



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Efectos de la contaminación atmosférica en la salud infantil

Alumno: Irene Moya García

Julio, 2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Efectos de la contaminación atmosférica en la salud infantil

Alumno: Irene Moya García



Julio, 2020

Abreviaturas en el texto:

PM₁₀ Partículas de diámetro aerodinámico de 10 µm

PM_{2.5} Partículas de diámetro aerodinámico de 2.5 µm

PM Material particulado, incluye PM_{2.5} y PM₁₀

O₃ Ozono

NO₂ Dióxido de nitrógeno

SO₂ Dióxido de azufre

CO Monóxido de carbono

CO₂ Dióxido de carbono

BC Carbono negro

COV Compuestos orgánicos volátiles

LMICs países de ingreso bajo y mediano

HICs países de ingreso alto

COP23 la 23ª conferencia de la ONU sobre Cambio Climático

ECODES Observatorio DKV de Salud y Medio Ambiente del Instituto DKV de la Vida Saludable, en colaboración con la Fundación Ecología y Desarrollo

PNCCA Programa Nacional Español, de Control de la Contaminación Atmosférica

EPOC Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

IRVB Infecciones respiratorias agudas de vías bajas

FAP Fracción Atribuible Poblacional

HAP Household Air Pollution. Contaminación atmosférica doméstica

AEMA Agencia Europea del Medio Ambiente

EPA Agencia de Protección Ambiental de EE.UU

OMS Organización Mundial de la Salud

OR Odds Ratio

IC95% Intervalo de confianza del 95%

RR Riesgo Relativo

NOS Escala de Newcastle-Ottawa

AMICS Estudio Multicéntrico de Cohortes de Asma en niños

Cuestionario ATS DLD 78C Cuestionario del Proyecto de Normalización Epidemiológica de la American Thoracic Society

NDHS Encuestas de Salud Demográfica de Nepal

ÍNDICE

2. INTRODUCCIÓN.....	7
2.1 Principales tipos de contaminantes atmosféricos (interiores y exteriores) y sus efectos sobre la salud	8
2.2 Vulnerabilidad infantil ante la contaminación atmosférica	11
2.3 Principales enfermedades respiratorias infantiles derivadas de la exposición al aire contaminado	14
2.4 Estrategias para mejorar la calidad del aire	17
3. OBJETIVO	21
4. METODOLOGÍA.....	21
4.1 Criterios de inclusión	21
4.2 Criterios de exclusión	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6. CONCLUSIONES.....	32
7. BIBLIOGRAFÍA.....	34
8. TABLAS Y FIGURAS.....	40

1. RESUMEN

La contaminación en el aire se define como: “La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestias graves, riesgo o daño para la seguridad y la salud de las personas, medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”. Hasta un 92% de la población del planeta respira aire contaminado en niveles peligrosos para su salud.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), 570 000 niños menores de 5 años, mueren al año a causa de enfermedades respiratorias relacionadas con la contaminación del aire, lo cual, constituye un problema fundamental para la salud pública.

La finalidad de este trabajo ha sido analizar, a partir de un estudio de revisión bibliográfica, el efecto sobre la salud que produce la contaminación ambiental en el aire (emisión a la atmósfera de gases nocivos) en diferentes poblaciones infantiles, así como conocer las estrategias de control, llevadas a cabo actualmente, encaminadas a la reducción del nivel de contaminación ambiental como estrategia de salud. Para ello, se llevó a cabo la búsqueda de artículos científicos en la base de datos: Pubmed, con diferentes criterios de selección bibliográfica, con los siguientes descriptores: “Atmospheric Pollution and Health”, “Household pollution and children health”, “Contaminación Atmosférica y Salud”, “Traffic pollution and children health”, “Household pollution and Children's health”, “Household and pneumonia”, “Pollution atmospheric and lung diseases”, “Effects pollution in children”.

Teniendo en cuenta estos criterios, se incluyeron siete artículos publicados desde 2015 hasta la actualidad. Las conclusiones obtenidas tras el análisis han sido que una contaminación ambiental por encima de los valores estándares perjudica la salud de las poblaciones mundiales y de manera más acusada afecta a la población infantil constatado a través de la aparición de alteraciones en su sistema respiratorio agravado en el caso de padecer o haber padecido patologías previas relacionadas.

PALABRAS CLAVE: “Contaminación atmosférica”, “Salud infantil”, “Calidad del aire”, “Estrategias saludables”.

ABSTRACT

Air pollution is defined as: "The presence in matter, substances or forms of energy involving pits, risk or for the safety and health of people, environment and other goods of any atmosphere". Up to 92% of the planet's population breathes polluted air at levels that are hazardous to their health.

According to the World Health Organization (WHO), 570,000 children under the age of 5, die each year from respiratory diseases related to air pollution, which is a key public health problem.

The purpose of this work has been to analyze, from a bibliographic review study, the effect on health produced by environmental pollution in the air (emission into the atmosphere of harmful gases) in different children's populations, as well as to know the control strategies, currently carried out, aimed at reducing the level of environmental pollution as a health strategy. To do this, the search for scientific articles was carried out in the database: Pubmed, with different criteria of bibliographic selection, with the following descriptors: "Atmospheric Pollution and Health", "Household pollution and children health", "Contaminación Atmosférica y Salud", "Traffic pollution and children health", "Household pollution and Children's health", "Household and pneumonia", "Pollution atmospheric and lung diseases", "Effects pollution in children".

Taking these criteria into account, seven articles published from 2015 to the present day were included. The conclusions obtained after the analysis have been that environmental pollution above the standard values harms the health of the world populations and more pronounced affects the child population found through the appearance of alterations in their aggravated respiratory system in the event of suffering or having suffered related prior pathologies.

KEY WORDS: "Air Pollution", "Child Health", "Air Quality", "Healthy Strategies".

2. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica recogida en la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera del Boletín Oficial del Estado núm.275 (1), se define como “La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestias graves, riesgo o daño para la seguridad y la salud de las personas, medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”.

Las principales fuentes de contaminación según Organización mundial de la salud (OMS), entre otras, son las causadas por la actividad humana, como el transporte, la quema de combustible en los hogares, la quema de desechos, las centrales eléctricas y las actividades industriales (2). Como consecuencia de estas actividades, la contaminación del aire, ya sea interior como exterior, arroja la escalofriante cifra de alrededor de siete millones de fallecimientos de personas al año (3). En este sentido, según indica la Dra. Bustreo (4) es fundamental, que para que las personas estén sanas, durante toda su vida, deben respirar aire limpio desde la primera inhalación hasta la última. Así, es un hecho ampliamente constatado que la alteración del aire, debida a la contaminación, daña la salud en las poblaciones más vulnerables que, como ilustra la Figura 1, son los niños, las mujeres embarazadas, las personas de edad avanzada y/ o aquellas que sufren patologías cardiorrespiratorias (5). Se sabe, que a nivel mundial el 93% de los menores de 18 años viven en ambientes con niveles de contaminación atmosférica superiores a los establecidos por la OMS (6). Cada año, según este organismo, se producen unas 570.000 muertes de niños menores de 5 años, a causa de enfermedades respiratorias relacionadas con la contaminación del aire, lo cual, constituye un problema fundamental para la salud pública que debe ser analizado con detenimiento dada la vulnerabilidad de este grupo (5).

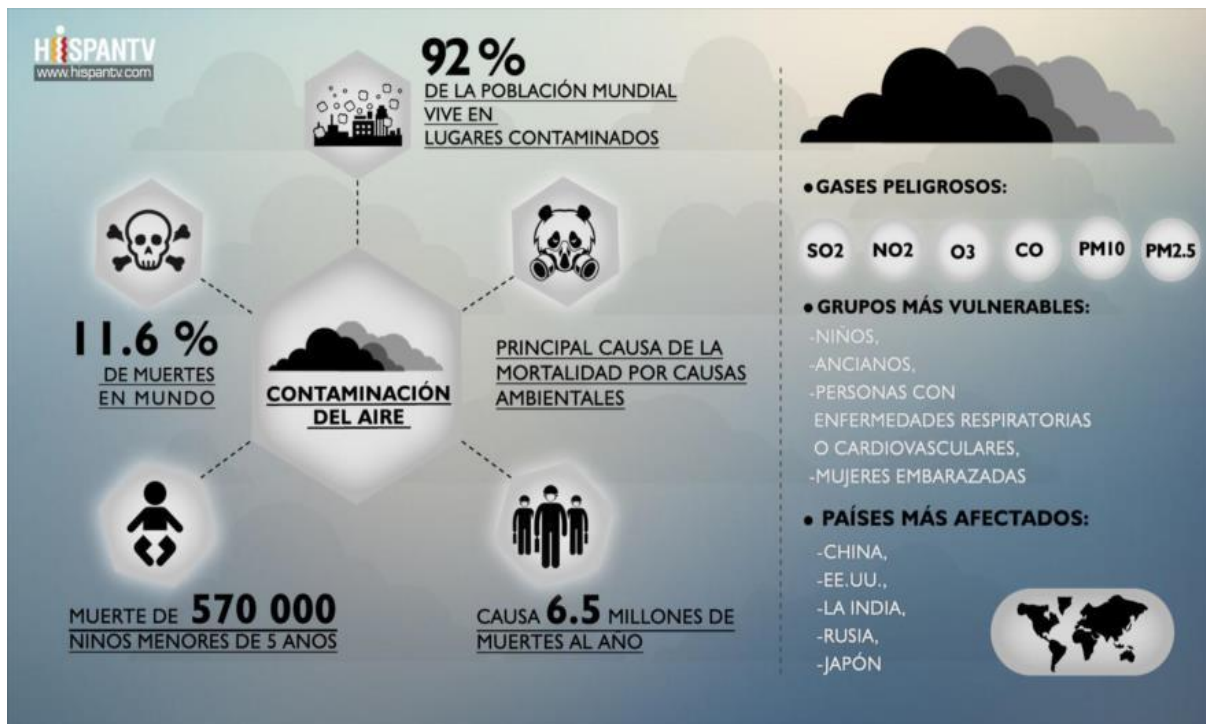


Figura 1. Datos mundiales de interés sobre contaminación ambiental (imagen tomada de <https://www.hispanTV.com/noticias/salud/367747/contaminacion-aire-mortalidad-cifras-oms>) (5).

2.1 Principales tipos de contaminantes atmosféricos (interiores y exteriores) y sus efectos sobre la salud

Los principales componentes de la contaminación del aire en los países desarrollados y su procedencia son (Fig. 1):

- Dióxido de nitrógeno -NO₂- (de la combustión de combustibles fósiles).
- Ozono-O₃-(del efecto de la luz solar sobre el dióxido de nitrógeno y los hidrocarburos).
- Partículas sólidas o líquidas suspendidas-PM-(natural o artificial como emitidas por el tráfico, o bien de combustiones industriales, o domésticas).
- Carbono negro, componente de las partículas-BC-(de procesos de combustión incompleta).
- Dióxido de azufre- SO₂-(de la combustión de combustibles fósiles).
- Monóxido de carbono- CO-(de la combustión de carburantes fósiles y de biocombustible).

La contaminación del aire en interiores, en estos mismos países, es una fuente adicional de contaminación, producida, por la quema de combustible de biomasa (madera, desechos animales, cultivos, cocinado y calefacciones) (7).

La OMS (8) presenta una orientación general sobre algunos tipos y niveles de referencia de los contaminantes atmosféricos en el aire, los cuales quedan recogidos en la Tabla 1.

Contaminante	Periodo	Valor medio límite en el periodo($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	1 día	50
	1 año	20
PM _{2.5}	1 día	25
	1 año	10
O ₃	8 horas	100
NO ₂	1 hora	200
	1 año	40
SO ₂	10 minutos	500
	1 año	50

Tabla 1. Valores de referencia de contaminantes atmosféricos en el aire según datos de la OMS (8).

Dentro de los elementos contaminantes señalados en la Tabla 1 especificar, que el material particulado (PM) se clasifica en función del tamaño en partículas de diámetro aerodinámico de 10 μm (PM₁₀) y partículas de diámetro aerodinámico de 2.5 μm (PM_{2.5}). La mayoría de las PM₁₀ tienen un origen natural, procedente de procesos mecánicos en minerales, de aerosol marino o de partículas biológicas que son emitidas por del tráfico o por los procesos industriales. Por otro lado, las partículas de tipo PM_{2.5} son emitidas por los vehículos diésel (8). Además de las emisiones de partículas en ambientes urbanos, cualquier proceso de combustión en las viviendas es fuente de contaminación por PM (9).

Otros contaminantes como el NO₂ y SO₂ son generados, por ejemplo, a partir de los procesos de combustión de la calefacción doméstica, la generación de electricidad y de la combustión de los vehículos a motor (8). Por último señalar que los contaminantes procedentes de emisiones de vehículos como son los NO_x y los

compuestos orgánicos volátiles (COV), que reaccionan con la luz solar formando O_3 , mediante una reacción fotoquímica (8).

El CO es un gas sin color ni olor emitido (Fig.1) por procesos de combustión de carburantes fósiles y de biocombustible en las cocinas, en sistemas de calefacción o bien, es emitido también por los automóviles (10).

Otro elemento contaminante es el carbono negro (BC). Un gramo de este gas provoca un impacto climático entre 460-1500 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2). La formación de BC, junto con CO_2 , CO, COV y carbono orgánico, ocurre mediante un proceso de combustión incompleta. Este tipo de combustión, es más común que tenga lugar en las cocinas y las calefacciones domésticas, representando el 58% de las emisiones globales de BC. El BC es un componente de las $PM_{2.5}$, que puede tener importantes impactos directos e indirectos en el clima, las regiones glaciares, la agricultura y la salud humana durante su presencia en la atmósfera (11).

Todos estos compuestos, producen alteraciones importantes para la salud, (Fig. 2) que van más allá de propiciar o empeorar enfermedades respiratorias como el asma, la EPOC (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica), alergias o infecciones respiratorias de las vías bajas. Según la OMS, también pueden ser causantes de hasta 101 enfermedades no respiratorias distintas (13). Entre ellas, y debido a la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre y consecuentemente al detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, podemos citar: las patologías cardiovasculares, enfermedades neurológicas, trastornos neuropsicológicos, determinados tipos de cáncer, anomalías sexuales, fallos de reproducción o incluso alteraciones en el peso de bebés tras el parto (13).

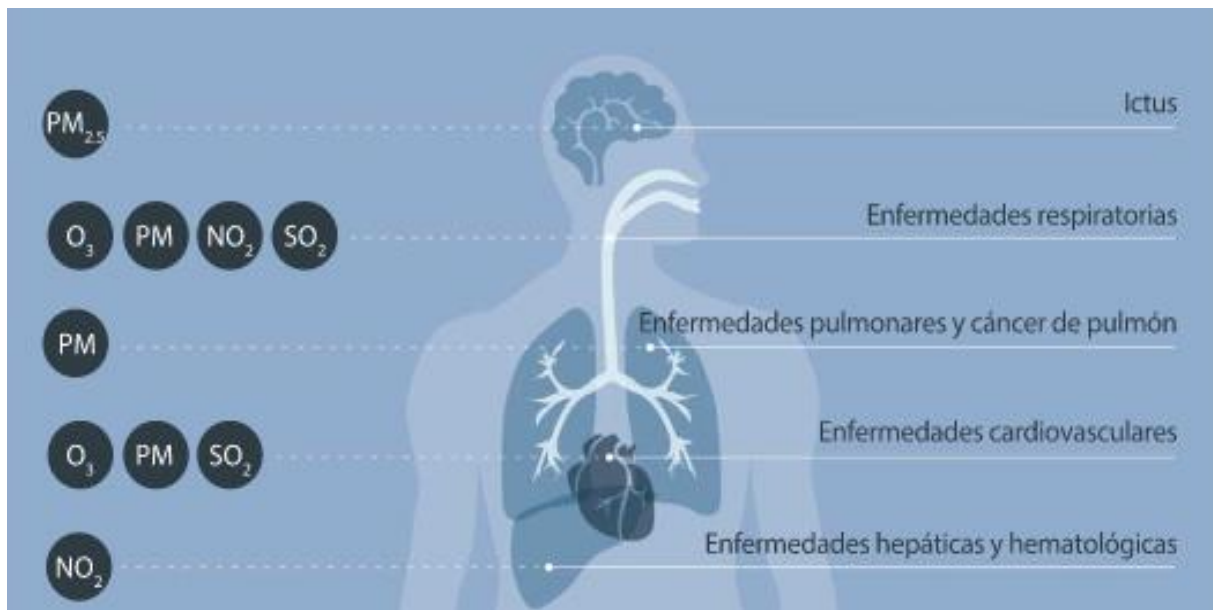


Figura 2: Principales efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en función de diferentes contaminantes (imagen tomada de <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/es/> (12).

2.2 Vulnerabilidad infantil ante la contaminación atmosférica

Como se ha señalado anteriormente, la alteración del aire debida a la contaminación, puede dañar la salud de la población en general y de manera más acusada en poblaciones sensibles como son los niños, las mujeres embarazadas, las personas de edad avanzada y/o en aquellos individuos que sufren patologías previas asociadas (5). Los niveles altos de contaminación del aire pueden afectar de forma negativa a la función pulmonar y desencadenar exacerbaciones de asma y EPOC, además de aumentar el riesgo de cáncer de pulmón, entre otras afectaciones. La contaminación del aire, también aumenta el riesgo de eventos cardiovasculares agudos (p. ej., infarto de miocardio) y el desarrollo de enfermedad coronaria. Las personas que viven en áreas con gran cantidad de tránsito vehicular, sobre todo cuando se crea una micro-atmósfera con aire estancado por inversiones térmicas (Fig.3), corren un riesgo particular (15).



Figura 3: Inversión térmica en la ciudad de Los Ángeles-EEUU (imagen tomada de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/nuevo-metodo-para-limpiar-atmosfera_14871) (14).

Es importante señalar, que el 93 % de la población infantil a nivel mundial, vive en entornos ambientales de riesgo cuyos niveles de contaminación atmosférica, se encuentra por encima de los rangos saludables trazados por la OMS (6). Este dato inquietante, debe ser considerado como un elemento vital a tener en cuenta, ya que una salud infantil óptima, desde los primeros años de vida de los individuos, es fundamental para mantener una calidad de vida óptima a largo plazo (7).

La justificación de la mayor vulnerabilidad de la salud de los niños frente a los adultos bajo exposición a la contaminación ambiental, podría deberse a las diferentes características dependientes de la edad como, el propio desarrollo anatómico, las capacidades fisiológicas y la actividad física diferencial que aparece de manera selectiva en estas poblaciones (7). En edades infantiles, los pulmones y el resto de órganos, se encuentran en pleno proceso de desarrollo, y por lo tanto, la vulnerabilidad a la inflamación y a los daños producidos por la contaminación se hace más acusada. De hecho, un niño puede verse expuesto a su primera contaminación ambiental en el mismo útero materno, si la madre se encuentra en un ambiente contaminado lo que llevaría consecuencias graves a futuro. Además, el

ritmo respiratorio es mucho mayor en niños que en los adultos aumentando el riesgo respiratorio en cada inspiración (7).

Otro aspecto que implica el mayor riesgo de los niños ante la contaminación del aire, es que este grupo poblacional pasa bastante tiempo al aire libre, lo que aumentaría también el riesgo derivado al frecuentar posibles entornos contaminados. En los recién nacidos, por el contrario, aumenta su debilidad ante la contaminación en los ambientes domésticos en donde la simple acción del uso inadecuado de la cocción de alimentos puede ser una potencial fuente de contaminación (7).

Por último, y como se muestra en la Figura 4 en 2016, el 98% de los niños menores de 5 años, procedentes de países de ingresos económicos bajo/medio (LMICS) estaban expuestos a concentraciones de $PM_{2.5}$ superiores a las permitidas (OMS) y solo el 52% de la población infantil se verían afectados, por este mismo parámetro, en los países de niveles económicos más elevados (HICS), deduciéndose que el factor socioeconómico también podría ser un elemento determinante a tener en cuenta en dicha evaluación (7).

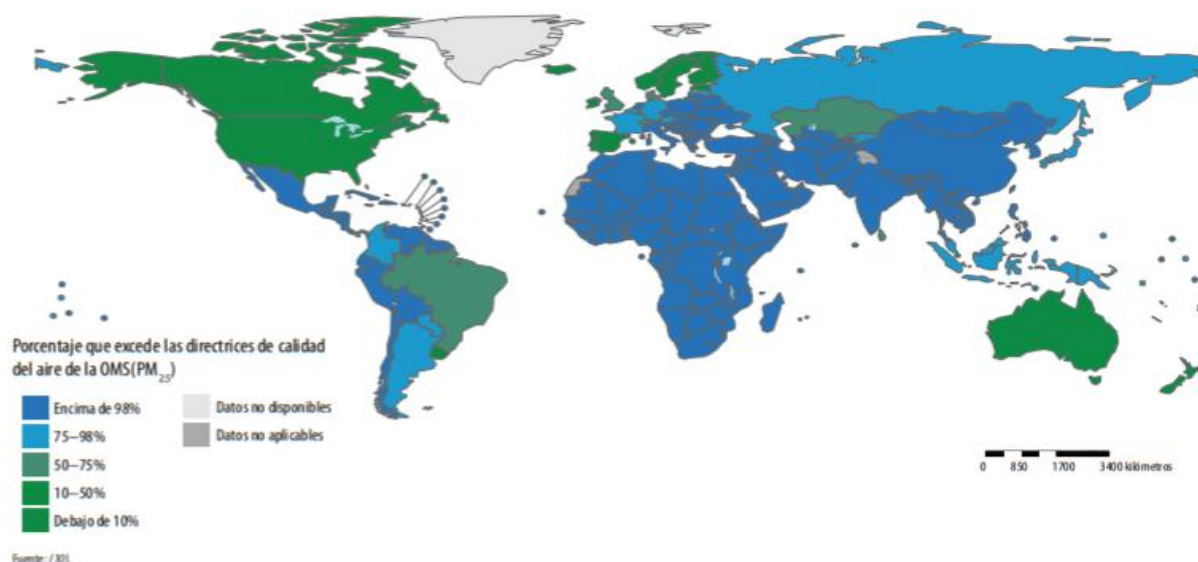


Figura 4: Porcentajes de niños menores de 5 años que viven en áreas que exceden las directrices de calidad de la OMS de las $PM_{2.5}$, por países en 2016 (imagen tomada de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275548/WHO-CED-PHE-18.01-spa.pdf?ua=1>) (7).

2.3 Principales enfermedades respiratorias infantiles derivadas de la exposición al aire contaminado

El sistema respiratorio, como se ha señalado anteriormente, está continuamente expuesto a la contaminación ambiental y es susceptible a los desafíos producidos por esta situación. Además, la inhalación de polvos, alérgenos, productos químicos, gases o contaminantes son factores desencadenantes de patologías respiratorias, entre ellas, el asma. (16). Sin embargo, según un informe del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, publicado en 2012 (17), existe poca evidencia para demostrar una relación causal entre presentar asma y la contaminación del aire, por otro lado, este mismo informe aclara, que sí existen pruebas más consistentes respecto a su relación con el aumento en la frecuencia de urgencias y hospitalizaciones por asma, es decir, con el empeoramiento del asma.

La exposición a contaminantes como PM, derivados de hidrocarburos, COV, humo de tabaco, compuestos clorados, nitratos y metales, entre otros, son causas suficientes en la relación entre la contaminación atmosférica y un aumento en la prevalencia e incidencia de síntomas respiratorios, como tos y bronquitis en niños (17). Dentro de este grupo de patologías, y que afectan a la población infantil como consecuencia de dicha exposición, se incluyen asma, neumonía, bronquitis aguda y bronquiolitis que afectan a las vías respiratorias altas, bajas y/o a los pulmones (18).

A continuación, se describirá brevemente cada una de estas enfermedades respiratorias haciendo especial mención a la sintomatología presentada para que de esta forma se ponga en valor la importancia del control en la emisión de las partículas contaminantes en el aire y sus efectos dañinos en la salud infantil (18).

El **asma** es una enfermedad crónica que puede comenzar en cualquier momento de la vida, aunque es más probable su aparición en edades tempranas (Fig. 5). Los síntomas más comunes de esta enfermedad incluyen: tos, sibilancia, dificultades respiratorias y opresión pectoral (18).



Figura 5: Un niño con asma siendo atendido como consecuencia de la exposición a niveles altos de contaminación atmosférica (imagen tomada de <https://www.elperiodico.com/es/sanidad/20200206/casi-la-mitad-de-los-casos-de-asma-infantil-en-barcelona-son-por-la-polucion-7838072>) (19).

La **neumonía** es una infección del pulmón o de los alvéolos pulmonares (Fig.6). Es una patología común de extensión mundial, aunque con mayor prevalencia en África subsahariana y Asia meridional (21). Según estimaciones de la OMS, fue la causa de la muerte de aproximadamente novecientos mil niños menores de 5 años en 2015, lo que supuso el 15% de del total de mortalidad en esta edad (21). Dentro de la sintomatología, se puede presentar fiebre y se asocia con una dificultad para respirar, ritmo de respiración rápida, depresión o retracción de la parte inferior del tórax durante la inspiración (21).

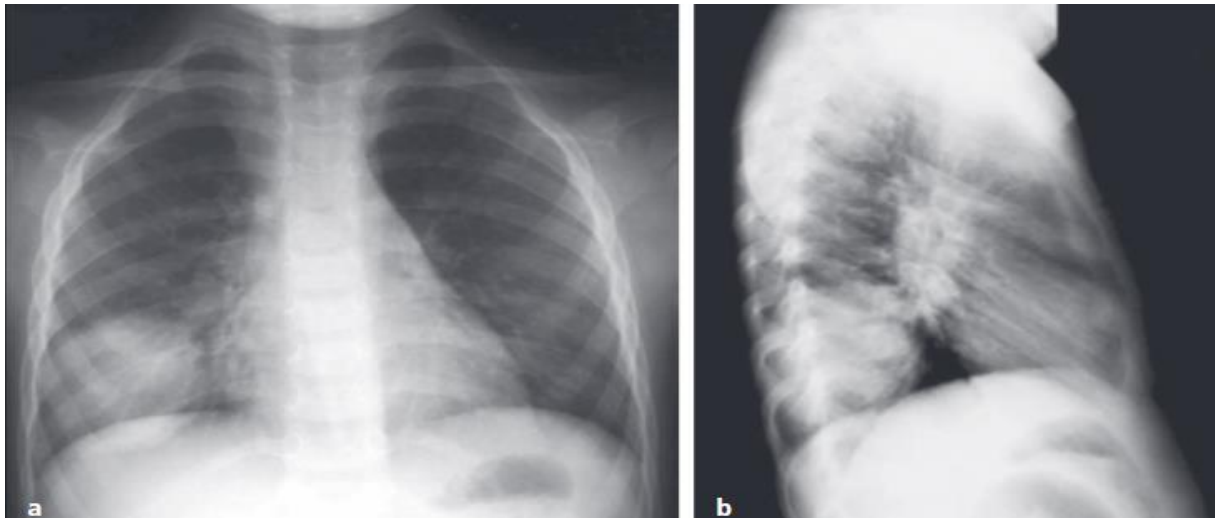


Figura 6: Neumonía en niño de 5 años, radiografía frontal (a) y radiografía lateral (b). Imagen tomada de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0716864013701263?token=2080F455D630AB68D89ECFF6F52C31614565A779298A9AB6378BE8A0F8E5630B6D8CC182E5F88DC537508C5E79EF14C9> (20).

Por último, la **bronquiolitis o inflamación de los bronquiolos** (Fig. 7). Afecta a bebés y niños menores de 2 años fundamentalmente, y es la causa más común de hospitalización en niños menores de un año. En la mayor parte de los casos los síntomas son similares a los de un resfriado común (18).

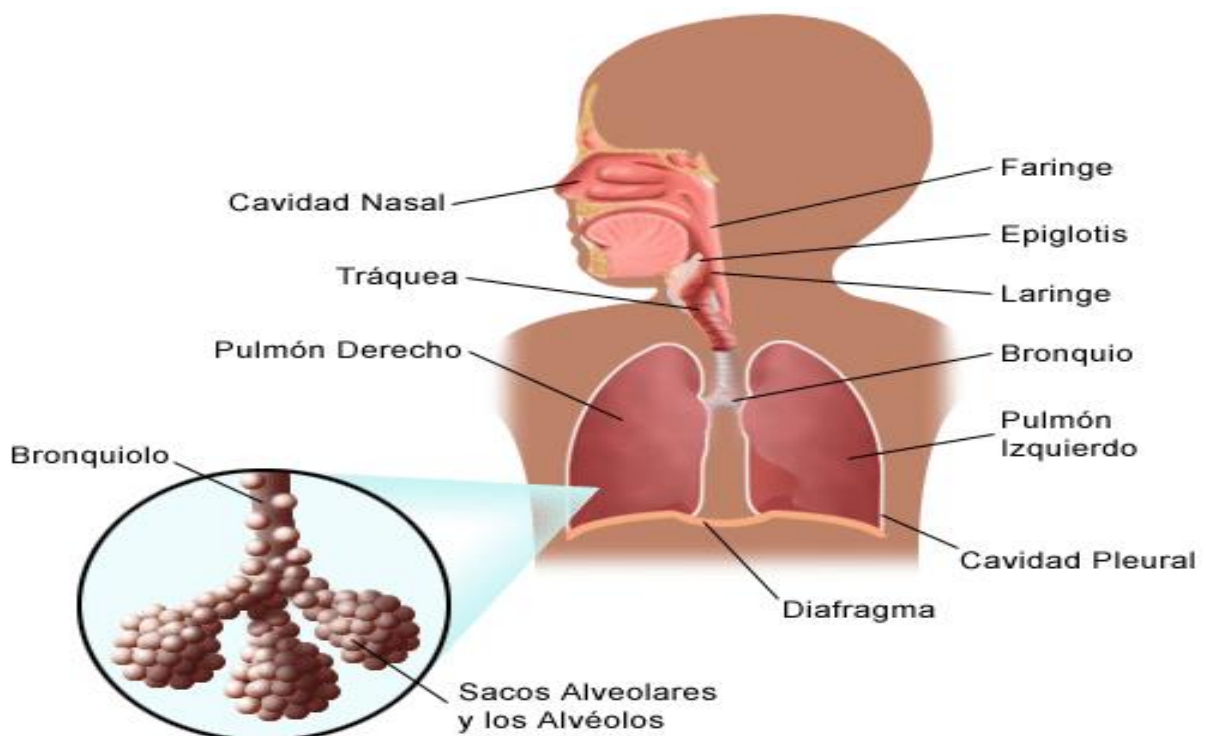


Figura 7: Bronquiolitis infantil (imagen tomada de <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=acutebronchitisinchildren-90-P06023> (22)).

2.4 Estrategias para mejorar la calidad del aire

Los datos y consideraciones expuestas a lo largo de esta introducción han puesto de manifiesto, de manera clara, que la elevada exposición a la contaminación atmosférica produce alteraciones en la salud de la población mundial (fundamentalmente en la población infantil), con lo cual es importante poner en marcha actuaciones y estrategias de control para reducir los niveles de contaminación atmosférica (23).

Durante la *Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático de 2017 (COP23)*, se lanzó el informe “Hacia un planeta libre de contaminación”, en el que se aunaron esfuerzos para reducir la contaminación mundial mediante la elaboración de una serie de medidas para dar solución a este problema de salud (24).

Del total de las medidas adoptadas, 12 de ellas estaban dirigidas específicamente al control de la contaminación del aire (doméstico y de exterior), las cuales se señalan a continuación:

1. Formular políticas y estrategias de la calidad del aire a nivel subnacional, nacional y regional para cumplir las directrices sobre la calidad del aire de la OMS.
2. Invertir en las redes de vigilancia de la calidad del aire, los sistemas de evaluación, la capacidad institucional y la divulgación de información al público en general para corregir las deficiencias en materia de capacidad, datos, información y concienciación.
3. Reducir las emisiones procedentes de fuentes industriales y manufactureras de importancia.
4. Establecer y aplicar normas avanzadas sobre emisiones de los vehículos.
5. Idear vehículos híbridos y eléctricos e implantar su uso.
6. Facilitar el acceso al transporte público y a la infraestructura de transporte no motorizado en las ciudades.

7. Aumentar las inversiones en energía renovable y eficiencia energética.
8. Mejorar el acceso a combustibles de cocina no contaminantes y a tecnologías ecológicas para la calefacción residencial.
9. Proteger y restaurar los ecosistemas para evitar la erosión, los incendios y las tormentas de polvo.
10. Reducir las emisiones de metano y amonio procedentes de la agricultura.
11. Designar y ampliar espacios verdes en las zonas urbanas.
12. Mejorar las actividades gubernamentales y empresariales en relación con el cambio climático para luchar mejor contra la contaminación local y regional (24; 25).

La última cumbre sobre la Acción Climática ONU 2019, propone una transición energética de combustibles fósiles hacia las energías renovables debido a que las nuevas tecnologías y las soluciones ofrecidas por la ingeniería ya producen energía a un coste menor que la economía basada en combustibles fósiles. Además, promueve el cambio de a la energía renovable, los vehículos eléctricos y en las prácticas de agricultura. Añade que es importante la acción local y en ciudades con un foco de especial atención en nuevos compromisos sobre edificios de bajas emisiones, y transporte público, de modo que se avance en aquellas poblaciones más afectadas, personas pobres y vulnerables, con compromisos como el de reducir la contaminación del aire (26).

Por otro lado, se propone acelerar el cierre de las centrales de carbón, así como también fijar un precio del carbono significativo con su auténtico coste de emisiones, desde los riesgos climáticos hasta los peligros para la salud que provoca la contaminación del aire (26).

Por otro lado, el Director Ejecutivo de la AEMA, Hans Bruyninckx, tras el informe emitido en 2016 ("[Air quality in Europe-2016 report](#)") por esta agencia, exigió una transformación fundamental e innovadora por parte de las autoridades públicas, las empresas, los ciudadanos y la comunidad investigadora para adaptar los sistemas de movilidad, energía y alimentación para minimizar, en la medida de lo posible, los efectos perjudiciales de la contaminación en la salud y el medio ambiente. Los datos

del informe, también destacan, que la calidad del aire ha mejorado en los últimos años, debido a la puesta en marcha de diferentes protocolos de control. No obstante, el análisis de los datos recogidos, muestran que las emisiones de PM2.5 procedentes de la combustión de carbón y biomasa en los hogares y edificios comerciales e institucionales no han disminuido, en grado significativo con respecto a las indicaciones de la OMS y por tanto, se insiste en la toma de medidas como la buena instalación y uso de los aparatos de combustión en el hogar para reducir los daños derivados (27).

En España, la contaminación atmosférica causó noventa y tres mil muertes prematuras posiblemente atribuidas a la elevada emisión de contaminantes en el aire durante 2000-2009, según el informe *“El aire que respiras: la contaminación atmosférica en las ciudades”*, elaborado por el Observatorio DKV de Salud y Medio Ambiente del Instituto DKV de la Vida Saludable, en colaboración con la Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES). En dicho informe, se intentó crear conciencia en la población sobre la gravedad de la contaminación en la salud pública y en la calidad de vida de la población incluyendo algunas iniciativas para mejorar la calidad del aire, principalmente en las localidades con mayor contaminación debido al tráfico monitorizado (28). La siguiente Figura 8 muestra los datos de mortalidad a escala provincial en el país y los registros de contaminación captados en las capitales de provincia (28).

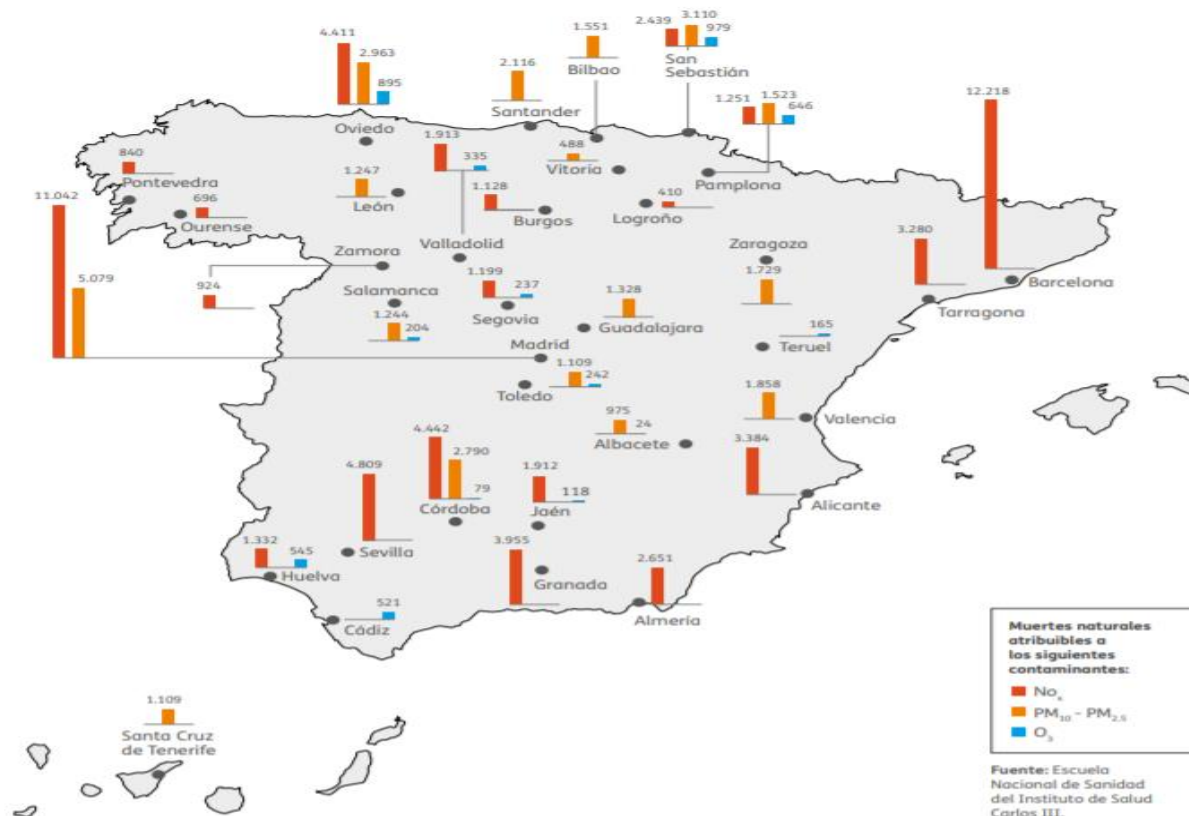


Figura 8: Datos de mortalidad a escala provincial en el país y los registros de contaminación (por O₃, PM₁₀, y PM_{2.5}) en la última década (Imagen tomada de <https://ecodes.org/docs/observatorio-ciudades.pdf>) (28).

El Programa Nacional Español, *de Control de la Contaminación Atmosférica* (PNCCA) contenido en el *Ministerio de Transición Ecológica*, aprobado el 27 de septiembre de 2019, tiene la finalidad de cumplir con los compromisos de reducción de emisiones establecidos para España. Además define nuevos objetivos y acciones estratégicas para 2020, prestando especial atención en poner solución en las áreas que exponen a la población a niveles más elevados de contaminación mediante políticas energéticas y climáticas definidas en 2019 en el *Borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima* (29).

Aquellas poblaciones infantiles más afectadas por la contaminación atmosférica sufren alteraciones respiratorias a corto plazo, aumentando las visitas a los centros Hospitalarios que con el tiempo puede alterar la función pulmonar. Por ello, indica el DR. Carlos Ubilla (2016), la importancia de que el equipo de salud este capacitado para reconocer los problemas de salud asociados a la contaminación del aire y

aconsejar a las familias y reducir las exposiciones a los contaminantes desde la niñez (30).

3. OBJETIVO

Así, y a la vista de los antecedentes planteados en la introducción la finalidad de este trabajo ha sido analizar (mediante revisión bibliográfica) cómo influye la contaminación del aire (interior y exterior) en la salud de la población infantil, así como conocer las estrategias llevadas a cabo para reducir dicha contaminación y por ende mejorar la salud de los individuos.

4. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo la búsqueda de artículos científicos en la base de datos Pubmed utilizando los iniciales criterios de selección (Tabla 3): “Atmospheric Pollution and Health”, “Household pollution and children health”, “Contaminación Atmosférica y Salud”, “Traffic pollution and children health”, “Household pollution and Children's health”, “Household and pneumonia”, “Pollution atmospheric and lung diseases”, “Effects pollution in children”.

Para un análisis más completo, se hizo una selección de artículos (Fig. 9) de acuerdo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

4.1 Criterios de inclusión

- Tipo de estudio: revisiones, ensayos clínicos, y revisiones sistemáticas.
- Tipo de intervención: ensayos en los que se estudió los efectos sobre la salud pública en poblaciones infantiles (de diferentes edades, incluyendo la existencia de patologías previas, sintomatología y enfermedades del sistema respiratorio derivadas frente a la exposición) a causa de la contaminación atmosférica (procedencia, tipo y concentración de contaminantes atmosféricos en el exterior y /o el interior de hogares).

- Sujetos: Niños de diferentes grupos de edad, desde la etapa prenatal hasta la adolescencia (<17 años).
- Artículos publicados desde 2015 hasta la actualidad.
- Artículos con acceso libre a texto completo.
- Artículos publicados en español o en inglés.
- Las estimaciones del efecto debían presentarse como Odds Ratio (OR) o Riesgo Relativo, o cambio porcentual, todas al IC95%.

4.2 Criterios de exclusión

- Publicaciones que no evalúen las variables destacadas en los criterios de inclusión.
- Artículos que no especifiquen la exposición previa al desarrollo de patologías.
- Artículos que no describan con suficiente claridad la intervención del ensayo.
- Artículos con datos insuficientes en los resultados del análisis.
- Evaluación de la contaminación del aire que no esté representada por alguno de los contaminantes seleccionados para el estudio (NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} y SO₂, CO, BC).

Así, de un total de 360 artículos encontrados, se incluyeron siete, de entre los cuales 4 eran ensayos clínicos aleatorizados y 3 fueron artículos de revisión sistemática (Tabla 4).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Trabajo presentado ha consistido, en realizar una revisión bibliográfica (7 artículos seleccionados de la base de datos Pubmed) para evaluar y comparar las evidencias disponibles desde 2015 hasta la actualidad acerca de la asociación de los contaminantes atmosféricos y su relación con patologías diagnosticadas en la población infantil que han sufrido una exposición temprana a estos elementos en diferentes ambientes con y sin patologías previas. La población que participa en los artículos seleccionados, incluye niños en periodo prenatal, posnatal y en algún caso grupos de adolescentes (hasta 18 años).

Para una mayor coherencia en la evaluación de los artículos seleccionados se han clasificado en distintos bloques temáticos que son los que se muestran a continuación.

Eventos respiratorios en niños asociados a la contaminación exterior del aire

El objetivo de todos los artículos seleccionados para este apartado, tras la búsqueda, ha sido el de describir cómo afecta en la población infantil la contaminación atmosférica del aire en una exposición exterior y cuáles son las patologías respiratorias desarrolladas.

Gutiérrez Oyarce, A. y colaboradores en 2018 (31) realizaron un estudio de cohorte enmarcado dentro del proyecto *INMA- Infancia y Medio Ambiente de Valencia*, en el cual, se hacía un seguimiento durante dos años (de 2003 a 2005) a un total de 624 niños desde la etapa prenatal hasta los 2 años de edad, para observar si presentaban síntomas respiratorios por exposición al NO₂ en el exterior de sus viviendas.

Se determinaron los niveles de exposición de NO₂ mediante captadores pasivos en 93 puntos distribuidos por diferentes áreas de estudio. Para el ajuste temporal a los periodos concretos y el espacial se utilizaron métodos geoestadísticos y los datos de las estaciones de la *Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica de la Comunidad de Valencia*. Los eventos respiratorios se obtuvieron mediante cuestionarios facilitados a los padres en dos momentos concretos del estudio, al año y a los dos años. Los cuestionarios fueron adaptados de la encuesta del *Estudio Multicéntrico de Cohortes de Asma en niños (AMICS)* del Hospital del Mar de Barcelona. Fueron consideradas, además de la edad, algunas variables como el sexo, la clase social, el tipo de combustión usado en hogares, su presencia en guarderías, tabaquismo en los padres y antecedentes familiares con alergias. Estas variables junto con los eventos respiratorios se analizaron estadísticamente con el programa *IBM SPSS Statistics 19*. La asociación de la exposición al NO₂, en los periodos concretos, y los eventos respiratorios se estimó con el valor de Odds Ratio al intervalo de confianza 95% (OR IC95%). Los síntomas de carácter respiratorio que presentaban y de interés obtenidos están incluidos en la Tabla 2. Concretamente, y en todas las edades estudiadas, la sintomatología presentada era

de tos persistente durante más de 3 semanas de duración, sibilancias e infecciones respiratorias de vías bajas (IRVB) como bronquiolitis, bronquitis o neumonía. Estos tres últimos eventos respiratorios, son las patologías más comunes infantiles como consecuencia de la contaminación ambiental según se describen en *European Lung Foundation*, 2013(18).

Eventos respiratorios	Incidencia acumulada (%)		
	0-1 años	1-2 años	0-2 años
Tos persistente	7,7	16,3	20,8
Sibilancias	25,3	34,9	45,2
Infecciones respiratorias de vías bajas	29,0	27,6	43,7

Tabla 2: Resultados del estudio de Gutiérrez Oyarce, A. y colaboradores, 2018. (31).

Además se pudo establecer una interacción significativa, en algunos de los individuos con tos persistente, entre la exposición de NO₂ y los antecedentes familiares de alergias, como se ha comentado anteriormente. Además, y asociada a este síntoma (tos persistente), encontraron que había una relación directa con otras variables como la edad del niño, el uso de gas para cocinar en los hogares y su asistencia a guarderías que también pudiera ser consideradas como efectos determinantes.

Enkh-Undraa, D. y colaboradores en 2019 (32) analizaron los síntomas respiratorios debidos a la exposición a SO₂ y NO₂ durante 2 años (de 2015 a 2016 ambos incluidos) en el aire del ambiente de niños con edades comprendidas entre los 6 a los 12 años. El número de individuos establecido en el estudio transversal fue de 1200, pertenecientes a cinco distritos urbanos y suburbanos de la capital Ulán Bator (Mongolia) en donde se encontraban las escuelas y viviendas de la población de estudio.

Los individuos fueron clasificados en dos grupos: un primer grupo, para los niños que tenían su vivienda y escuela a menos de 100 metros respecto a la carretera principal más cercana y un segundo grupo para los niños que se encontraban a más de esa distancia de la carretera.

Se midió el volumen diario de tráfico en esta vía, en cuatro momentos durante 2015, para ver las distintas concentraciones de gases emitidos. Las mediciones de las concentraciones de SO₂ y NO₂ se recogieron mediante un muestreo pasivo cerca de las escuelas durante diez días repetidos durante cuatro meses en 2015 y de la misma forma en 2016. Durante este periodo también se registraron valores como la temperatura media del aire y la humedad relativa del entorno.

Además, cada familia completó una encuesta adaptada del cuestionario del *Proyecto de Normalización Epidemiológica de la American Thoracic Society* (cuestionario ATS DLD 78C) para conocer si los niños presentaban alguno de estos síntomas: tos persistente, flema persistente, sibilancias y síntomas asmáticos que pudieran indicar la presencia de alguna patología respiratoria. Las variables incluidas en el cuestionario fueron: edad, sexo, nutrición, tiempo vivido en la residencia actual, sistema de calefacción utilizado en el hogar, hábitos fumadores de los padres en el hogar, y el posible historial de padecer enfermedades respiratorias anteriores así como registro del estado actual de los síntomas respiratorios en los niños.

Las asociaciones entre los síntomas respiratorios y las variables se hizo con el software *PASW Statisticv.18*, mediante un análisis de regresión logística multinominal. También se consideraron factores de confusión como: las variables descritas y además, antecedentes diagnosticados de asma o bien antecedentes de alergias o enfermedades respiratorias y antecedentes de neumonía antes de los 2 años.

Como medida de asociación entre las mediciones de los contaminantes, se consideró también el volumen de tráfico de la carretera principal para cada distrito, y para analizar el nivel de significación de los síntomas respiratorios se emplearon valores estadísticos de OR IC95%. Los OR se estimaron para representar un aumento de 1ppb en las concentraciones de NO₂ y SO₂. También se analizó la significación estadística de las diferencias en la frecuencia de los síntomas respiratorios entre las áreas residenciales mediante un análisis de varianza unidireccional (ANOVA).

Las medidas de las concentraciones ambientales de los contaminantes se consiguieron mediante métodos analíticos desarrollados por el laboratorio de Ogawa & Co. (Kobe, Japón).

Por otro lado, los mayores niveles de concentración de estos contaminantes se obtuvieron en las medidas registradas a menos de 100 metros de la vía principal. La prevalencia de tos persistente aumentó significativamente entre los niños que vivían dentro del perímetro de los 100 metros de la carretera principal pudiendo ser atribuido este síntoma de patología respiratoria a la contaminación detectada. La cercanía a una carretera principal, tiene una posible relación con lo descrito por Abigail R. y Lara MD. ,2018 (15) sugiriendo que las personas que viven en áreas con gran cantidad de tránsito vehicular pueden verse más afectadas, sobre todo cuando se crea una micro-atmósfera con aire estancado por inversiones térmicas. Los resultados obtenidos, en cada distrito, indican que las concentraciones de SO₂ y NO₂ excedieron de los valores estándar de calidad del aire ambiente establecidos en el país, relacionándose la exposición a ambos contaminantes con la tos persistente y la sibilancia detectada en la población infantil de estudio.

Además, se pudieron obtener otras informaciones adicionales que relacionaban la existencia de estos síntomas con patologías sufridas con anterioridad al periodo de estudio y otras variables. Así, se encontraron un 26% de niños con antecedentes de enfermedad respiratoria antes de los 2 años, un 2.4% de niños con antecedentes de cuadros asmáticos, un 6.2% de niños que presentaban un historial de neumonía diagnosticada, y un 43.1% tenían padres fumadores. En este estudio, la población infantil presentó en un mismo periodo de 2 años, como el artículo anterior de Gutiérrez Oyarce, A. y colaboradores en 2018(31), síntomas similares (tos y sibilancias) tras la medición de contaminantes en el exterior, y una relación con antecedentes con patologías respiratorias.

Contaminación de interior, factores contribuyentes y enfermedades respiratorias

El objetivo de los artículos de este grupo, fue describir cómo la contaminación atmosférica del hogar también influye en la prevalencia de enfermedades respiratorias en la población infantil.

El trabajo de Holm, S.M. y colaboradores en 2018 (33) consistió en un estudio de doble cohorte sobre la asociación entre los comportamientos del hogar, los niveles de partículas en la vivienda como fuente de contaminación en niños de 6 a 10 años que ya tenían una patología asmática previa diagnosticada y como podría evolucionar la enfermedad bajo esas condiciones ambientales interiores adversas. Los niños seleccionados en este estudio, vivían en el área de la Bahía de San Francisco al norte de California y estaban siendo tratados en el *Hospital Benioff Children's Hospital Oakland de UCSF*. Un total de 35 individuos fueron estudiados y divididos en una cohorte de 13 individuos que estuvieron expuestos al humo del cigarrillo en el hogar y la otra cohorte de 22 individuos no sujetos a esta exposición.

La medición de la exposición a $PM_{2.5}$ fue realizada mediante sensores instalados durante un mes en las viviendas, y en las zonas donde la familia pasaba más tiempo. Otro sensor, se colocó en la cocina para la medición de la temperatura y la humedad del entorno. Las anomalías en la temperatura en la cocina se utilizaron para identificar los intervalos de cocción y analizar los niveles de $PM_{2.5}$ durante el cocinado.

La gravedad del asma fue diagnosticada por los pediatras de dos formas: como asma intermitente o bien como asma persistente. Además, mediante la realización de, entrevistas se evaluaron las siguientes variables: estado de exposición al humo, uso del calentador, uso del ventilador de campana en cocinas, nivel de educación e ingreso económico anual.

A partir de los datos obtenidos por los sensores de las medias mensuales y diarias, las medianas y el porcentaje de tiempo, se puso de manifiesto, que los niveles de interiores excedieron a los estándares para $PM_{2.5}$ en exteriores ya establecidos por la *Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (EPA)*. Por otro lado, se calculó el valor medio promedio de $PM_{2.5}$ en el exterior para cada hogar en los cuatro puntos de monitoreo de EPA más cercanos a cada hogar. También, se incluyó en el análisis la distancia más cercana de la carretera principal para cada hogar a través de los datos del Departamento de Transporte de California. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el lenguaje estadístico R. Los modelos de regresión lineal se usaron para predecir medidas resumidas de $PM_{2.5}$ y evaluar el papel de cada uno de los siguientes comportamientos y factores del hogar: presencia de un fumador, la

distancia a la carretera y los ingresos anuales. A estos factores junto con las mediciones $PM_{2.5}$, también se le aplicó el estudio estadístico para conocer la severidad del asma mediante regresión logística.

Los resultados significativos a altos niveles de $PM_{2.5}$ fue asociada a la presencia de un fumador en el hogar y al no uso de un extractor de campana. La distancia del hogar a la carretera más cercana se relacionó con aumento de $PM_{2.5}$ en los hogares pero este dato no fue significativo. La mediana de los datos de $PM_{2.5}$, durante los intervalos de cocción, tuvo valores de concentración más altos que cuando no se realizó cocción. Además de las emisiones de partículas en ambientes urbanos, cualquier proceso de combustión en las viviendas, como es el caso de la cocción, es fuente de contaminación por PM (9), y por tanto, son posibles valores elevados de $PM_{2.5}$ en hogares, cuya concentración también depende de la fuente del combustible (7).

Se comparó la influencia de asma intermitente o persistente mediante un aumento de la concentración de las partículas en la media mensual y se asoció con asma persistente en niños asmáticos teniendo en cuenta variables como la exposición al humo y distancia a la carretera.

Por otro lado, se analizó el mismo incremento de partículas únicamente en los fumadores y tuvo una asociación significativa relacionada con el estado socioeconómico y distancia a la carretera para presentar asma persistente. Este resultado estaría en consonancia con trabajos previos de OMS, 2018 (7), en los cuales se establece una relación directa entre el nivel económico de la población y los valores de contaminación (a menor poder adquisitivo, mayor contaminación ambiental).

Adaji E.E. y colaboradores en 2019 (34) realizaron un estudio de revisión sistemática, para ver el efecto de la contaminación atmosférica interior como consecuencia de la exposición al combustible sólido, CO, BC y las $PM_{2.5}$ sobre el desarrollo y evolución de neumonía en niños menores de 5 años que residían en países de ingresos bajos y medianos (LMICS). Hay relación significativa según estimaciones de la OMS, 2016 (7) con un mayor porcentaje (98%) de exposiciones a elevadas concentraciones superiores a los estándares que establece la OMS para

las PM_{2.5} de niños menores de 5 años en LMICS (a menor poder adquisitivo, mayor contaminación ambiental).

Se seleccionaron 14 artículos para la revisión (más 8 estudios de revisión de apoyo), realizados entre 1994 y 2017. El tamaño de la muestra y la edad de los niños variaron en cada estudio con un tamaño medio de 522 participantes de entre 0 a 5 años. Los LMICs incluidos en los estudios fueron países como India, Nepal, Gambia, Bangladesh, Tanzania , Indonesia , Malawi, Guatemala y Botswana (Fig. 1). El 64% de los estudios se llevaron a cabo en ciudades periurbanas y en solo 2 trabajos se analizaron tanto zonas urbanas como rurales.

Este artículo sigue las directrices de PRISMA para revisiones sistemáticas. La Escala de Newcastle-Ottawa (NOS) se utilizó para evaluar la calidad metodológica y el riesgo de sesgo en estudios individuales. Las mediciones de contaminación dentro de los estudios se compararon con el estándar aprobado por la OMS en 2017. Además de las mediciones de calidad del aire, los estudios describieron factores de riesgo generales, que incluía factores socioeconómicos, desnutrición, lugar para cocinar, la ventilación cruzada, la temporada, entre otros.

A diferencia con otros estudios, en los estudios que analiza este artículo, no se encontró asociación con la neumonía infantil para las mediciones directas de los niveles de PM_{2.5}, y tampoco en aquellos estudios en los que se utilizó el CO como contaminante estudiado de la contaminación, no mostrando asociación con la neumonía infantil. No obstante, si se encontró relación de la neumonía infantil con el uso de cualquier combustible fósil para cocinar. Aunque, la emisión de ambos contaminantes se asocia con procesos de combustión (9; 10), la medición directa de CO Y PM_{2.5} no fue significativa con la patología respiratoria de neumonía.

Budhathaki S.S. y colaboradores en 2020 (35) estudiaron la prevalencia de neumonía infantil debido a la contaminación de interior según datos de las *Encuestas de Salud Demográfica de Nepal* (NDHS) de tres años seleccionados 2006, 2011 y 2016. Para este estudio transversal, se seleccionaron hogares representativos tanto en zonas urbanas como rurales. Se administraron cuestionarios que proporcionaron información de un total de 5457 niños menores de 5 años en 2006, 5054 en 2011 y 4861 en 2016.

Las variables analizadas fueron: características sociodemográficas, el estado nutricional y los factores de la contaminación atmosférica doméstica (HAP). A todas las variables se les aplicó un análisis de regresión multivariante y se encontró, que la prevalencia de neumonía infantil en montañas y colinas era mayor debido al uso de combustibles sólidos para calentar los hogares. Por otro lado, los niños que vivían en cocinas no separadas de la sala de estar tenían un 93% más de riesgo de tener neumonía infantil, y en los hogares que utilizaban combustible contaminante tenían un 98% más de riesgo de padecer neumonía. Esta conclusión obtenida mantiene relación con los datos aportados por OMS, 2017(7) de que en edades tempranas los niños pasan más tiempo cerca de posibles fuentes de contaminación para calentar o cocinar dentro del hogar.

En 2016, el cálculo de la fracción atribuible de la población (PAF) por factores HAP a la neumonía infantil mostró que el 31% de los casos eran atribuibles a no tener una cocina separada, y el 40% al uso de combustibles de cocina contaminante. Por lo tanto, para este estudio, ambos factores HAP fueron elementos de riesgo para la neumonía infantil.

Contaminación exterior del aire y frecuencia de asistencia sanitaria

El objetivo de los artículos incluidos en este apartado ha sido analizar la posible asociación entre contaminación y las visitas a emergencias por patologías aparecidas en las vías respiratorias como consecuencia de este proceso.

Zheng X.Y. y colaboradores en 2015(36) realizaron un artículo sistemático y de metaanálisis que relacionara la exposición a corto plazo (definida como la duración de la exposición a los contaminantes del aire de hasta 7 días) a NO₂, SO₂, O₃, PM_{2.5}, PM₁₀, C; y las visitas a los centros hospitalarios relacionados con la aparición de exacerbaciones de asma.

Este artículo sigue las directrices de PRISMA para revisiones sistemáticas y metaanálisis. El riesgo de sesgo o validez del estudio se evaluó según tres componentes, diagnóstico de asma (escala de 0 a 1 punto), medidas de contaminantes del aire (escala de 0 a 1 punto) y ajuste por factores de confusión (escala de 0 a 3 puntos). El diagnóstico de asma se validó (con 1 punto) por la

Clasificación Internacional de Enfermedades, la Sociedad Torácica Americana, el Programa Nacional de Educación o Prevención del Asma o la Clasificación Internacional de Atención Primaria.

Aquellos estudios que tuvieron una validez de 5 puntos fueron seleccionados para un análisis de sensibilidad. El sesgo de publicación se evaluó mediante el uso de la gráfica asimétrica y una prueba de Egger.

De los 87 estudios incluidos, 50 se centraron en niños, 21 en adultos, 13 en población de edad avanzada y 44 en población general. Este artículo, realizó análisis de subgrupos para las características de los estudios (edad, temporadas de hospitalización o visitas a los centros hospitalarios relacionados con exacerbaciones del asma). Para minimizar la variabilidad de lapsos de tiempo entre la contaminación a corto plazo y las exacerbaciones de asma (retrasos) encontrados en los artículos, este artículo, agrupó y analizó si la asociación entre la exposición y la aparición de asma era significativa, en retrasos de periodo corto o en periodo largo en función de menos o más de 2 días respectivamente. Todos los análisis estadísticos se realizaron con STATA 11.2. Las estimaciones estandarizadas del efecto se expresaron como riesgo relativo (RR IC del 95%) y como fracción atribuible a la población expuesta (PAF).

Las asociaciones entre los seis contaminantes del aire NO₂, SO₂, O₃, PM_{2.5}, PM₁₀, CO y las visitas al centro hospitalario y hospitalizaciones relacionadas con la aparición de síntomas asmáticos fueron estadísticamente significativas. Principalmente, las asociaciones más fuertes se dieron en niños y pacientes de edad avanzada en comparación con los adultos; en temporadas cálidas (a excepción del O₃) y con un tiempo entre la exposición a los contaminantes y las exacerbaciones de asma de 2 días o más.

Orellano, P. y colaboradores 2017 (37) analizaron 22 artículos para ver la relación que existía entre la contaminación del aire exterior (presencia de NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, CO y O₃) y las exacerbaciones agudas del asma en niños y adultos a través de un diseño observacional cruzado de casos. Las exacerbaciones moderadas y graves se representaron como visitas a los departamentos de emergencia u hospitalizaciones. Los estudios se realizaron en 12 países de ingresos medios-altos:

EE.UU, Reino Unido, Taiwan, China, Dinamarca, Francia, Canadá, Australia, Italia, España y Japón (Fig.1).

Este artículo sigue las directrices de PRISMA para revisiones sistemáticas y metaanálisis. La escala de Newcastle-Ottawa (NOS) se utilizó como una medida de la calidad de los estudios individuales y se establecieron 7 preguntas evaluadas en una escala de 0 a 9 puntos para analizar los siguientes parámetros: la selección del grupo de estudio, la comparabilidad de los grupos y la evaluación de la exposición. Los resultados de evaluación con una puntuación de 6 puntos o superior fueron seleccionados para el análisis de sensibilidad. El riesgo potencial de sesgo de publicación se evaluó mediante un examen visual de la asimetría de los gráficos en embudo.

Para minimizar la variabilidad de lapsos de tiempo entre la contaminación a corto plazo y las exacerbaciones de asma (retrasos) encontrados en los estudios, este artículo recalculó las concentraciones de los contaminantes de la misma forma para todos los artículos y analizó si la asociación entre la exposición a los niveles de contaminantes y la aparición de asma era significativa. Los retrasos obtenidos estuvieron contenidos de 0-6 días antes de la fecha del evento. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico R, versión 3.2.2.

Este metaanálisis mostró una asociación significativa en los niños para los contaminantes NO₂, SO₂ y PM_{2.5}, y exacerbaciones moderadas o graves del asma. No se realizó un análisis de subgrupos de adultos, ya que solo un estudio se centró exclusivamente en este grupo de edad. De los estudios adicionales que se seleccionaron para la revisión (pero no incluidos en el análisis) ninguno de ellos, tuvieron una asociación de contaminantes con exacerbaciones del asma no significativa o negativa.

6. CONCLUSIONES

1. La principal limitación encontrada, al comparar todos los estudios presentados en esta revisión, ha sido la gran variabilidad de análisis estadísticos utilizados.

2. Existe una asociación estrecha entre los niveles de contaminantes atmosféricos y los síntomas respiratorios detectados en las poblaciones de estudio.
3. Una exposición contaminante (interior y exterior) temprana en niños puede desencadenar a medio-largo plazo el desarrollo de patologías diversas, principalmente respiratorias, que pueden repercutir negativamente en la calidad de vida de los adultos.
4. La aparición de patologías respiratorias tras exposiciones a contaminación atmosférica y contaminaciones en el hogar de diversa índole, son más significativos en edades postnatales y en niños que presentaron alguna patología previa como el caso de los cuadros asmáticos.
5. Los episodios de contaminación del aire (interior y exterior) en los niños pueden producir el aumento la prevalencia de los síntomas de infección respiratoria de manera frecuente y por tanto aumentar la asiduidad de visitas a centros hospitalarios.
6. Existe una relación directa entre el grado de contaminación interior y exterior en función de los niveles económicos de las poblaciones de estudio.
7. Es importante la puesta en marcha de estrategias saludables por parte de gobiernos y autoridades competentes para controlar los niveles de contaminación del aire dado el efecto nocivo que sobre la salud, y sobre la población infantil produce.
8. Para obtener resultados más concluyentes, se necesitarían la realización de más estudios y de mayor homogeneidad, para así poder llegar a establecer conclusiones más sólidas.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Boletín Oficial del Estado (2007, 16 de noviembre). *LEY 34/2007*. [http://movil.asturias.es/medioambiente/articulos/ficheros/Ley%2034 2007 de%2015 %20de%20noviembre.pdf](http://movil.asturias.es/medioambiente/articulos/ficheros/Ley%2034%202007%20de%2015%20de%20noviembre.pdf)
2. OMS. (2018, 2 de mayo). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado*. <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
3. OMS. (2018). *Primera conferencia mundial de la OMS sobre Contaminación del Aire y Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/events/detail/2018/10/30/default-calendar/who-s-first-global-conference-on-air-pollution-and-health>
4. OMS. (2016, 27 de septiembre). *La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud*. <https://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>
5. HISPANTV. (2018, 6 de febrero). *El 92% de la población mundial sufre por la contaminación del aire*. <https://www.hispan.tv.com/noticias/salud/367747/contaminacion-aire-mortalidad-cifras-oms>
6. OMS. *Cómo la contaminación del aire está destruyendo nuestra salud*. <https://www.who.int/es/air-pollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health>
7. OMS. (2018). *Contaminación atmosférica y salud infantil*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275548/WHO-CED-PHE-18.01-spa.pdf?ua=1>

8. OMS. (2018, 2 de mayo). *Calidad del aire y salud*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
9. Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Efectos en salud y ecosistemas*. Partículas. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/particulas.aspx>
10. Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Efectos en salud y ecosistemas*. Monóxido de carbono. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/monoxido-carbono.aspx>
11. La Coalición para el Clima y el Aire Limpio. *Carbono negro*. <https://www.ccacoalition.org/en/slcps/black-carbon>
12. Unión Europea. (2018). *Contaminación atmosférica: nuestra salud no tiene todavía la suficiente protección*. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/es/>
13. ConSalud.es (2019, 18 de septiembre). *Madrid y Barcelona registran el 30,5% de las muertes prematuras por culpa de la contaminación*. https://www.consalud.es/pacientes/madrid-barcelona-registran-30-5-muertes-prematuras-culpa-contaminacion_68503_102.html
14. NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA. (2019, 1 de noviembre). *Un nuevo método para limpiar la atmósfera*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/nuevo-metodo-para-limpiar-atmosfera_14871
15. Abigail R. y Lara MD. (2018). *Enfermedades relacionadas con la contaminación del aire*. University of Colorado. <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-pulmonares/enfermedades-pulmonares-medioambientales/generalidades-sobre-las-enfermedades-pulmonares-medioambientales>

16. Junta de Castilla y León. *Guía para personas con asma*. Consejería de Sanidad. <https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/guia-asma.ficheros/1118730-Gu%C3%ADa%20para%20personas%20con%20asma.pdf>
17. Querol, X., Viana, M., & Moreno, T., Alastuey A. (eds.). (2012). *Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire*. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, 1-354. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/CALIDAD%20AIRE%20\(alta\)_tcm30-187886.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/CALIDAD%20AIRE%20(alta)_tcm30-187886.pdf)
18. European Lung Foundation. (2013, diciembre). *Enfermedades pulmonares en niños*. <https://www.europeanlung.org/es/enfermedades-pulmonares-e-informaci%C3%B3n/enfermedades-pulmonares/>
19. El periódico. (2020, 6 de febrero). Casi la mitad de los casos de asma infantil en Barcelona son por la polución. <https://www.elperiodico.com/es/sanidad/20200206/casi-la-mitad-de-los-casos-de-asma-infantil-en-barcelona-son-por-la-polucion-7838072>
20. Karla Moënné, B. (2013). *Neumonías adquiridas en la comunidad en niños: diagnóstico por imágenes*. Revista Médica Clínica Las Condes, 24(1), 27–35. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(13\)70126-3](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(13)70126-3)
21. OMS. (2019, 2 de Agosto). *Neumonía*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia>

22. Stanford Children's Health. (2020). *Bronquitis aguda*.
<https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=acutebronchitisinchildren-90-P06023>
23. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, UNICEF. (2016, octubre). *Limpiar el aire para los niños*.
https://www.unicef.org/publications/files/Clear_the_Air_for_Children_Executive_summary_SP.pdf
24. Organización Fundación Aquala. <https://www.fundacionaquala.org/las-medidas-globales-contrala-contaminacion-del-aire/>
25. ONU. (2017). Hacia un planeta sin contaminación. Asamblea de Las Naciones Unidas Sobre El Medio Ambiente Del Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente, 29. <https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1708350s.pdf>
26. ONU. (2019). *Cumbre sobre la Acción Climática ONU 2019*.
<https://www.un.org/es/climatechange/un-climate-summit-2019.shtml>
27. AEMA (2016). *Se precisan medidas más estrictas para combatir el daño causado por la contaminación atmosférica*. <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/se-precisan-medidas-mas-estrictas>
28. Álvarez, C., Matey, P., & Tristán, R. (2018). *El aire que respiras*. Instituto de La Vida Saludable, 1–2. <https://doi.org/10.1111/acem.13401>

29. Ministerio para la transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Iniciativas nacionales*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/pol-med/iniciativas_nacionales.aspx
30. Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación Atmosférica Efectos En La Salud Respiratoria En El Niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.12.003>
31. Gutiérrez Oyarce, A., Ferrero, A., Estarlich, M., Esplugues, A., Iñiguez, C., & Ballester, F. (2018). Exposición ambiental a dióxido de nitrógeno y salud respiratoria a los 2 años en la Cohorte INMA-Valencia. *Gaceta Sanitaria*, 32(6), 507–512. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.05.012>
32. Enkh-Undraa, D., Kanda, S., Shima, M., Shimono, T., Miyake, M., Yoda, Y., Nagnii, S., & Nishiyama, T. (2019). Coal burning-derived SO₂ and traffic-derived NO₂ are associated with persistent cough and current wheezing symptoms among schoolchildren in Ulaanbaatar, Mongolia. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 24(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12199-019-0817-5>
33. Holm, S. M., Balmes, J., Gillette, D., Hartin, K., Seto, E., Lindeman, D., Polanco, D., & Fong, E. (2018). Cooking behaviors are related to household particulate matter exposure in children with asthma in the urban East Bay Area of Northern California. *PLoS ONE*, 13(6), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197199>
34. Adaji, E. E., Ekezie, W., Clifford, M., & Phalkey, R. (2019). Understanding the effect of indoor air pollution on pneumonia in children under 5 in low- and middle-income countries: a systematic review of evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(4), 3208–3225. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3769-1>

35. Budhathoki, S. S., Tinkari, B. S., Bhandari, A., Dhimal, M., Zhou, H., Ghimire, A., Basnet, O., Wrammert, J., & Kc, A. (2020). The Association of Childhood Pneumonia with Household Air Pollution in Nepal: Evidence from Nepal Demographic Health Surveys. *Maternal and Child Health Journal*, 24(s1), 48–56. <https://doi.org/10.1007/s10995-020-02882-x>
36. Zheng, X. Y., Ding, H., Jiang, L. N., Chen, S. W., Zheng, J. P., Qiu, M., Zhou, Y. X., Chen, Q., & Guan, W. J. (2015). Association between Air pollutants and asthma emergency room visits and hospital admissions in time series studies: A systematic review and meta-Analysis. *PLoS ONE*, 10(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138146>
37. Orellano, P., Quaranta, N., Reynoso, J., Balbi, B., & Vasquez, J. (2017). Effect of outdoor air pollution on asthma exacerbations in children and adults: Systematic review and multilevel meta-analysis. *PLoS ONE*, 12(3), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174050>

8. TABLAS Y FIGURAS

Tabla 3. Estrategias de búsqueda.

BASE DE DATOS	TERMINOS	RESULTADOS
<i>PUBMED</i>	Atmospheric Pollution and Health	127
	Atmospheric Pollution and Children's health	17
	Contaminación Atmosférica y Salud	4
	Traffic pollution and children health	15
	Household pollution and children health	42
	Household pollution and pneumonia	47
	Pollution atmospheric and lung diseases	41
	Effects pollution in children	67
Total		360

Tabla 4. Características y resultados de los estudios analizados.

Estudio	Participantes	Diseño de estudio	Intervención	Variable de estudio	Instrumento de medida	Resultados
Gutiérrez Oyarce, A.y colaborado res. ⁽³¹⁾ (2018)	N=624 niños. Edad: 0-2 años. Diagnóstico: Síntomas respiratorios.	Estudio de Cohorte.	1) Mide la exposición a NO ₂ en el exterior de hogares por periodos; (0-1año), (1-2 años) y (0-2 años) mediante un ajuste espacial y temporal por ajustes geoestadísticos. 2) Proporciona encuestas al año y a los dos años que permiten conocer los síntomas respiratorios ocurridos.	-Síntomas respiratorios por exposición a NO ₂ . -Otras variables consideradas en el cuestionario: sociodemográficas, tipo de combustión empleada en el hogar, asistencia a las guarderías tabaquismo en los padres y antecedentes familiares con alergias.	-Captadores pasivos. -Datos de las estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación atmosférica de la Comunidad Valenciana. - Cuestionario AMICS. -Análisis estadístico (IBM SPSS statistics 19). -Asociación entre exposición a NO ₂ y eventos respiratorios mediante OR IC95%.	-Síntomas: tos, sibilancias e IRVB. -Asociación entre la exposición al NO ₂ y la tos persistente el segundo año de vida en los niños con antecedentes familiares de alergias. Este mismo síntoma (tos persistente) se asoció significativamente al uso de gas para cocinar y su asistencia a guarderías.
Enkh-Undraa, D. y colaborado res. ⁽³²⁾ (2019)	N= 1200 niños. Edad: 6-12 años Diagnóstico: síntomas respiratorios: tos, flema, silbidos y síntomas parecidos al asma.	Estudio transversal	-Mide las concentraciones exteriores de NO ₂ y SO ₂ , y el volumen de tráfico de la carretera principal dentro de un perímetro de más o menos de 100 m entre hogares y escuelas de los participantes (dos grupos de estudio). - Cuestionario para investigar los síntomas respiratorios.	- La presencia de síntomas respiratorios. -Otras variables: sociodemográficas -tabaquismo - Antecedentes de asma, alergias, o neumonía.	- Captadores pasivos. -Valores estándar de calidad del aire ambiente de Mongolia. - Cuestionario (ATS-DLC-78 C) - Software PASW Statistic v.18. -OR IC95%.	-Contaminación mayor en los grupos de participantes que residían o acudían a la escuela a menos de 100 metros de la vía principal. -Prevalencia de tos persistente y sibilancias asociado a los contaminantes NO ₂ y SO ₂ .

Holm, S.M. y colaborado res. ⁽³³⁾ (2018)	N= 35 niños. Edad: 6-10 Diagnóstico previo al estudio: asma Diagnóstico posterior: gravedad del asma	Estudio de doble cohorte. N=13 expuestos al humo del tabaco. N=22 no expuestos.	-Mediciones de PM _{2.5} dentro del hogar. -Cálculo de medias mensuales y diarias, las medianas y porcentaje de tiempo en que excedieron los estándares EPA para PM _{2.5} . -Entrevistas para conocer la gravedad en niños asmáticos.	-Gravedad del asma. -Otras variables: Estado de exposición al humo -Uso del calentador -Uso del ventilador de campana -Nivel de educación -Ingreso Anual. -Distancia del hogar a la carretera principal.	-Sensores -Niveles estándares para PM _{2.5} en el exterior de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (EPA). - Software R.	-Se encontró una asociación significativa para altos niveles PM _{2.5} resultado ser la presencia de un fumador y n usar ventilador de campana. -La distancia entre el hogar y la carretera más cercana aumento el nivel de PM _{2.5} pero no fue significativo. -Durante el intervalo de cocción las PM _{2.5} tuvieron niveles más altos que en el intervalo de no cocción. -Mayores probabilidades de asma persistente con aumentos en la concentración mensual de PM _{2.5} .
Adaji, E.E. y colaborado res. ⁽³⁴⁾ (2019)	N= 522 niños. Edad: 0- 5 años. Diagnóstico: Neumonía	De revisión sistemática .	-Análisis del efecto de la contaminación atmosférica interior reflejada por combustible sólido, CO, BC y PM _{2.5} en un total de 22 estudios. -Análisis de metodología y de sesgo de los artículos seleccionados.	-Diagnóstico de neumonía según el tipo de contaminación -Otras variables: socioeconómicas, desnutrición, lugar para cocinar, ventilación cruzada, temporada.	- Programas /medidas de evaluación estadísticas	Se encontró asociación con la neumonía infantil en: -El uso de combustible sólido. - No se encontró asociación con la neumonía infantil para las mediciones directas de los niveles de PM _{2.5} , ni en los estudios en los que se utilizó el CO como sustituto de la contaminación.
Budhathoki , S.S Y colaborado res. ⁽³⁵⁾ (2020)	N=15372 Niños. Edad:<5 años. Diagnóstico: Neumonía	Estudio transversal .	Análisis de un conjunto de datos de Encuestas de Salud Demográfica de Nepal sobre la contaminación atmosférica en hogares durante 3 años 2006,2011 y 2016.	- Sociodemográficas -estado nutricional - factores HAP.	-Encuestas (NDHS) - Fracción atribuible a la población (FAP).	Mayores proporciones de casos de neumonía en niños si: - Sin cocina separada de la sala de estar. -Combustibles contaminantes para cocinar.

Zheng, X.Y. y colaborado res. ⁽³⁶⁾ (2015)	N= 87 estudios Diagnóstico: asma (visitas hospitalarias y hospitalizaciones).	De revisión sistemática y un metaanálisis.	Análisis cuantitativo entre la exposición a corto plazo (hasta 7 días) a los contaminantes del aire (NO₂, SO₂, O₃, PM_{2.5}, PM₁₀, CO), y las visitas a los centros hospitalarios relacionados con exacerbaciones del asma. -Análisis estadísticos previos en parámetros de validez, análisis de sensibilidad y sesgo de publicación, y tiempos de retraso. -Cálculo de nuevas concentraciones en los contaminantes para ver el efecto de aumento de los contaminantes. -Diagnóstico de asma validado según diversas clasificaciones internacionales.	- Visitas a los centros hospitalarios relacionadas con exacerbaciones de asma. Características de los estudios para el análisis por subgrupos: -edad -temporada -retraso entre la exposición a contaminantes y aparición de asma.	-Análisis estadístico con STATA 11.2 -RR IC95%	-Las asociaciones entre los seis contaminantes del aire y las visitas al centro hospitalario relacionadas con el asma y hospitalizaciones relacionadas con el asma fueron estadísticamente significativas. - Se encontraron asociaciones más fuertes en niños y pacientes de edad avanzada (en comparación con los adultos) y en temporadas cálidas (a excepción del O₃) con un retraso entre la exposición a los contaminantes y las exacerbaciones de asma de 2 días o más.
Orellano, P. y colaborado res. ⁽³⁷⁾ (2017)	N= 22 estudios. Diagnóstico: exacerbaciones agudas y graves del asma.	Revisión sistemática y un metaanálisis. Con un diseño observacional cruzado de casos	-Análisis de la contaminación del aire exterior representada por NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, CO y O₃, y asociación con exacerbaciones de asma. -Análisis estadísticos previos en parámetros de validez, análisis de sensibilidad, sesgo de publicación, y tiempos de retraso.	Visitas a los departamentos de emergencia u hospitalizaciones por asma.	- OR IC 95% -software estadístico R.	Este metaanálisis mostró una asociación significativa en los niños para los contaminantes NO₂, SO₂ y PM_{2.5}, y exacerbaciones moderadas o graves del asma.

Figura 9. Diagrama de flujo para la selección de los artículos.

