

Effects of atmospheric pollution on human health worldwide: A systematic review of the literature between the years 2012 and 2022

Cristian M. Arévalo León¹, Tamar N. Ccasa Huarcaya², and Magda Velásquez Marín, Mtr³

^{1,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, cristianarle94@gmail.com, nicolleccasa6@gmail.com, magdavema@gmail.com

Abstract– This research aims to identify the effects of atmospheric pollution on human health worldwide, through the collection, selection and analysis of research papers published in scientific databases between 2012 and 2022. For which I carried out a systematic review of 58 academic and scientific research papers, of which 50 were selected, with 55 scientific articles and 3 theses, and discarding 8 publications that were not aligned with the objectives determined in the present investigation. The most used database was Scopus, followed by ScienceDirect, Scielo, Google Scholar and Alicia Concytec. From this review it is concluded that Latin America does have research related to the subject, but the country that contributed the greatest number of scientific papers was China, followed by the United States. More than half of the selected investigations belong to the year 2017 onwards. Finally, according to the studies analyzed, results were obtained that positively and significantly relate air pollution to the increase in different diseases, mainly respiratory and cardiovascular diseases, with children and the elderly being the most vulnerable. Therefore, it was concluded that it is necessary for the states of the world to take frontal and ambitious measures against air pollution.

Keywords-- Atmospheric pollution, human health, diseases.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana a nivel mundial: Una revisión sistemática de la literatura entre los años 2012 y 2022

Cristian M. Arévalo León¹, Tamar N. Ccasa Huarcaya², and Magda Velásquez Marín, Mtr³

^{1,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, cristianarle94@gmail.com, nicolleccasa6@gmail.com, magdavema@gmail.com

Resumen– Esta investigación tiene como objetivo identificar cuáles son los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana a nivel mundial, mediante la recopilación, selección y análisis de trabajos de investigación publicadas en base de datos científicas entre los años 2012 y 2022. Para lo cual, se realizó una revisión sistemática de 58 trabajos de investigación académicas y científicas de las cuales fueron seleccionadas 50, contando con 55 artículos científicos y 3 tesis, y descartando 8 publicaciones que no se alinearon a los objetivos determinados en la presente investigación. La base de datos más utilizada fue Scopus, seguido de ScienceDirect, Scielo, Google Académico y Alicia Concytec. De esta revisión se rescata que Latinoamérica sí cuenta con investigaciones relacionadas al tema, pero el país que aportó mayor cantidad de trabajos científicos fue China, seguido por Estados Unidos. Más de la mitad de investigaciones seleccionadas pertenecen al año 2017 en adelante. Finalmente, según los trabajos analizados, se obtuvieron resultados que relacionan positiva y significativamente la contaminación atmosférica con el aumento de diferentes enfermedades, principalmente las respiratorias y cardiovasculares, siendo los niños y adultos mayores los más vulnerables. Por lo tanto, se llegó a la conclusión que es necesario que los estados del mundo tomen medidas frontales y ambiciosas frente a la contaminación del aire.

Palabras claves-- Contaminación atmosférica, salud humana, enfermedades.

I. INTRODUCCIÓN

En principio, según la Organización Mundial de la Salud, la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. Además, la salud de todos los pueblos es fundamental para lograr la paz y la seguridad, pero depende de la más alta cooperación de las personas y de los estados [1]. Así mismo, la historia de la humanidad nos ha demostrado que el cuerpo humano se mantiene en un proceso de cambio constante, debido a su interacción con el ambiente y a las funciones que el ser humano desempeña en un determinado espacio y tiempo, donde el equilibrio entre órganos y funciones se modifica como efecto del cambio en el medio externo, ocasionando las apariciones de enfermedades relacionadas a factores físicos, químicos y biológicos [2].

Por otro lado, el aire se considera contaminado cuando existe la presencia de una sustancia extraña o una variación importante en la proporción de sus constituyentes, puede provocar efectos perjudiciales o crear molestias, teniendo en cuenta el estado de los conocimientos científicos del momento [3]. Así mismo, la contaminación atmosférica

refiere a la presencia, en las distintas capas de aire que componen la atmósfera terrestre, de sustancias y formas de energía ajenas a su constitución natural y se pueden presentar una fuente de riesgos, daños y molestias para la vida tal y como la conocemos [4].

Se calcula que cada año la exposición a la contaminación del aire causa 7 millones de muertes prematuras y provoca la pérdida de otros tantos millones de años de vida saludable. Por ejemplo, en los niños, esto podría suponer una reducción del crecimiento o infecciones respiratorias y en los adultos, los accidentes cerebrovasculares son las causas más comunes atribuibles a la contaminación del aire exterior [5]. En consecuencia, según la Organización de las Naciones Unidas, si no se produce una intervención agresiva, el número de muertes causadas por la contaminación del aire en espacios abiertos va camino de aumentar en más de un 50 por ciento antes del 2050 [6]. Esta información resulta de mucha importancia para generar nuevas medidas preventivas y mitigantes frente a esta problemática que va ganando terreno en muchos lugares del mundo.

Existen varios contaminantes en el aire de fuentes móviles provocados por el parque automotor a nivel mundial, ocasionando un enorme problema, el cual busca ayudar a poder aplicar la mejora de la calidad del aire y el control de la contaminación atmosférica, reduciendo el impacto negativo [7]. También, las altas emisiones de CO₂ por parte de los vehículos hace que las personas sean propensas a desarrollar graves enfermedades como la alta presión cardíaca, estrés y cáncer, también generan la destrucción de la capa de ozono, por lo que se quiere desarrollar alternativas de solución con la finalidad de reducir la emisión de agentes contaminantes provocados por el parque automotor [8].

La exposición a la contaminación del aire en relación con la mortalidad durante el embarazo tiene una relación significativa, la cual pasa desapercibida por la sociedad y es más susceptible a la exposición de CO en este periodo por lo que se requiere realizar más estudios de cohortes prospectivos y toxicológicos [9]. Sin embargo, se puede evidenciar que existen muchas enfermedades que guardan relación con la contaminación del aire. Por ejemplo, el problema epidemiológico de intoxicaciones inadvertidas por monóxido de carbono es mayor de lo que se ha descrito, al realizar un estudio más a detalle, el número de intoxicaciones inadvertidas en personal sanitario es

superior a trabajos realizados con anterioridad, que pasó de 10 a 18 casos [10].

En tal sentido, la investigación tiene como objetivo principal identificar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana a nivel mundial de acuerdo con los trabajos de investigación publicadas en base de datos científicas entre los años 2012 y 2022.

II. METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue una revisión sistemática de la literatura científica, es decir, se realizó un análisis claro y ordenado en relación a la siguiente pregunta planteada ¿Cuáles son los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana a nivel mundial? que permitió la indagación sobre la información específica de las evidencias existentes. Para lo que fue necesario que previamente se ejecute una recopilación y selección correcta de información, para poder captar los datos más resaltantes y realizar un análisis crítico sobre la evidencia encontrada.

En este caso el proceso tuvo cinco etapas:

A. Etapa 1: Criterios de Selección

Teniendo en cuenta que existen un número significativo de investigaciones, para esta revisión sistemática se ha considerado, como principal requisito de selección, aquellas investigaciones relevantes y que contengan información o datos sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana y que se encuentren alineadas al objetivo de la presente investigación.

B. Etapa 2: Recursos de Información

Para el adecuado cumplimiento del objetivo propuesto, la presente investigación se enfocó en una revisión sistemática de la literatura científica, donde se encontraron un total de 58 trabajos de investigación, entre artículos científicos y tesis, de los cuales solo fueron seleccionados 50 publicaciones.

Asimismo, para la búsqueda de publicaciones científicas de corte empírico, se utilizaron una serie de base de datos en línea con repositorios científicos, tales como, Scopus, ScienceDirect, Scielo, Google Académico, Alicia Concytec, fuentes gubernamentales internacionales, repositorios de universidades y revistas a nivel mundial.

C. Etapa 3: Búsqueda

Para el desarrollo de la presente investigación se ha realizado una búsqueda de literatura empírica publicada en base de datos científicas, repositorios universitarios y fuentes gubernamentales a nivel internacional, cuyos temas principales están relacionados con los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana en un rango entre el año 2012 y 2022. De esas fuentes de información se identificaron cuáles fueron los efectos más relevantes y concurridos en la salud humana.

Asimismo, se utilizó como cadena de búsqueda, tanto en español como en inglés, las siguientes palabras claves: “Contaminación”, “Aire”, “Contaminación atmosférica”, “Salud humana”, “Enfermedades” y “Mortalidad” utilizando conectores como “And”, “Or” y “Not”, con la finalidad de mejorar el filtrado y obtener mejores resultados en la búsqueda de información.

D. Etapa 4: Criterios de descartes e inclusión

En primera instancia se obtuvieron muchos resultados en un margen de años extensos y en un ámbito mixto, es decir, no específicamente académico. Por consiguiente, se seleccionaron las evidencias encontradas en un rango de 10 años (entre el año 2012 y 2022), un ajuste en el tipo de recurso encontrado el cual se eligió los que provenían de fuentes académicas o de investigación, la selección del idioma fue el español e inglés y el lugar de las fuentes encontradas fueron a nivel mundial.

Luego, las fuentes encontradas fueron filtradas y reducidas por lo mencionado anteriormente. Las publicaciones no tomadas en cuenta no provenían de fuentes confiables, científicas o de investigación, no contaban con el rango de tiempo establecido, no guardaban relación con el tema, no se alineaban al objetivo de estudio o simplemente no se encontraban disponibles.

E. Etapa 5: Selección de datos

Las publicaciones seleccionadas e incluidas dentro de la revisión sistemática fueron plasmadas en una ficha de registro, donde se extrajeron los siguientes datos de cada publicación: referencia (autor y año), revista, título de la publicación, base de datos y criterio de inclusión o exclusión.

Además, se analizó de forma precisa y decisiva las publicaciones encontradas en la presente investigación, siendo necesario que responda a las siguientes preguntas: ¿Existen aportes relevantes en la investigación? ¿Existen errores en la investigación? De tal modo, que fueron 50 publicaciones las que se alinearon con los objetivos de la presente investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Por un lado, con respecto al análisis y clasificación de los artículos seleccionados y no seleccionados en relación con la base de datos, se identificó que Scopus, Science Direct, Scielo tienen la mayoría de los artículos escogidos, mientras que Google Academy y Alicia Concytec fueron los que menos aportaron en la investigación.

Además, en relación con las características de los resultados obtenidos en los artículos seleccionados, se visualizó que los estudios provienen mayormente de China con 8 artículos, seguido de Estados Unidos con 7 artículo, México y Chile con 5 artículos, Irán y España con 4 artículos, Colombia y Taiwán con 3 artículos y finalmente, Ecuador y Perú con 2 artículos. Además, del año 2017 en adelante, fueron los años con mayor porcentaje de trabajos

publicados en la presente investigación, donde el 2019 tuvo mayor porcentaje de publicaciones incluidas. Cabe mencionar que el 90% de los documentos fueron de revistas científicas, mientras que el 10% fueron de tesis que se encontraban en su respectivo repositorio.

Así mismo, cabe mencionar que los artículos restantes fueron excluidos debido a que no se encontraban en la fecha establecida, no pertenecían a una base de datos confiable, tenían una restricción en la visualización del contenido del artículo y no se alineaba con la pregunta y objetivo de investigación planteada en nuestra revisión sistemática.

Por otro lado, los aportes más resaltantes que se pudieron evidenciar son los siguientes: Los casos de asma y enfermedades pulmonares tienen relación con material particulado, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre [11] y no solamente causa afección a lo mencionado líneas atrás, sino incluye esta vez al monóxido de carbono que tiene una relación significativa en la infertilidad, afectando así la salud reproductiva [12].

También, existe evidencia de los impactos en enfermedades cardiovasculares, siendo más consistente para material particulado, responsable de la gran mayoría de la carga de la enfermedad a través de sus impactos en la cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular [13].

Se encontró en un estudio que el aumento de concentraciones de contaminantes aumenta el riesgo de pérdida auditiva neurosensorial (SHL, por sus siglas en inglés), donde los datos indican que tanto hombres como mujeres tienen una incidencia significativamente alta de SHL y los sujetos mayores de 50 años tenían un riesgo significativamente mayor de SHL, cuando están expuestos al CO [26].

Resultados de un estudio mostraron un aumento significativo de los ingresos hospitalarios por asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) asociados a PM_{2.5}. Así mismo, se presentaron aumentos de los ingresos hospitalarios por bronquiectasias a causa del PM₁₀ y el NO₂ también se asoció con un mayor riesgo de ingresos hospitalarios por asma y EPOC. En consecuencia, la exposición a corto plazo a contaminantes del aire aumenta significativamente el riesgo de ingresos hospitalarios por asma, EPOC y bronquiectasias en la población adulta y anciana [41].

Otro importante estudio de cohorte destacado, realizado en México, evaluó la asociación entre la exposición de largo plazo a la contaminación del aire y el crecimiento de la función pulmonar en escolares, encontrando que la exposición a largo plazo a O₃, PM₁₀ y NO₂ se asoció con un déficit en el crecimiento de la capacidad vital forzada y un menor volumen espiratorio forzado en el primer segundo [51].

Adicionalmente, se identificó de manera más detallada las publicaciones que se tomaron en cuenta en la presente investigación de la literatura ya existente entre los años

2012 y 2022, según el tipo de contaminante, país y sus efectos en la salud.

TABLA I
RESUMEN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD

Tipo de contaminante	País	Efecto en la Salud	Referencia
Dióxido de azufre (SO ₂), Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄), Dióxido de nitrógeno (NO ₂), Ozono (O ₃), Material Particulado (MP ₁₀ , MP _{2.5})	Cuba	Se encuentra una relación con el asma y enfermedades pulmonares en cuanto a los contaminantes primarios y secundarios que se depositan en la superficie de la tierra por precipitación.	[11]
Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Ozono (O ₃), Dióxido de azufre (SO ₂)	Taiwan	La Artritis Reumatoide (AR) recién diagnosticada se asoció positivamente con un aumento de 100 ppm de CO, un aumento de 10 ppm de NO ₂ , un aumento de 10 ppm de O ₃ y un aumento de 1 ppm de SO ₂ .	[14]
SO ₂ , NO ₂ , Cd, Pb, PM _{2.5} , PM ₁₀	Mexico	Se halla una relación significativa de la infertilidad en cuanto a un factor que influye en la salud reproductiva.	[12]
Monóxido de Carbono (CO)	Costa Rica	El CO produce intoxicaciones agudas, son una causa de morbilidad y mortalidad en la infancia y edad adulta.	[15]
Material Particulado (PM), Ozono (O ₃), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Estados Unidos	La evidencia de los impactos en las enfermedades cardiovasculares es más consistente para PM, que es responsable de la gran mayoría de la carga de la enfermedad a través de sus impactos en la cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular.	[13]
Monóxido de carbono (CO), Partícula de escape diésel disfunción (DEP), NO _x , Dióxido de nitrógeno, Ozono, Material	Estados Unidos	Se describe una asociación con la disregulación inmunológica, el asma y otras enfermedades alérgicas.	[16]

particulado (PM _{2.5})			
Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O ₃), Óxidos de Nitrógeno, Dióxido de Azufre (SO ₂)	Irán	Impacto nocivo a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la morbilidad cardiovascular en la ciudad de Ahvaz.	[17]
Monóxido de Carbono (CO)	Brasil	El CO tuvo un efecto agudo entre pacientes ancianos de sexo masculino y femenino de 60 años a más, el día de la exposición y el primer día después de la exposición.	[18]
Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Dióxido de azufre (SO ₂), Ozono (O ₃), Material Particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5})	China	Estudio indican que incluso en Shenzhen, un área menos contaminada de China, existen asociaciones significativas entre la contaminación del aire y el número diario de visitas generales de pacientes externos y hospitalizados.	[19]
Monóxido de Carbono (CO)	México	El grupo de mayor exposición al CO tuvo menor desempeño en percepción visual, codificación, percepción visomotora y memoria inmediata.	[20]
Monóxido de Carbono (CO)	Ecuador	Un aumento en el CO ambiental podría conducir a un aumento potencial en el nivel de COHb de un individuo.	[21]
Monóxido de Carbono (CO)	China	La exposición materna al CO durante todo el embarazo se asoció significativamente con un menor peso al nacer y un mayor riesgo de SGA (small for gestational age).	[9]
Material Particulado (PM _{2.5}), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	España	Los resultados de esta contribución indican que el 4,8% de la tasa de incidencia total de demencia en el presente y el 9,7% en el futuro podría ser atribuible a la exposición a la contaminación del aire.	[22]

Material Particulado (PM ₁₀)	Colombia	Se observó un aumento en la incidencia de síntomas como tos, expectoración, sibilancias, ojos rojos, fiebre, ahogo y ausentismo escolar por enfermedad respiratoria.	[23]
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Dióxido de Azufre (SO ₂)	China	El NO ₂ y el SO ₂ se asociaron positivamente con los ingresos por ictus, con efectos más fuertes en las estaciones cálidas y en los pacientes de más de 65 años.	[24]
Monóxido de Carbono (CO)	Estados Unidos	Un aumento de 1 ppm en la exposición prenatal promedio al CO confirió un aumento del 10 % y 14 % en el riesgo de neumonía y neumonía grave.	[25]
Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Taiwán	El aumento del riesgo de SHL tras el aumento de las concentraciones de contaminantes atmosféricos fue estadísticamente significativa en este estudio.	[26]
Monóxido de Carbono (CO)	Estados Unidos	El Monóxido de Carbono puede interrumpir una serie de procesos críticos en el cerebro en desarrollo.	[27]
Monóxido de Carbono (CO)	España	La intoxicación por CO es el mayor caso detectado de intoxicaciones inadvertidas en el área de Saneamiento.	[10]
Material Particulado (PM _{2.5} y PM ₁₀), Óxidos de Nitrógeno (NO _x), Dióxido de Azufre (SO ₂)	China	Se demostró que las exposiciones a largo plazo a material particulado (PM _{2.5} y PM ₁₀), óxidos de nitrógeno (NO _x) y dióxido de nitrógeno (NO ₂) se asociaron positivamente con el riesgo de EPOC.	[28]
Monóxido de Carbono (CO)	España	El CO puede aumentar la mortalidad en pacientes con FPI (fibrosis pulmonar idiopática).	[29]

Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Chile	En los tres años estudiados se estimaron 11.686 problemas de salud atribuibles, entre muertes, hospitalizaciones y asistencia a urgencias.	[30]
Monóxido de Carbono (CO)	Polonia	El aumento de 1 mg/m ³ en la exposición al CO durante todo el embarazo se asoció con un índice de probabilidades 16 % mayor de bajo peso al nacer.	[31]
Material Particulado (PM _{2.5})	México	Los resultados mostraron que 0.1 µg/µl de fracción orgánica soluble de la estación Centro fue la más citotóxica, reduciendo a 52.4% y 54.2% la viabilidad celular.	[32]
Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Corea	En las mujeres, un aumento en los niveles de NO ₂ y CO se asoció con un mayor riesgo de SIDS en bebés prematuros y de bajo peso al nacer.	[33]
Monóxido de Carbono (CO), PM _{2.5} , BC, UFP	Reino Unido	La exposición a la contaminación del aire en microambientes de viaje, con las exposiciones en conductores de automóviles y en peatones.	[34]
Monóxido de Carbono (CO)	Estados Unidos	La exposición a niveles más altos de CO durante los 3 meses previos a la concepción y en el primer trimestre se asoció con un menor riesgo de preeclampsia.	[35]
Material Particulado (PM ₁₀)	Colombia	Las enfermedades respiratorias guardan correlación positiva y significativa con los niveles de PM ₁₀	[36]
Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5})	Chile	Se describe asociación positiva entre la exposición a emanaciones de incendios forestales con la mortalidad general y la morbilidad por asma, EPOC y neumonía	[37]

Monóxido de Carbono (CO)	Estados Unidos	Un efecto más fuerte de CO en el parto prematuro muy temprano entre las personas con diabetes, en comparación con las que no la tienen.	[38]
Material Particulado (PM ₁₀)	Ecuador	La relación del PM ₁₀ con los procesos respiratorios en niños están expuestos a niveles peligrosos de este contaminante, que se relaciona con mayor vulnerabilidad y hay una relación con exposición a contaminantes intradomiciliarios.	[39]
Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O ₃), Óxidos de Nitrógeno (NO _x), Material Particulado (PM _{2.5})	Colombia	Existe suficiente evidencia para relacionar algunas condiciones y parámetros ambientales con un aumento en la morbilidad y mortalidad por COVID-19.	[40]
Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO _x), Dióxido de azufre (SO ₂), Ozono (O ₃), Material Particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5})	Irán	La exposición a corto plazo a los contaminantes del aire aumenta significativamente el riesgo de ingresos hospitalarios por asma, EPOC y bronquiectasias en la población adulta y anciana	[41]
Material Particulado (PM ₁₀ , PM _{2.5})	Perú	El PM _{2.5} contribuye a las enfermedades respiratorias y el PM ₁₀ sobre la morbilidad.	[42]
Ozono, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, PM _{2.5} , PM ₁₀	México	Asociación significativa en incremento entre la exposición de contaminantes atmosféricos en niños con y sin asma.	[43]
Material Particulado (PM ₁₀)	Perú	El alto contenido de PM ₁₀ en la atmósfera influye significativamente de manera negativa en la salud humana de la población con enfermedades respiratorias agudas.	[44]
SO ₂ , CO, NO ₂ , O ₃ , COV, PM _{2.5}	Chile	La exposición a contaminantes atmosféricos derivados de incendios forestales se asocia al aumento	[45]

		de la morbilidad respiratoria y cardiovascular.	
Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO _x), Dióxido de azufre (SO ₂), Material Particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5})	Irán	Existe una relación directa y significativa entre la exposición a PM ₁₀ con un retardo de 0-6 días, SO ₂ con un retardo de 2 y 3 días y el bajo peso al nacer. Además, existe una correlación directa y significativa entre la exposición a NO ₂ , NO, CO y PM _{2.5} con un desfase de 0 a 6 días y el parto prematuro.	[46]
Material Particulado, Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Dióxido de Azufre (SO ₂)	España	Se ha demostrado relación entre el aumento de contaminación y la elevación de la presión arterial, así como con una mayor prevalencia de hipertensión arterial.	[47]
Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (PM ₁₀), Ozono (O ₃), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Dióxido de Azufre (SO ₂)	Irán	Las tormentas de polvo y algunos tipos de contaminantes en el aire son responsables de más ingresos en los hospitales por problemas cardiovasculares.	[48]
Monóxido de Carbono (CO)	Canadá	Los niveles de concentración de monóxido de carbono pueden estar asociados con trastornos por uso de sustancias.	[49]
Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Ozono (O ₃), Material Particulado (PM _{2.5})	Estados Unidos	Evidencia emergente de los efectos potenciales de la contaminación del aire en la salud mental.	[50]
Material Particulado, Ozono (O ₃), Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Plomo (Pb), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO ₂)	Chile	Efectos relevantes, agudo y crónico en los niños relacionados a la contaminación del aire, por tener condiciones biológicas que los hacen más susceptibles. en comparación con los adultos.	[51]
Monóxido de Carbono (CO)	México	Muestran una relación causa-efecto, trabajo-daño	[52]

		en las alteraciones neurológicas y cardiovasculares por monóxido de carbono.	
Monóxido de carbono (CO)	China	Una asociación positiva con PTB (Preterm birth) se vinculó con la exposición al CO durante cada trimestre y también durante todo el embarazo.	[53]
Monóxido de Carbono (CO)	China	El CO también provoca un aumento de la incidencia de TB (tuberculosis), debido a un debilitamiento del sistema inmunológico.	[54]
Monóxido de Carbono (CO)	China	Se encontró una asociación significativa entre un aumento de CO por 100 µg/m ³ de exposición y un mayor riesgo de muerte fetal durante el tercer trimestre y durante todo el embarazo.	[55]
Monóxido de Carbono (CO)	Taiwán	La exposición a corto plazo a altos niveles de CO se asoció con un aumento significativo en la incidencia de SIDS durante el período post neonatal.	[56]
Cenizas volcánicas	Chile	Se observó una alta prevalencia de síntomas de asma, los mismos fueron significativamente más prevalentes que en estudio previo realizado en esa ciudad.	[57]
Monóxido de Carbono (CO)	China	El CO es el contaminante más influyente, y las poblaciones femeninas de mediana edad y de bajo nivel educativo se ven más afectadas.	[58]

IV. CONCLUSIONES

La revisión sistemática cumplió con el objetivo propuesto y con la pregunta de investigación, siendo de vital interés porque se demuestra la relación de los contaminantes atmosféricos que intervienen en la salud humana. Además, las publicaciones seleccionadas tienen

resultados que argumentan de forma óptima los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana. Además, la presente investigación sirve para que la población mundial tenga en cuenta que los contaminantes atmosféricos pueden causar o empeorar enfermedades, principalmente las respiratorias y cardiovasculares, y para que los diversos gobiernos del mundo tomen medidas frontales y ambiciosas frente a esta problemática que va en aumento.

Además, se deberían realizar estudios de investigación sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana en diversos países del mundo, principalmente en Latinoamérica y en países vulnerables, donde no cuenten con estos importantes tipos de estudios.

Por otro lado, se tuvo percances al momento de seleccionar las publicaciones ya recopiladas, ya que algunas no se alineaban al objetivo propuesto, donde los inconvenientes más destacados fueron que algunas publicaciones carecían de datos relevantes o había un acceso restringido en algunas bases de datos utilizadas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra alma mater, la Universidad Privada del Norte, por formarnos a lo largo de estos años y por inculcarnos el interés por la investigación, siendo una herramienta importante para la contribución del desarrollo de nuestro país y a nuestras familias, por su apoyo incondicional y los buenos valores enseñados.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud. (1946). Constitución de la Organización Mundial de la Salud [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/es/about/governance/constitution>
- [2] L. Roa y B. Pescador, "La salud del ser humano y su armonía con el ambiente", *Revista Médica*, vol. 24, no. 1, pp. 111-122. 2016.
- [3] El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. (2016). Directiva (UE) 1016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2016/344/L00001-00031.pdf>
- [4] Equipo editorial Etecé. (2021, agosto 10). Contaminación Atmosférica. [En línea]. Disponible: <https://concepto.de/contaminacion-atmosferica/>
- [5] Organización Mundial de la Salud. (2021, septiembre 22). Las nuevas directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
- [6] Organización de las Naciones Unidas (2022, septiembre 7). Día internacional del aire limpio por un cielo azul [En línea]. Disponible: <https://www.un.org/es/observances/clean-air-day>
- [7] J. Ramírez, J. Pachon, O. Casas y S. González, "Una nueva base de datos para factores de emisión de fuentes móviles en Colombia: Un caso de estudio para Bogotá", *Ciencia, Tecnología y Futuro*, vol. 9, no. 1, junio 2019
- [8] S. Muñoz, P. Cabanillas, C. Ydrogo y F. Vigo, "Relación entre el parque automotor y su impacto ambiental en América", *Rev. Ingeniería*, vol. 25, no. 2, agosto 2021.
- [9] P. Guo, C. Yuliang, W. Haisheng, J. Zeng, Z. Zhisheng, L. Weiping, Z. Qingying, H. Xia, F. Wenry, L. Jiumin, M. Huazhang y Z. Yingxian, "Ambient air pollution and markers of fetal growth: A retrospective population-based cohort study of 2.57 million term singleton births in China", *Environment International*, vol. 135, february 2020.
- [10] C. Alvarez, A. Cruz y M. López, "Intoxicaciones inadvertidas por monóxido de carbono: una epidemia oculta", *Revista de Toxicología*, vol. 32, no. 2, pp. 98-101, 2015.
- [11] I. Amable, J. Mendéz, B. Bello, B. Benítez, M. Escobar y R. Zamora, "Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud", *Revista Médica Electrónica*, vol. 39, no. 5, octubre 2017.
- [12] P. Bizarro, M. Rojas, A. González, N. López, J. Albarracín y T. Fortoul, "Estilo de vida, contaminación atmosférica y problemas que afectan la salud reproductiva en la mujer", *Revista de la Facultad de Medicina*, vol. 61, no. 2, abril 2018.
- [13] M. Brauer, B. Casadei, R. Harrington, R. Kovacs, K. Sliwa y WHF air pollution group, "Taking a stand against air pollution - The impact on cardiovascular disease", *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 77, no. 13, pp. 1684-1688, 2021.
- [14] H. Bing, J. Chau y H. Hui, "Air pollution as a potential determinant of rheumatoid arthritis: A population-based cohort study in Taiwan," *Epidemiology*, vol. 28, pp. 554-559, 2017.
- [15] Bolaños, P. y Chacón, C. (2017). "Intoxicación por monóxido de carbono", *Medicina legal de Costa Rica*, vol. 34, no. 1, Marzo 2017.
- [16] Q. Cook, K. Argenio, S. Lovinsky, "The impact of environmental injustice and social determinants of health on the role of air pollution in asthma and allergic disease in the United States," *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 148, no. 5, pp. 1089-1101, Noviembre 2021.
- [17] M. Dastoorpoor, Z. Sekhavatpour, K. Masoumi, M. Mohammadi, H. Aghababaeian, N. Khanjani, B. Hashemzadeh y M. Vahediam, "Air pollution and hospital admissions for cardiovascular diseases in Ahvaz, Iran," *Science of the Total Environment*, vol. 652, pp. 1318-1330, Octubre 2019.
- [18] Y. De Aguiar, M. Arbex, A. Braga, L. Pereira y L. Martins, "Relationship between air pollution and hospitalizations for congestive heart failure in elderly people in the city of São Paulo," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 15, pp. 18208-18220, Marzo 2020.
- [19] L. Denan, M. Hanwu, X. Jian, Z. Jing, C. Jinquan, Z. Li, C. Lili, Z. Lin, C. Shanen, L. Xiaojian, L. Yachuan, W. Yongsheng, "The association between air pollution and outpatient and inpatient visits in Shenzhen, China," *International of Environmental Research and Public Health*, vol. 115, no.18, Enero 2018.
- [20] F. Díaz, M. Haro, C. Juárez y G. Aguilar, "Alteraciones neuropsicológicas por exposición crónica a concentraciones bajas de monóxido de carbono en trabajadores de autopista de peaje de México," *Salud Mental*, vol. 38 no. 5. Octubre 2015.
- [21] B. Estrella, F. Sempértegui, O. Franco, M. Cepeda y E. Naumova, "Air pollution control and the occurrence of acute respiratory illness in school children of Quito, Ecuador," *J Public Health Pol*, vol. 40, pp. 17-34. Octubre 2019.
- [22] P. Guzmán, P. Tarín, M. Morales, P. Jimenéz, "Effects of air pollution on dementia over Europe for present and future climate change scenarios", *Environmental Research*, vol. 204. Marzo 2022.
- [23] L. Hernández, G. Aritzabal, Y. Salgado, L. Cantor, K. Medina, y J. Reyes, "Asociación entre la contaminación del aire y la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda en menores de cinco años en tres localidades de Bogotá", *Sociedad Colombiana de Pediatría*, vol. 45, no. 2, pp. 124-138. Junio 2012.
- [24] F. Huang, Y. Luo, P. Tan, Q. Xu, L. Tao, J. Guo, F. Zhang, X. Xie y X. Guo, "Gaseous air pollution and the risk for stroke admissions: A case-crossover study in Beijing, China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 14, no. 2, pp. 189. Febrero 2017.
- [25] P. Kinney, A. Kwaku, A. Lee, K. AeNgibise, K. Burkart, E. Boamah, M. Twumasi, S. Gyaase, A. Quinn, F. Oppong, B. Wylie, S. Kaali, S. Chillrud, A. Yawson, D. Jack y S. Owusu, "Prenatal and Postnatal Household Air Pollution Exposures and Pneumonia Risk: Evidence From the Ghana Randomized Air Pollution and Health Study," *Chest*, vol. 160, no. 5, pp. 1634-1644. Julio 2021.
- [26] C. Kuang, T. Stella, L. Chang, C. Ruey, F. Hueng, L. Frank, L. Cheng y H. Yi, "Increased risk of sensorineural hearing loss as a result of exposure to air pollution," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no.6. Marzo 2020.

- [27] R. Levy, "Contaminación por monóxido de carbono y neurodesarrollo: un problema de salud pública," *Neurotoxicología y Teratología*, vol. 49, pp. 31-40, Junio 2015.
- [28] W. Lulin, X. Junqing, H. Yonghua y T. Youhua, "Air pollution and risk of chronic obstructive pulmonary disease: The modifying effect of genetic susceptibility and lifestyle," *eBiomedicine*, vol. 79, Abril 2022.
- [29] P. Mariscal, L. Gómez, C. Carpio, M. Torres, M. Fernández, G. Bonilla, I. Esteban, R. Regojo, E. Zamarrón, P. Díaz, E. Villamañán, C. Prados y R. Álvarez, "Relationship between air pollution levels in Madrid and the natural history of idiopathic pulmonary fibrosis: severity and mortality," *Journal of International Medical Research*, vol. 49, no. 7, Julio 2021.
- [30] P. Matus, M. Díaz, F. González, "Contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno en Región Metropolitana y su impacto sobre la salud," *Revista Médica de Chile*, vol. 149, no. 10, Octubre 2021.
- [31] Merklinger-Gruchala, G. Jasienska y M. Kapiszewska, "Parity Conditions the Risk for Low Birth Weight after Maternal Exposure to Air Pollution", *Biodemography Soc Biol*, vol. 63, no. 1, pp. 71-86, 2017.
- [32] G. Miguel, G. Maya, A. Flores, O. Amador, R. Villalobos, P. Eguía, M. Pérez y M. Arenas, "Efectos de la contaminación del aire en células humanas de pulmón", *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, vol. 70, no. 2, 2013.
- [33] H. Myung, C. Hae y K. Jong, "Ambient air pollution and sudden infant death syndrome in Korea: A time-stratified case-crossover study", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 18, Septiembre 2019.
- [34] A. Nazelle, O. Bode y J. Orjuela, "Comparison of air pollution exposures in active vs. passive travel modes in European cities: A quantitative review" *Environment International*, vol. 99, pp. 151-160, February 2017.
- [35] C. Nobles, A. Williams, M. Ouidir, S. Sherman y P. Mendola, "Differential Effect of Ambient Air Pollution Exposure on Risk of Gestational Hypertension and Preeclampsia", *Hypertension*, vol. 74, no. 2, pp. 384-390, agosto 2019.
- [36] G. Orlandoni, J. Ramoni y M. Pérez, "Calidad del aire y enfermedades respiratorias bajo diversos esquemas de circulación vial en Bucaramanga (Santander, Colombia)", *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 18, no. 1, 2022.
- [37] M. Oyarzún, y G. Valdivia, "Impactos en la salud de la contaminación del aire" *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, vol. 37, no. 1, pp. 103-106, 2021.
- [38] A. Padula, W. F. Yang, Lurmann, J. Balmes, K. Hammond y G. Shaw, "Prenatal exposure to air pollution, maternal diabetes and preterm birth", *Environmental Research*, vol. 170, pp. 169-167, 2019.
- [39] E. Palacios, "Determinación social de la contaminación del aire urbano y de su relación con el deterioro de la salud respiratoria en los niños y niñas menores de 5 años (Cuenca, Ecuador) 2012-2014", tesis doctoral, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador, 2018.
- [40] K. Pastor, A. Peña, A. Coneo, L. Jimenez, G. Arteaga, D. Ricardo, C. Galeano, P. Espitia, S. Salcedo y L. Espitia, "Factores ambientales en la transmisión del SARS-CoV-2/COVID 19: panorama mundial y colombiano", *Revista de la Universidad Industrial de Santander Salud*, vol. 53, 2022.
- [41] H. Raji, A. Riahi, S. Borsi, K. Masoumi, N. Khanjani, K. Ahmadangiali, G. Goudarzi, y M. Dastoorpor, "Acute effects of air pollution on hospital admissions for asthma, copd, and bronchiectasis in Ahvaz, Iran", *International Journal of COPD*, vol. 15, pp. 501-514, 2020.
- [42] F. Rojas, S. Pacsi, O. Sánchez y M. Perales, "Pronóstico de reducción de emisiones, de enfermos y de gasto asociados al incluir el gas natural dentro de la matriz energética en Perú", *Información Tecnológica*, vol. 30, no. (3), 2019.
- [43] A. Romero, "Estrés oxidativo, función pulmonar y exposición a contaminantes atmosféricos en escolares mexicanos con y sin asma", *Salud Pública de México*, vol. 59, no. 6, pp. 630-638, 2017.
- [44] C. Ruiz, "Nivel de contaminación atmosférica por pm10 y sus efectos en la salud de la población del distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali", tesis de maestría, Universidad Nacional de Ucayali, 2015.
- [45] B. Sandoval, T. Reyes, y M. Oyarzún, "Mecanismos de los efectos nocivos para la salud de la contaminación atmosférica proveniente de incendios forestales", *Revista Chilena de enfermedades respiratorias*, vol. 35, no. 1, 2017.
- [46] R. Sarizadeh, M. Dastoorpoor, G. Goudarzi, M. Simbar, "The association between air pollution and low birth weight and preterm labor in Ahvaz, Iran" *International Journal of Women's Health*, vol. 12, pp. 313-325, 2020.
- [47] N. Soldevila, E. Vinyoles, J. Agudo, y L. Camps, "Contaminación atmosférica, riesgo cardiovascular e hipertensión arterial", *Hipertensión y Riesgo Vascular*, vol. 35, no. 4, pp. 177-184, 2018.
- [48] Z. Soleimani, A. Darvichi, R. Khalife, D. Griffin y A. Mesdaghinia, "Short-term effects of ambient air pollution and cardiovascular events in Shiraz, Iran, 2009 to 2015", *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 26, no. 7, pp. 6359-6367, 2019.
- [49] M. Szyzkowicz, "Urban ambient air pollution and substance use disorder", *Air Qual Atmos Health*, vol. 15, pp. 1111-1120, 2022.
- [50] R. Thilakaranet, B. Malij, y R. Basu, "Exámen de la relación entre el monóxido de carbono ambiental, el dióxido de nitrógeno y las visitas al departamento de emergencias relacionadas con la salud mental en California, EE. UU", *Ciencia del Medio Ambiente Total*, vol. 746, 2020.
- [51] C. Ubilla, y K. Yohannessen, "Contaminación atmosférica, efectos en la salud respiratoria del niño", *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 28, no. 1, pp. 111-118, 2017.
- [52] A. Vargas, V. Reyna, y F. Rodríguez, "Intoxicación ocupacional por monóxido de carbono: trastornos otoneurológicos y cardiovasculares". *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, vol. 52, no. 1, pp. 44-49, 2014.
- [53] W. Zhou, X. Ming, Y. Yang, Y. Hu, Z. He, H. Chen, Y. Li, X. Zhou, P. Yin "Association between Maternal Exposure to Ambient Air Pollution and the Risk of Preterm Birth: A Birth Cohort Study in Chongqing, China, 2015-2020". *International Journal of Environmental Research Public and Health*, vol. 19, no. 4, 2022
- [54] S. Yang, Y. Tan, H. Mei, F. Wang, N. Li, J. Zhao, Y. Zhang, Z. Qian, J. Chang, K. Syberg, A. Peng, H. Mei, D. Zhang, Y. Zhang, S. Xu, Y. Li, T. Zheng, B. Zhang "Ambient air pollution the risk of stillbirth: A prospective birth cohort study in Wuhan, China". *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 221, no 3, pp. 502-509, 2018.
- [55] J. Yang, M. Zhang, Y. Chen, L. Ma, R. Yadikaer, Y. Lu, P. Lou, Y. Pu, R. Xiang, B. Rui, "A study on the relationship between air pollution and pulmonary tuberculosis based on the general additive model in Wulumuqi, China", *International Journal of Infectious Diseases*, vol. 96, pp. 42-47, Julio 2020.
- [56] C. Yin-Ting, L. Chia-Lin, C. Chi-Jen, C. Mei-Huei, C. Chien-Yi, T. Po-Nien, C. Hung-Chieh, C. Pau-Chung, "Air Pollution Is Associated with Cognitive Deterioration of Alzheimer's Disease", *Chemosphere*, vol. 271, Mayo 2021.
- [57] I. Zabert, S. Benitez y G. Zabert, "Prevalencia de síntomas de asma en niños expuestos a cenizas volcánicas", *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, vol. 15 no. 4, 2015.
- [58] Y. Zhiming, S. Qianhao, L. Jing y Z. Yunqan, "Air pollution as a cause of obesity: Micro-level evidence from Chinese cities", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no.21, 2019.