.5}$, dentro de esas, la espirometría, la cual determina la función pulmonar a través del VEF_1 y la FV. Dentro de los efectos producidos sobre la salud respiratoria, se encontró una disminución de FVC, VEF_1 y en $FEF_{25-75\%}$ / FVC, este último asociado con el volumen de tráfico que es directamente proporcional a las concentraciones de los contaminantes.

También, se evidenció niveles de (eNO), (MDA) y de (EBC). Igualmente se evaluaron biomarcadores tales como el incremento de los leucocitos, PCR, (sICAM-1), (sVCAM1), (IL1β), (IL-6), (IL) -8), y (TNF-α).

Los desenlaces obtenidos en los diferentes estudios no se pudieron comparar dado a la diversidad de protocolos, metodologías empleadas y la carencia de muestras estadísticamente representativas.

Todavía se requiere más investigación en este campo para determinar de manera más concluyente los efectos agudos producidos por el $P.M._{2.5}$ en la salud respiratoria, puesto que se necesita la identificación de biomarcadores de efecto que sean más sensibles, para establecer la repercusión de la exposición a la contaminación del aire y de la misma manera, es imprescindible el desarrollo de protocolos estandarizados que permitan la comparación de

metodologías de evaluación y medición del impacto sobre la salud de usuarios de bicicletas y vehículos motorizados y que además tengan diseños robustos desde el punto de vista estadístico.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Ambient air pollution,". [Online]. United States; 2016 [cited 2019 03 31. Available from: http://www.who.int/gho/phe/outdoor air pollution/en/.
2. Valenzuela Garcia AM. El boom del ciclismo urbano: El rol del desarrollo urbano y las políticas públicas. Estudios Urbanos UC. 2013;: p. 101.
3. Observatorio de movilidad - Balance de movilidad 2007-2016 - Reporte anual de movilidad 2016. Bogotá:; 2017.
4. Cardona, J. Contaminación Ambiental y Enfermedad Respiratoria, Neumología. 2003. [Internet]. [cited 2019 Apr 2]; 15(3) Available from:https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/neumologia/vn-154/neumologia15403-contaminacion/
5. Morales Betancourt R, Galvis B, Balachandran S, Ramos-Bonilla JP, Sarmiento OL, Gallo-Murcia SM, et al. Exposure to fine particulate, black carbon, and particle number concentration in transportation microenvironments. Atmospheric Environment. 2017;157(Journal Article):135–45.
6. Beltrán O. Revisiones sistemáticas de la literatura. Revista Colombiana de Gastroenterología. 2005 Marzo; 20(1).
7. Ochoa A NG. Ciclismo urbano: un promotor en la rehumanización de las ciudades. ResearchGate. 2014 Junio.
8. World Health Organization. CLEAN AIR FOR HEALTH: Geneva Action Agenda. In First WHO Global Conference on Air Pollution and Health – summary report; 2018; Switzerland.
9. León Serrano N. El uso de la bicicleta entre profesionales sanitarios de vitoria gasteiz: red y prácticas de ciudad saludable. Universidad de León; 2014.
10. United Nations Statistics Division. The Sustainable Development Goals Report. [Online].; 2018 [cited 2019 Marzo 31. Available from: https://unstats.un.org/sdgs/report/2018/overview/.
11. Oyarzún GM. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Revista chilena de enfermedades respiratorias. 2010 Marzo 26.
12. DNP, Departamento de Planeación Nacional. Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a $20,7 billones. 2017.
13. Bräuner EV MJea. Effects of ambient air particulate exposure on blood-gas barrier permeability and lung function. The National Center for Biotechnology Information. 2009.

14. Schultz E HJea. Early life exposure to traffic-related air pollution and lung function in adolescence assessed with impulse oscillometry.. The Journal of allergy and clinical immunology. 2016.
15. Vinzents PS Mea. Personal exposure to ultrafine particles and oxidative DNA damage. Environ Health Perspect. 2005;: p. 1485-1490.
16. Jarjour S, Jerrett M, Westerdahl D, de Nazelle A, Hanning C, Daly L, et al. Cyclist route choice, traffic-related air pollution, and lung function: a scripted exposure study. Environ Health. 2013;12(Journal Article):14
17. Giles LV CCKM. The effect of pre-exercise diesel exhaust exposure on cycling performance and cardio-respiratory variables. The National Center for Biotechnology Information. 2012;: p. 783-789.
18. Jacobs LNT. Subclinical responses in healthy cyclists briefly exposed to traffic-related air pollution: an intervention study. Environ Health. 2010 October 25;: p. 1 - 8.
19. Strak M BHea. Respiratory health effects of ultrafine and fine particle exposure in cyclists. Occupational and Environmental Medicine. 2010;: p. 118 - 124.
20. Gochicoa-Rangel Laura, Cantú-González Gabriela, Miguel-Reyes José Luis, RodríguezMoreno Luis, Torre-Bouscoulet Luis. Oscilometría de impulso: Recomendaciones y procedimiento. Neumol. cir. torax [revista en la Internet]. 2014 Jun [citado 2019 Abr 02] ; 73(2): 138-149. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00283746201400020006&lng=es.
21. Mbelambela EP, Hirota R, Eitoku M, Muchanga SMJ, Kiyosawa H, Yasumitsu-Lovell K, et al. Occupation exposed to road-traffic emissions and respiratory health among Congolese transit workers, particularly bus conductors, in Kinshasa: a cross-sectional study. Environ Health Prev Med [Internet]. 2017 [cited 2019 Apr 2];22. Available from:https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5664439/
22. Santos UP ea. Association between Traffic Air Pollution and Reduced Forced Vital Capacity: A Study Using Personal Monitors for Outdoor Workers. 2016.
23. Sarnat J. Exposure to traffic pollution, acute inflammation and autonomic response in a panel of car commuters. National Center for Biotechnology Information. 2014;: p. 66 - 76.
24. Kubesch NJ. Respiratory and inflammatory responses to short-term exposure to trafficrelated air pollution with and without moderate physical activity. BMJ Journal. 2015;: p. 284 - 293.
25. Aldred S. Oxidative and nitrative changes seen in lipoproteins following exercise. School of Sport and Exercise Sciences. 2007 March.
26. Arciniegas Suarez, César Augusto. Diagnóstico y Control De Material Particulado: Partículas Suspendidas Totales y Fracción Respirable PM10. Luna Azul [online]. 2012, n.34, pp.195-213. ISSN 1909-2474.
27. Bouchard CEa. Exercise, Fitness and Health. A Consensus of Current Knowledge. Champaign: Human Kinetics. 1990.

28. Celis-Morales CA, Lyall DM, Welsh P, Anderson J, Steell L, Guo Y, et al. Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study. BMJ. 2017 Apr 19;357:j1456.
29. Banco Interamericano de Desarrollo. Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta. 2015.
30. Plusquin M, Guida F, Polidoro S, Vermeulen R, Raaschou-Nielsen O, Campanella G, et al. DNA methylation and exposure to ambient air pollution in two prospective cohorts. Environ Int. 2017;108:127–36
31. Doug BEa. Developing Community-Level Policy and Practice to Reduce Traffic-Related Air Pollution Exposure. The National Center for Biotechnology Information. 2015.
32. Segura J. Bike-path Users Exposure to $PM_{2.5}$ and Soot in Bogotá. In: ResearchGate [Internet]. Long Beach, California; 2014 [cited 2019 Apr 2]. Available from:https://www.researchgate.net/publication/264545013_Bikepath_Users_Exposure_to_PM25_and_Soot_in_Bogota
33. Finkel T H. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. The National Center for Biotechnology Information. 2000;: p. 239-247.
34. Gallego A GISBea. Contaminación atmosférica. In. Madrid: Universidad nacional de educación a distancia - UNED; 2012.
35. Jones, D. P. "Radical-free biology of oxidative stress." American journal of physiology. Cell physiology. 2008; 295(4): C849-68. doi:10.1152/ajpcell.00283.2008
36. Schepers Pea. An international review of the frequency of single-bicycle crashes SBCs and their relation to bicycle modal share. The National Center for Biotechnology Information. 2015;: p. 138–143.
37. Ubiratan PSEa. Association between Traffic Air Pollution and Reduced Forced Vital Capacity: A Study Using Personal Monitors for Outdoor Workers. ProQuest. 2016 Octubre ;: p. 1-18.
38. Rojas Rueda D. Ciclismo urbano, contaminación del aire y salud. Daphnia. 2014 Abril 2;(61).
39. Dora C,HJ,MP&F. Urban transport and health in sustainable transport. A sourcebook for policy makers in developing cities. 2011 December.
40. Manterola C, Astudillo P, Arias E, Claros N, Grupo MINCIR (Metodología e Investigación en Cirugía). [Systematic reviews of the literature: what should be known about them]. Cir Esp. 2013 Mar;91(3):149–55..
41. World Health Organization. Burden of disease from ambient air pollution for 2012. 2012;: p. 1 - 8.
42. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med. 2009;6(7):6.
43. National Institute for Health Resarch. PROSPERO: International prospective register of systematic reviews. [cited 2019 Marzo 31. Available from: https://www.crd.york.ac.uk/prospero/)]

44. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. Syst Rev [Internet]. 2016 Dec [cited 2019 Mar 20];5(1). Available from: http://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-016-0384-4.

45. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP; STROBE Initiative. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)statement: guidelines for reporting observational studies. J Clin Epidemiol. 2008 Apr;61(4):344-9. PMID: 18313558