

Artículo de Revisión

Cómo citar: S. Muñoz; J. Salcedo; S. SotoMayor. Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *Inventum*, Vol 16, No. 30, pp. 20-30. doi: 10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.20-30

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN: 1909-2520
eISSN: 2590-8219

Fecha de recibido: 10 de enero de 2021
Fecha de aprobado: 15 de febrero de 2021
Fecha de publicación: Marzo de 2021

Conflicto de intereses: los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura

Environmental pollution produced by vehicular traffic and its effects on human health: a literature review

Poluição ambiental produzida pelo tráfego de veículos e seus efeitos na saúde humana: revisão da literatura

Resumen

Este documento presenta una revisión de literatura sobre la contaminación por tráfico vehicular y sus efectos en la salud humana. El crecimiento vehicular en el mundo genera grandes cantidades de emisiones de gases contaminantes que impactan en la salud de la población, lo cual repercute en problemas respiratorios y pulmonares. Asimismo, la falta de educación y de planificación del desarrollo vial termina por ocasionar embotellamientos en las ciudades, generando así malestar en la población a causa de la alta contaminación del aire y por ruido, además de otras múltiples consecuencias. Se revisaron 48 artículos indexados entre los años 2004 y 2020, distribuidos de la siguiente manera: 4 de Scopus, 24 de SciELO, 6 de Dialnet, 6 de Science Direct, 8 de Latindex y 1 sitio web sobre contaminación vehicular, tránsito vehicular, contaminación por ruido vehicular y tráfico en la salud. Por último, se presentan algunas conclusiones con las cuales podemos llegar a entender un poco más sobre esta gran problemática que tiende a ser uno de los factores más perjudiciales que atentan contra la salud y que no poseen solución en la actualidad.

Palabras clave: contaminación ambiental, tránsito vehicular, salud de la población

Abstract

This document presents a literature review and aims to analyze the influence of pollution from vehicular traffic on human health. The growth of vehicles in the world generates greater amounts of polluting gas emissions in the health of the population, which affects respiratory and pulmonary problems. The lack of education and road development plan is presented, which ends up causing traffic jams in the cities, generating

Sócrates Muñoz Pérez

msocrates@crece.uss.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>
Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán
Pimentel, Perú. Grupo Los ambientalistas,
Semilleros Investigación II

José Salcedo Reátegui

sreateguij@crece.uss.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-1336-3367>
Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán
Pimentel, Perú. Grupo Los ambientalistas,
Semilleros Investigación II

Arturo Sotomayor Mendoza

smendozaarturoa@crece.uss.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2854-8097>
Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán
Pimentel, Perú. Grupo Los ambientalistas,
Semilleros Investigación II

discomfort in the population due to the high pollution in the air and noise, in addition to the multiple consequences that these types of pollution cause. 48 articles indexed between the years 2004 to 2021 were reviewed, distributed as follows: 4 from Scopus, 24 from SciELO, 6 from Dialnet, 06 from ScienceDirect, 8 from Latindex and 1 website on vehicular pollution, vehicular traffic, pollution by vehicular noise and traffic in health. Finally, some conclusions are given with which we can understand a little more about this great problem that tends to be one of the most damaging factors that threatens health and that currently has no solution.

Keywords: environmental pollution, vehicular traffic, health of the population

Resumo

Este documento apresenta uma revisão da literatura e tem como objetivo analisar a influência da poluição do tráfego de veículos na saúde humana. O crescimento dos veículos no mundo gera maiores quantidades de emissões de gases poluentes na saúde da população, o que repercute em problemas respiratórios e pulmonares. É apresentada a falta de plano de educação e desenvolvimento de estradas, o que acaba gerando congestionamentos nas cidades, gerando desconforto na população devido à alta poluição do ar e do ruído, além das múltiplas consequências que esses tipos de poluição causam. Foram revisados 48 artigos indexados entre os anos de 2004 a 2021, assim distribuídos: 4 da Scopus, 24 da SciELO, 6 da Dialnet, 6 da ScienceDirect, 8 do Latindex e 1 site sobre poluição veicular, tráfego de veículos, poluição por ruído veicular e trânsito na saúde. Por fim, são dadas algumas conclusões com as quais podemos entender um pouco mais sobre este grande problema que tende a ser um dos fatores mais nocivos que ameaçam a saúde e que atualmente não tem solução.

Palavras-chave: poluição ambiental, tráfego de veículos, saúde da população

I. INTRODUCCIÓN

El volumen vehicular a nivel mundial se ha incrementado aceleradamente en tal magnitud que en algunas ciudades la cantidad de vehículos en uno o más puntos de la vía excede el volumen máximo permitido o no soporta ciertas capacidades de transporte [1], [2]. La utilización de vehículos en numerosas actividades tanto comerciales como turísticas y muchas otras más contribuye a que los vehículos se mantengan un mayor tiempo en las vías [3]. Esto ha causado un incremento inevitable de la contaminación ambiental, debida al ruido, a las cantidades de dióxido de carbono generado y al deterioro de paisaje urbano, entre otros aspectos que afectan directamente la salud mundial [4]. El aumento en la emanación de gases causa enfermedades respiratorias en la población, como el asma y el cáncer al pulmón, entre otras. Asimismo, la presencia de metales pesados en el aire de las ciudades llega a altos niveles, y se considera que los medios de transporte terrestre son de los más contaminantes del mundo [3], [4].

La acumulación excesiva de tránsito vehicular de transporte afecta la salud y medio ambiente en las ciudades. Se trata de un problema que involucra diversos factores interrelacionados. La ausencia o débil intervención de los gobiernos en este asunto es uno de los elementos que contribuyen en mayor medida a que el servicio de transporte público urbano colapse día a día, pues, aunque es evidente que los problemas de congestión en las calles son cada vez mayores en todas las ciudades, la gestión para atacar ese problema es insuficiente [5].

Otro de los problemas causados por el frecuente tránsito vehicular son los cambios atmosféricos. La generación de partículas en suspensión, asociada con el tránsito de vehículos que transportan pasajeros, carga y utilizan combustibles fósiles, impacta en la capa de ozono y puede llevar a cambios climáticos y alteraciones en el ciclo de vida. Sin embargo, lo más peligroso es que el daño que causan estas partículas puede ser inversamente proporcional a su tamaño, debido a que las partículas más pequeñas penetran con mayor facilidad en el organismo humano [6].

La salud de las personas que viven en zonas urbanas se está viendo gravemente afectada. Basta con considerar que una acción tan fundamental como respirar afecta su salud, debido a la alta contaminación que genera el transporte mediante emisiones de dióxido de carbono. A ello se suman

otros problemas que de igual manera influyen en la salud, como la presencia de enfermedades en la piel y el estrés, entre otras [7].

Entre los más afectados por estos problemas están los niños, debido a su mayor susceptibilidad a las partículas contaminantes suspendidas en el aire. La exposición a ellas comienza desde la concepción y se mantiene hasta la etapa de la adolescencia [8]. Las partículas emitidas por diferentes fuentes ingresan al sistema respiratorio y pueden afectarlo. En ello influyen factores como la temperatura, la humedad y los diversos productos químicos absorbidos en su superficie [9].

De ahí la importancia de atender al cuidado del medio ambiente y un aspecto que es necesario considerar es el manejo del sistema de tránsito vehicular y de todos los factores vinculados a este, como los desperdicios y las emisiones, es un tema que requiere la atención adecuada [10].

II. METODOLOGÍA

El presente artículo se elaboró usando las bases de datos Scopus, SciELO, ScienceDirect, Dialnet, ReseachGate y Latindex. Se encontraron 48 artículos indexados y distribuidos de la siguiente manera, 4 artículos en Scopus, 24 en SciELO, 6 en Dialnet, 6 en ScienceDirect, 8 en Latindex y 1 sitio web. Se encontraron 11 artículos publicados del 2004 al 2010, 19 artículos del 2011 al 2015, y 18 artículos del 2016 al 2020 y 01 sitio web. Para la búsqueda se usaron las siguientes palabras claves: “contaminación vehicular”, “tránsito vehicular”, “contaminación por ruido vehicular” y “tráfico en la salud”. En la tabla 1 se detalla la cantidad de artículos revisados según base de datos y años de publicación.

Base de datos	Año de publicación			
	2004-2010	2011-2015	2016 - 2021	Total
Scopus	0	1	3	4
SCIELO	6	8	10	24
Dialnet	2	4	0	6
Science-Direct	0	3	3	6
Latindex	3	3	2	8
Website	0	0	1	1
Total	11	19	18	48

Tabla 1. Artículos usados como literatura, según base de datos y año de publicación
Fuente: Elaboración propia.

III. PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

Los embotellamientos en el tránsito vehicular y sus efectos ambientales se encuentran entre los primeros problemas de las zonas urbanas, pero incluso en zonas rurales resulta difícil escapar por completo a estos [1]. La exposición de los peatones a gases contaminantes en puntos críticos de las ciudades, como los paraderos y estaciones, genera un mayor impacto en su salud. Por eso se recomienda involucrar el estudio de calidad del aire en los diseños de infraestructura para el transporte [12].

Desde el 2014 la tasa de crecimiento vehicular en América Latina de adquisición de vehículos está en un 3 % anual, lo cual implicaría un crecimiento significativo en el número de vehículos durante los próximos 25 años. También el promedio de la duración de los recorridos en las vías va en aumento, al igual que el uso de vehículos comerciales, que tiene un crecimiento constante. Por lo tanto, se prevé un aumento en el número de vehículos tanto comerciales y otros en todo tipo de vías [13].

América Latina tiene retos significativos que enfrentar en el sector transporte. Si bien estos retos son económicos, también son sociales y medioambientales. Entre ellos están la difícil situación en el tráfico, los problemas de contaminación generados por el transporte en las calles y las dificultades de financiación sostenible de los diferentes sistemas de transporte público [14].

La alternativa que tiene la gestión ambiental de tránsito para reducir el problema de la contaminación y la afectación a la salud pública que esta genera es plantear la reducción del grado de saturación en vías, de tal manera que se logre una mejor calidad en el transporte urbano ya que la idea es movilizar personas y no vehículos con eficiencia, seguridad y equidad social [15]. Para poder lograr una mejor gestión, sostenibilidad e innovación en el sistema del transporte urbano se necesita tres elementos: i) organización institucional, ii) sistema competencial, y iii) relaciones laborales. Dichos elementos configuran una metodología adecuada para analizar un sistema de transporte urbano y resaltar las soluciones exitosas que se han desarrollado para lograr una mejor gestión del transporte urbano [16]. Para ello, se debe gestionar el análisis para planificar un modelo de tránsito de acuerdo con la oferta y la demanda, bajo una interacción simplificada [17].

Existen maneras de reducir el uso de los vehículos que producen mayor contaminación, que podrían

aportar soluciones para disminuir las cantidades de gases contaminantes, como por ejemplo el uso de bicicletas a los usuarios para viajes cortos, ayudando a bajar el tránsito, conllevando a la disminución en el uso de combustibles fósiles por parte del parque automotor, desencadenando la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, y de esta forma mejora la calidad del aire [18].

La planificación del sistema de transporte complementaría los estudios presentados por arquitectos e ingenieros. Por ejemplo, en el Reino Unido, la planificación del transporte se considera una disciplina que sirve para mejorar su sistema vial, su calidad de vida y promover un desarrollo urbano sostenible [19]. Por otra parte, estudios muestran que el reordenamiento vehicular sirve como medida de gestión ambiental, pues contribuye con la reducción continua de diferentes contaminantes, lo que, a su vez, ayudará a que en el futuro mejore la calidad de vida y la salud pública [20].

IV. CONSUMO DE ENERGÍA DEL VEHÍCULO

El aumento de vehículos en las calles a nivel mundial se debe al aumento de la comercialización de nuevos vehículos, el cual se ha desarrollado aceleradamente en los últimos años. Este factor, añadido a los vehículos usados que transitan actualmente, genera una tasa elevada de desechos en el medio ambiente. Es alarmante saber que, por ejemplo, en el Distrito Federal de México, las cifras de vehículos de motor registrados, se elevaron a un 62,53 % entre los años 2010 y 2019, teniendo una tasa de crecimiento promedio anual de 6,25 %. Manteniendo este régimen, se estima que el número de vehículos a partir del año 2010 hasta el año 2050, crecerá aún más, manteniendo una tasa de media de crecimiento anual de 4,5 %, llegando a un cambio significativo de 25,6 millones a 151,7 millones [21]. Se entiende entonces que el índice de vehículos calculados producirá un cambio notorio de 145 en el 2010 a 601 estimado al año 2050. Otras comparaciones se pueden realizar para el caso de Estados Unidos, en el 2010 tuvieron un índice de motorización de arroja 797 vehículos por cada 1000 habitantes, cifras que son alarmantes y que solo tienden a subir sin control [22].

El consumo de energía de los vehículos es otra cuestión que es preciso contrarrestar, pues los carburantes producen altos niveles de contaminación. Por ello, se ha investigado sobre diferentes fuentes que puedan reemplazarlos. Sin embargo, en los

diferentes estudios experimentales, tanto cuando se empezaron a fabricar vehículos como en la actualidad, se ha buscado que estos funcionen con otros combustibles como vapor de agua o hidrógeno, pero los resultados han sido negativos, llegando incluso a recalentarse y a explotar [23].

Los combustibles utilizados con mayor frecuencia para consumo vehicular son el gasoil y la gasolina sin plomo; sin embargo, recientemente se han empezado a utilizar vehículos eléctricos. El empleo de este tipo de vehículos tiende a ser una de las soluciones más factibles para contrarrestar la contaminación causada por vehículos comúnmente usados en la actualidad [24].

Según la Agencia Internacional de Energía, en 2011 la contaminación mundial por emisión de gases de efecto invernadero se debió en un 22 % al transporte del sector público, en lo que respecta su producción y consumo de energía, cifra que supera al ámbito industrial que causó el 21 % de esta contaminación, aunque está por debajo del sector de generación eléctrica (42 %). Teniendo en cuenta estas cifras y realizando estimaciones y aproximaciones al 2035, se espera que el ámbito del transporte público llegue a influir en un 40 % de la emisión de estos gases. Para el mismo año, dos tercios de las emisiones de gases provenían del transporte, y se observó su crecimiento acelerado, pues desde 1990 al 2011 estas aumentaron en un 52 %. Ejemplo claro es el caso de México, país en el cual en el 2012 el 39 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se asocia a la producción y uso de energía. Por otra parte, en el 2012 los datos del Balance Nacional de Energía en México, dan a conocer que el auto-transporte genera un 92 % de consumo del sector y, por tanto, el problema podría tratarse desde ese aspecto [22].

V. CONTAMINACIÓN DEL AIRE

El tráfico vehicular contribuye en gran medida a la contaminación y deterioro de la calidad del aire [25]. Se han podido detectar diversos gases que contaminan en forma de polvo, neblinas, malos olores, humo o vapor. Su presencia en el aire es constante y afecta la vida, tanto humana como animal y vegetal, desde hace siglos. Este problema se ha incrementado con el aumento de la industrialización y el constante crecimiento no planificado en las ciudades, que generan todo tipo de desperdicios sólidos y líquidos [26].

El aire es un elemento indispensable para la vida de los seres humanos y es casi imposible evitar su contaminación, que trae como consecuencias diferentes enfermedades respiratorias a personas que se exponen a los gases contaminantes [27]. La contaminación del aire se debe a procesos antropógenos y naturales. Los estudios muestran una composición de dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono presente en el aire que respiramos, procesada a través de todas las actividades del ser humano [28].

Las personas día tras día consumen diversas sustancias sin ser conscientes de que las están ingiriendo. Tan solo con respirar, estos elementos ingresan al organismo, y sus efectos dañinos no solo se deben al tamaño de las partículas, sino también a la composición de estas sustancias. Lo más común es que el aire posea carbono elemental, compuestos orgánicos, aromáticos policíclicos, sulfatos y nitratos, así como otros metales [3].

VI. CONTAMINACIÓN POR RUIDO

El ruido de origen vehicular se ha establecido como un gran problemática. Este tipo de contaminación se intensifica cada vez más, y la respuesta a este fenómeno es deficiente, sobre todo en países en vías de desarrollo [29]. El ruido a causa del tránsito tiene mayor influencia que el ruido industrial, debido a su presencia continua, y porque presenta diferentes presiones y composiciones a nivel espectral, por lo que se cataloga como sonido de banda ancha [30].

Entre los planteamientos propuestos para contrarrestar el ruido en el medio ambiente, está el reemplazo del medio de movilización de las personas en las ciudades, fomentando el uso de bicicletas o la movilización a pie. Otro factor importante es la recuperación y el aumento de los espacios verdes. Para fortalecer esta propuesta se sugiere una reestructuración urbana, donde se busque cercanía de los lugares y no la expansión de las zonas urbanas horizontalmente. Tales planteamientos traen beneficios para la salud de la población en general, en lo que respecta a la disminución del ruido y, además, por el fomento de la actividad física, todo lo cual ayuda al fortalecimiento sustentable [31].

El desplazamiento de los vehículos sobre la vía es el causante común del ruido que genera el tránsito vehicular, además de los ruidos que pueda ocasionar el vehículo por sí mismo, como el del claxon.

Entonces, los ruidos se pueden dividir en los causados por propulsión, como el que se produce por el funcionamiento del motor, el tubo de escape, la circulación de aire en el vehículo y otros componentes. El ruido causado por la interacción entre la capa de rodamiento y la llanta del vehículo, que genera ruido a partir de una velocidad de 48,3 kilómetros por hora, sería el factor más común y constante de contaminación por ruido [29].

Algunos estudios relacionan el ruido del tránsito y sus consecuencias con problemas de salud, en especial en zonas urbanas. Estos problemas pueden afectar la salud humana en cuatro aspectos: 1) auditivo, 2) físico, 3) psicológico y 4) desempeño de la persona [32].

Las consecuencias son claras, los estudios establecen que este tipo de contaminación causa efectos como irritabilidad por la exposición continua, nerviosismo debido a los altos niveles de ruido y falta de concentración por la distracción que causa en el medio, interrupción del sueño, e incluso consecuencias más indirectas, como alteraciones de la presión arterial. Es claro, por tanto, que la exposición al ruido no solo afecta la salud a nivel auditivo, sino que la exposición continua causa otros daños a la salud, de los cuales las personas no son conscientes. Por ello, se requieren nuevos planteamientos de investigación sobre las consecuencias de la contaminación por ruido [33].

VII. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD

El ruido es un problema con grandes consecuencias ambientales y de principal importancia, puesto que en niveles altos afecta la salud poblacional, según el Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades de México, el ruido ambiental puede llegar a sobrepasar los límites permitidos por las normas para sitios públicos. En el año 2013 en Colombia, el crecimiento vehicular proyectado a ocho años va a originar efectos graves y causará diversas enfermedades, ya que la contaminación sonora está influenciado con el flujo vehicular que puede llegar a exceder los límites permitidos [34]. Asimismo, se reconoce que el crecimiento de esta contaminación está directamente ligado al crecimiento de la población y a su necesidad de transporte [35].

En los países en desarrollo los impactos de la contaminación por ruido sobre la salud son notorios en múltiples casos, lo cual se debe a la exposición

al ruido por tránsito vehicular, principalmente en zonas urbanas [36]. La continua convivencia con el ruido causa problemas respiratorios, cardiovasculares, digestivos, visuales, endocrinos y del sistema nervioso. Estos efectos se pueden reflejar en actividades cotidianas como la lectura, la atención a la hora del estudio, la memoria y el enfoque en los problemas y su resolución, así como en el desempeño laboral. Incluso, pueden ser causa de accidentes. Se ha reportado que un nivel de 80 dBA puede afectar el comportamiento de las personas y tiende a tornarlas agresivas. Sin embargo, la principal y más común consecuencia es la pérdida de audición, que genera graves problemas sociales y personales [37].

La pérdida de audición se puede determinar al calcular la gama de detección de sonido del oído, la cual debe estar entre los 20 y los 20 000 Hz. El cálculo del desplazamiento del umbral de audición permite determinar cuánta pérdida es a causa del ruido [38]. En países como Estados Unidos consideran que una persona está expuesta a trastornos auditivos cuando los niveles de audición superan los 26 dB para frecuencias entre 500 y 2000 Hz, mientras que en el Reino Unido este límite se determina con 30 dB en promedio para frecuencias entre 1000 y 2000 Hz [39].

En algunos estudios se ha reportado que grandes cantidades de contaminación por ruido pueden causar problemas mentales en las personas [40]. Este problema se debe al estrés y la falta de sueño ocasionados por el ruido, además de la ausencia de acción física, que causa que no haya consumo de energía. Se ha determinado que se puede convivir con el ruido siempre que este no sobrepase los 30 dB, que son el nivel máximo tolerable para el ser humano [41].

En un estudio realizado en la ciudad de Medellín (Colombia) sobre los gastos económicos para la disminución de contaminación por ruido del tráfico vehicular, se logró evidenciar que reducir la contaminación sonora en 5 dB puede generar beneficios considerables para la salud. Sin embargo, según esta investigación solo el 57 % de los encuestados estaría dispuesto a realizar los pagos para la implementación de un programa que tenga como prioridad la reducción del ruido que genera el tráfico vehicular [42].

La relación directa de la calidad del sueño y el ruido por tráfico se ha señalado claramente en muchos estudios [35]. Por ejemplo, un análisis de la calidad

del sueño en una muestra de 2898 participantes arrojó como resultado que aquellos que tenían una calidad baja de sueño tendían a verse afectados en mayor medida por el ruido. Por otra parte, se encontraron las molestias que causa el ruido en la calidad del sueño, en una muestra de estudio conformada por 1122 personas, mencionando que la disminución de la eficiencia del sueño inducida por el ruido fue aún mayor significativo para los participantes del estudio que no estaban molestos con el ruido del tráfico. Las alteraciones del sueño conducen a efectos graves a largo plazo para la salud, y hay cada vez más pruebas de los estudios epidemiológicos indican que la exposición al ruido conduce a enfermedades cardiovasculares[43].

VIII. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE SOBRE LA SALUD

Los materiales que contaminan el aire están presentes de diferentes formas. Una de ellas es el material particulado (MP), cuyo diámetro está entre 2,5 y 10 micras. Este proviene de factores como el levantamiento de los materiales presentes en la carretera a causa del tránsito vehicular, el levantamiento de los terrenos agrícolas durante su producción, la explotación minera y fenómenos naturales, como tormentas, erupciones volcánicas, remolinos y demás [44].

Los elementos de menor tamaño (<2,5 micras) se denominan *material particulado fino*, y son producidos por procesos de combustión de los vehículos, tanto de aquellos que usan gasolina como de los que utilizan diésel, así como por diversos procesos industriales [8].

Otro elemento comúnmente encontrado en el aire es el ozono (O₃), que no es emitido directamente, pero se produce a partir de la reacción química de óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y calor o presencia de rayos solares [45]. Algo similar sucede con el dióxido de nitrógeno en el ambiente, que al igual que el (O₃) no se presenta directamente, sino que se forma a partir de combustiones a alta temperatura, como es el caso de empresas eléctricas y vehículos [46].

El tránsito vehicular también produce mayores concentraciones de plomo en el aire. En países donde se prohíbe el uso de plomo en sus combustibles la concentración es menor, pero no nula, ya que otra fuente de esta sustancia es de origen industrial, en fundiciones, incineradoras o fábricas

de baterías. Sin embargo, el plomo no es el único contaminante generado por el tránsito vehicular, pues en los procesos de combustión incompleta de gas natural se puede generar monóxido de carbono (CO) o cuando hay quema de combustible se puede generar dióxido de azufre (SO₂), que a su vez también se genera a partir de extracción de metales o procesos industriales de empresas eléctricas. Todos estos elementos que se encuentran en el aire son altamente perjudiciales [47], [48].

El ser humano presenta mayor susceptibilidad a todo tipo de contaminación en las etapas prenatal y posnatal, debido a que se encuentra en pleno desarrollo pulmonar. Por ello, la edad es un factor básico y directamente relacionado con la gravedad de las consecuencias de la contaminación a la que está expuesta la población. Los efectos de la contaminación en las personas se originan desde la concepción y se van desarrollando a través de los años, lo que impacta en el crecimiento durante las primeras etapas de vida. Estos pueden afectar el sistema respiratorio y la respuesta del organismo ante diversas situaciones como el estrés oxidativo, las infecciones del sistema respiratorio y los niveles de concentración contaminantes primarios tal como el monóxido de carbono (CO) o contaminantes secundarios, estos se forman en la atmósfera, por ejemplo el ozono (O₃) que se forma por las reacciones de los contaminantes primarios, estos contaminantes afectan las vías respiratorias [8].

Los contaminantes se albergan en el organismo en diferentes tamaños de partículas, pero su efecto no solo depende de su tamaño, sino también de la composición química. Múltiples estudios señalan que una de las partículas con mayor impacto en la salud de la población es el carbono elemental (CE). También se ha reportado que otros , compuestos orgánicos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), sulfatos y nitratos y determinados metales (As, Cd, Fe, Zn, Cr, Cu, Al, V, Ni y Pb) tienen impactos de gran magnitud en la salud de las personas. Diversas investigaciones indican que el tráfico vehicular se relaciona con deficiencias de las capacidades pulmonares, principalmente en ciudades en desarrollo [3].

La contaminación del aire es un problema mundial. Ningún país está exento de ella, pues se encuentra tanto en los países más poderosos económicamente o mucho más desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo. De hecho, en exteriores las principales fuentes son los procesos de industrialización y el volumen vehicular, mientras que en interiores el principal contaminante es el cigarrillo.

Estudios realizados en Colombia, principalmente en Medellín, han detectado variaciones cíclicas de los contaminantes presentes en el aire, tanto por la mañana, por la tarde, como por la noche, lo cual se debe a que los niveles o volúmenes de tránsito en esta ciudad, como en otras, es mayor a ciertas horas del día [10].

Los estudios analizan y clasifican las sustancias encontradas en el aire según su diámetro en micras. En el aire se encuentran elementos con diámetro menor de 10 micras (PM10), menor de 2,5 micras, de una micra y, en casos más preocupantes, de 0,1 micras. Asimismo, se encuentran diversos compuestos contaminantes, como CO, CO₂, O₃, SO₂, NO₂. Además de ello, se debe tener en cuenta que estas sustancias no solo se encuentran en estado sólido, sino que también hay sustancias en estado líquido, por lo cual la exposición de las personas a estos contaminantes es muy alta y prácticamente inevitable [49].

CONCLUSIONES

A pesar del desarrollo económico y los avances tecnológicos, los factores tradicionales de contaminación continúan. A esto se le suma el desarrollo sin planeamiento de sostenibilidad en las ciudades, que causa un crecimiento desordenado en el tráfico vehicular. Por tal motivo, se debe realizar una planificación teniendo en cuenta una cultura urbana de cuidado del medio ambiente, pues con el desarrollo desorganizado solo se generan problemas nuevos, directamente causados por un sistema de tránsito sin control.

La planificación para contrarrestar este problema del crecimiento del tránsito vehicular, presente y totalmente explícito en las ciudades a nivel mundial, es insuficiente e incluso inexistente en muchas partes del mundo. Desde el 2014 en América Latina se percibe un crecimiento vehicular promedio de 3 % y una tendencia que implica la duplicación de vehículos existentes en la actualidad durante los próximos 25 años, considerando esta tendencia desde el año 2014. Ante este problema, solo existen planificaciones que se quedan en proceso o no son ejecutadas correctamente en el tránsito de las ciudades.

El ruido vehicular es un problema al que damos poca importancia, pero que repercute en la salud de la población, pues causa problemas como es-

trés, dolores de cabeza y mal humor, entre otros. Es bien conocido que para la Organización Mundial de la Salud (OMS) el límite óptimo de ruido en las calles debería ser de 30 dB de manera constante, pero esto no se cumple en la realidad, e incluso, en muchas ciudades los niveles de ruido superan los 80 dB en sus puntos más críticos de tránsito vehicular.

El transporte es uno de los primeros y mayores contaminantes del aire en el mundo. Diversos estudios demuestran que la quema de combustible emite múltiples contaminantes, que pueden afectar gravemente los pulmones de los niños en proceso de crecimiento, trayendo consigo una disminución en el funcionamiento pulmonar. También hay estudios que describen las formas en que los diferentes países tratan de mejorar estas condiciones, como es el caso de España, que tiene redes de vigilancia para controlar los niveles de contaminación en ciertas ciudades.

REFERENCIAS

- [1]. R. Tamakloe, J. Hong y J. Tak, "Determinants of transit-oriented development efficiency focusing on an integrated subway, bus, and sharedbicycle system: Application of Simar-Wilson's two-stage approach", *Cities*, vol. 108, ene. 2021, Art. n.o 102988. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102988>
- [2]. L. F. Pedraza, C. A. Hernández y D. A. López, "Control de tráfico vehicular usando ANFIS", *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 20, n.o 1, pp. 79-88, abr. 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052012000100008>
- [3]. A. Machado, N. García, C. García, L. Acosta, A. Córdova, M. Linares, D. Giraldoth y H. Velásquez, "Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular", *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 24, n.o 4, pp. 171-182, nov. 2008.
- [4]. S. Uribe C., "Propuesta metodológica para el diseño de intersecciones urbanas", *Inventum*, vol. 4, n.o 7, pp. 46-54, jul.-dic. 2009. doi: <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.4.7.2009.46-54>

- [5] W. Aliaga Ortega, “Congestión vehicular de transporte urbano y su incidencia en salud y medio ambiente en la ciudad de Puno”, *Rev. Cient. Inv. Andina*, vol. 19, n.º 1, pp. 226-249, nov. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.35306/rev.%20cien.%20univ..v19i1.746>
- [6] B. E. Pineda, C. H. Muñoz y H. Gil, “Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el Valle de Aburrá: una revisión”, *Ing.Desarro.*, vol. 36, n.º 2, pp. 489-508, jul.-dic. 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.2.10403>
- [7] J. Llanque Chana, “Efectos de la contaminación atmosférica en el clima urbano y calidad ambiental en Arequipa” *Cuad. Inv. Urban.*, n.º 37, pp. 95-106, abr. 2005.
- [8] C. Ubilla y K. Yohannessen, “Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño”, *Rev. Med. Clín. Condes*, vol. 28, n.º 1, pp. 111-118, ene.-feb. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.12.003>
- [9] T. Gavidia, J. Pronczuk y P. Sly, “Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente”, *Rev. Chil. Enferm. Respir.*, vol. 25, n.º 2, pp. 99-108, jun. 2009, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482009000200006>
- [10] C. Zafra-Mejía, Á. Gutiérrez-Malaxechebarria y Y. Hernandez-Peña, “Correlation between vehicular traffic and heavy metal”, vol. 67, n.º 2, pp. 193-199, abr. 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v67n2.68269>
- [11] A. Ramírez González, E. A. Domínguez Calle y I. Borrero Marulanda, “El ruido vehicular urbano y su relación con medidas de restricción del flujo de automóviles”, *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat.*, vol. 35, n.º 135, pp. 143-156, abr.-jun. 2011.
- [12] J. F. Segura Contreras y J. F. Franco, “Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular” *Rev. Salud Pública*, vol. 18, n.º 2, pp. 179-187, mar. 2016, doi: <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n2.49237>
- [13] A. R. Molina López, “Impacto ambiental producido por el transporte durante la construcción de carreteras”, *Ventana Cient.*, vol. 1, n.º 7, pp. 64-73, mayo 2014.
- [14] N. Estupiñan, H. Scorcia, C. Navas, C. Zegras, D. Rodríguez, E. Vergel-Tovar, R. Gakenheimer, S. Azán Otero y E. Vasconcellos. *Transporte y desarrollo en América Latina*, vol. 1, n.º 1, Banco de desarrollo de América Latina, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1186>
- [15] R. Fernández y E. Valenzuela, “Gestión ambiental de tránsito: cómo la ingeniería de transporte puede contribuir a la mejoría del ambiente urbano”, *EURE*, vol. 29, n.º 89, pp. 97-107, mayo 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612004008900006>
- [16] P. M. Urbano, A. Ruiz Rúa y J. I. Sánchez Gutiérrez, “El sistema de transporte público en España: una perspectiva interregional”, *Cuad. Econ.*, vol. 31, n.º 58, pp. 195-228, jul.-dic. 2012.
- [17] E. Barreno Vereau, E. C. Gil Grados y R. Millones Rivalles, “Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano”, *Ing. Ind.*, n.º 26, pp. 11-44, jun. 2008. doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2008.n026.633>
- [18] J. R. Quintero González y L. E. Quintero González, “El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano”, *Ing Reg.*, vol. 14, n.º 2, pp. 87-97, dic. 2015. doi: <https://doi.org/10.25054/22161325.696>
- [19] R. N. Villa Uvidia, J. F. Ortega Ortega y W. P. Cevallos Silva, “Incidencia del tamaño de la muestra en la planificación del transporte en ciudades medias del Ecuador”, *Rev. Carib. Cienc. Soc.*, dic. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/12/transporte.html>
- [20] V. Tapia, L. Carbajal, V. Vásquez, R. Espinoza, C. Vásquez Velázquez, K. Steenland y G. F. Gonzales, “Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5y10), dióxido de azufre y

- dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú”, *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública*, vol. 35, n.º 2, pp. 190-197, abr.-jun. 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.17843/rp-mesp.2018.352.3250>
- [21] J. R. Luyando Cuevas, “Propuesta vial para atacar el problema de contaminación en la Ciudad de México”, *Direito Cid.*, vol. 2, n.º 2, pp. 316-336, 2019. doi: <https://doi.org/10.12957/rdc.2019.37105>
- [22] J. C. Solís Ávila y C. Sheinbaum Pardo, “Consumo de energía y emisiones de CO2 del autotransporte en México y escenarios de mitigación”, *Rev. Int. Contam. Ambient.l.*, vol. 32, n.º 1, pp. 7-23, ene. 2016.
- [23] C. Andaluz Westreicher, C. M. Rodríguez Echandi y A. Soto Carreño, “¿Son las fuentes de energía alternativa la solución al problema climático y energético del mundo?”, *Themis*, n.º 56, pp. 169-178, ago. 2008.
- [24] Ministerio del Interior, *El impacto medioambiental del tráfico*, 2014. Madrid, España: MInisterio del Interior, Dirección General de Tráfico. [En línea]. Disponible en: http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/impacto.pdf
- [25] M. V. Toro G, J. J. Ramírez B, R. A. Quiceno G y C. A. Zuluaga T, “Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión Corinair”, *Rev. ACODAL*, n.o 17, pp. 42-49, 2001.
- [26] C. Mayorga, M. Ruiz y D. Aldas, “Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador”, *Espacios*, vol. 41, n.o 17, p. 11, mayo 2020.
- [27] H. Li, X. Li, H. Zheng, L. Liu, Y. Wu, Y. Zhou, X. Meng, J. Hong, L. Cao, Y. Lu, X. Dong, M. Xia, B. Ding, L. Qian, L. Wang, W. Zhou, Y. Gui, H. Kan, R. Chen y X. Zhang, “Ultrafine particulate air pollution and pediatric emergency-department visits for main respiratory diseases in Shanghai, China”, *Science of the Total Environment*, vol. 775, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145777>
- [28] C. Doria Argumedo y J. Fagundo Castillo, “Caracterización química de material particulado PM10 en la atmósfera de La Guajira, Colombia”, *Rev. Colomb. Quím.*, vol. 45, n.º 2, mayo 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n2.56991>
- [29] S. B. León Moreno, “Mezclas asfálticas viables para mitigar el efecto del ruido debido al tránsito vehicular en los pavimentos”, trabajo de grado, Fac. Ing., Univ. Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/7886>
- [30] R. Guzmán Piñeiro y C. Barceló Pérez, “Estimación de la contaminación sonora del tránsito en Ciudad de La Habana, 2006”, *Rev. Cuba. Hig. Epidemiol.*, vol. 46, n.º 2, pp. 1-13, mayo-sep. 2008.
- [31] M. Alfie Cohen y O. Salinas Castillo, “Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable”, *Estud. Demogr Urbanas*, vol. 32, n.º 1, pp. 65-96, ene. 2017. <http://dx.doi.org/10.24201/edu.v32i1.1613>
- [32] R. B. Hunashal y Y. B. Patil, “Assessment of noise pollution indices in the city of Kolhapur, India”, *Procedia Soc. Behav. Sci.*, vol. 37, pp. 448-457, 2012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.310>
- [33] B. Zamorano Gonzáles, F. Peña Cárdenas, Y. Velázquez Narváez, J. I. Vargas Martínez y V. Parra Sierra, “Contaminación por ruido y el tráfico vehicular en la frontera de México”, *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, vol. 7, n.º 19, pp. 27-35, abr.-jul. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.19.67506>
- [34] T. Morales Pinzón y J. J. Arias Mendoza, “Contaminación vehicular en la conurbación Pereira-Dosquebradas”, *Luna Azul*, n.º 37, pp. 101-129, jul.-dic. 2013.
- [35] K. Sygna, G. MaritAasvang, G. Aamodt, B. Oftedal y N. HjertagerKrog, “Road traffic noise, sleep and mental health”, *Environ. Res.*, pp. 17-24, mayo 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.02.010>

- [36] B. Zamorano Gonzalez, Y. Velázquez Narváez, F. Peña Cardenas, L. Ruiz Ramos, O. Monreal Aranda, V. Parra Sierra y J. I. Vargas Martinez, "Exposición al ruido por tráfico vehicular y su impacto sobre la calidad del sueño y el rendimiento en habitantes de zonas urbanas", *Estud. Demogr. Urbanos*, vol. 34, n.º 3, pp. 601-629, sep.-dic. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.24201/edu.v34i3.1743>
- [37] Y. González Sánchez y Y. Fernández Díaz, "Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares", *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.*, vol. 52, n.º 3, pp. 402-410, sep.-dic. 2014.
- [38] J. M. Merino de la Fuente y L. Muñoz-Repi-so, "La percepción acústica: física de la audición", *Rev. Cienc.*, n.º 2, pp. 19-26, jun. 2013.
- [39] J. Díaz Jiménez y C. Linares Gil, "Efectos en salud del ruido de tráfico: Más allá de las 'molestias'", *Rev. Salud Ambient.*, vol. 15, n.º 2, pp. 121-131, dic. 2015.
- [40] I. Amable Alvarez, J. Méndez Martínez, L. Delgado Pérez, F. Acebo Figueroa, J. De Armas Mestre y M. L. Rivero Llop, "Contaminación ambiental por ruido", *Rev. Méd. Electrón.*, vol. 39, n.º 3, pp. 640-649, mayo-jun. 2017.
- [41] J. R. Quintero González, "Caracterización del ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia", *Rev. Virtual Univ. Catól. Norte*, n.º 36, pp. 311-343, mayo-ago. 2012.
- [42] F. J. Correa Restrepo, J. D. Osorio Múnera y B. A. Patiño Valencia, "Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular una aplicación para Medellín (Colombia)", *Semest. Econ.*, vol. 18, n.º 37, pp. 11-50, ene-jun. 2015. doi: <https://doi.org/10.22395/seec.v18n37a2>
- [43] P. Frei, E. Mohler y M. Rössli, "Effect of nocturnal road traffic noise exposure and annoyance on objective and subjective sleep quality", *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 17, n.º 2-3, pp. 188-195, mar. 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.04.003>
- [44] J. Herrera Murillo, S. Rodríguez Román y J. F. Rojas Marín, "Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica", *Tecnol. Marcha*, vol. 25, n.º 1, mayo 2012, doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v25i1.176>
- [45] Z. Liu, Y. Wang, B. Hu, K. Lu, G. Tang, D. Ji, X. Yang, W. Gao, Y. Xie, J. Liu, D. Yao, Y. Yang y Y. Zhang, «Elucidating the quantitative characterization of atmospheric oxidation capacity in Beijing, China,» *Science of the Total Environment*, n.º 771, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145306>
- [46] Y. Martín Regueira, S. Schlatter, G. Díaz y C. Portilla, "Determinación de la concentración de dióxido", *Rev. CENIC Cienc. Quím.*, vol. 40, n.º 1, pp. 23-25, ene.-abr. 2009.
- [47] J. Fleta Zaragozano, C. Fons Estupiñá, P. Arnauda Espatolero, A. Ferrer Dufol y J. L. Olivares López, "Carbon monoxide poisoning", *Anales de Pediatría.*, vol. 62, n.º 6, pp. 587-590, jun. 2005. doi: <https://doi.org/10.1157/13075553>
- [48] J. Londoño, M. A. Correa y C. A. Palacio, "Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia", *Rev. EIA*, n.º 16, pp. 149-162, dic. 2011.
- [49] I. Amable Álvarez, J. Méndez Martínez, B. M. Bello Rodríguez, B. Benítez Fuentes, L. M. Escobar Blanco y R. Zamora Monzón, "Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud", *Rev. Méd. Electrón.*, vol. 39, n.º 5, pp. 1160-1170, sep.-oct. 2017.