

ANEXO 2

REVISIÓN DE LITERATURA: CALIDAD DEL AIRE Y SALUD EN 5 PAÍSES DE IBEROAMÉRICA

CONTRATO NO. CCT 1088 DE 2016



EJECUTA



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad Nacional de Salud Pública
Héctor Abad Gómez

UN PROYECTO DE





Un Proyecto de

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

Eugenio Prieto Soto

Director

María del Pilar Restrepo Mesa

Subdirectora Ambiental





EQUIPO DE TRABAJO

Juan Gabriel Piñeros Jiménez, MD. PhD
María Alejandra Rodríguez Ríos, Practicante GSA
Alejandra Hoyos López, GSA

Supervisión Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Ana Zuleima Orrego Guarín
Ángela Lucía Molina Chica
Zoraida Piedrahita Calle





1 IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE

Información General

Título del proyecto	Contaminación atmosférica y sus efectos sobre la salud de los habitantes del Valle de Aburrá 2008-2016
Objeto	Determinar el comportamiento de la contaminación atmosférica según indicadores trazadores y su relación con la morbilidad y mortalidad de los habitantes del valle de aburra y su desagregación por cada uno de los 10 municipios que lo conforman.
Componente 3	Revisión documental y mapeo de redes de conocimiento
Objetivo	Recopilar las investigaciones relacionadas con los efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica.
Tipo de informe:	Parcial Final <input checked="" type="checkbox"/>
Número de contrato	CCT 1088 de 2016
Dependencia	Subdirección Ambiental
Coordinador	Juan Gabriel Piñeros Jiménez
Entidad ejecutora	Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública
Grupos de Investigación (Código COLCIENCIAS)	Salud y Ambiente (COL0016049 Categoría A de Colciencias) Salud y Sociedad (COL0027456 Categoría A de Colciencias)
Fecha de inicio del proyecto	20-12-2016
Fecha de entrega del informe	12-09-2017





2 INTRODUCCIÓN

La mala calidad del aire se ha convertido en una de las principales preocupaciones a nivel mundial, en especial en los países de medianos y bajos ingresos, donde la industria y la manufactura son sectores importantes de economía y donde se viene presentado un crecimiento urbano acelerado y muchas veces poco planeado. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA en alianza con OMS han reconocido la importancia de investigar la relación entre calidad del aire y salud, en aras de realizar procesos de gestión social del conocimiento para la toma de decisiones políticas. (1)

La adaptación de normativas internacionales, como las Guías de Calidad del Aire de OMS-2005 (2) ,a las necesidades propias de cada país, son reflejo de la voluntad política e institucional para tomar decisiones informadas que partan de la comprensión de la relación entre los contaminantes atmosféricos y los eventos en salud para propender por estrategias centradas en el cuidado de la salud de los habitantes en el territorio.

Bajo el principio del cuidado de la salud, a finales de 2016 se firmó entre la Facultad Nacional de Salud Pública y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá el contrato CCT 1088 de 2016, en el que uno de sus objetivos es recopilar las investigaciones relacionadas con los efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica. Durante el desarrollo de este objetivo se decide visibilizar de forma particular la investigación sobre el tema que ha sido realizada en la región y el país, para lo cual se diseña una estrategia de búsqueda específica para 5 países iberoamericanos (Brasil, Chile, Colombia, España y México). Este ejercicio tuvo como fin recopilar los textos que han explorado la relación entre la calidad del aire y la salud en los países con mayor trayectoria de la región, así como establecer los avances y desarrollos metodológicos realizados, las limitaciones del conocimiento generado, e identificar los investigadores y grupos con experiencia en su estudio.

En este documento se presentan los principales hallazgos del análisis de las investigaciones publicadas entre 2008 y 2016, enfatizando los diseños metodológicos utilizados desde la investigación epidemiológica, los contaminantes priorizados y las formas en que se ha estudiado la exposición a los mismos y los eventos e impactos en salud que se han sido relacionados con la contaminación, y las formas en que han sido documentada dicha relación.





3 METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda de los artículos publicados en Brasil, Chile, Colombia, México y España, en el periodo de 2008 a 2016, en las bases de datos Pubmed, Medline, Scielo, Redalyc, Bireme, Dialnet. La búsqueda se enfocó en artículos resultantes de proyectos de investigación, en español, portugués e inglés, que exploraran la relación entre contaminación atmosférica y salud.

La tabla 1 resume los descriptores usados para la búsqueda, los cuales se combinaron con el conector "AND". En total se utilizaron 15 combinaciones de términos en cada uno de los idiomas elegidos para la revisión, a los cuales se les añadió nombre de cada país: Colombia, Chile, México, Brasil y España, para un total de 225 combinaciones de búsqueda:

Tabla 1: Descriptores en español, inglés y portugués.

Español	Inglés	Portugués
Contaminación del aire	Air Pollution	Poluição do Ar
Contaminantes del Aire	Air Pollutants	Poluentes do Ar
Material Particulado	Particulate Matter	Material Particulado
Salud	Health	Saudé
Enfermedades Respiratorias	Respiratory Tract Diseases	Doenças Respiratórias
Enfermedades Cardiovasculares	Cardiovascular Diseases	Doenças Cardiovasculares
Accidente Cerebrovascular	Stroke	Acidente Vascular Cerebral
Neoplasias	Neoplasms	Neoplasias

Los textos fueron seleccionados si en su título o resumen se encontraban los términos de búsqueda y se exploraba o discutía la relación entre calidad del aire y salud, si cumplían este procedimiento, eran leídos en su totalidad y se excluyeron aquellos que: i) fueran estudios que se confirmaron como no epidemiológicos; ii) artículos que sólo abordaron los impactos de salud o sólo la contaminación o no estuvieran relacionados con el tema; iii) artículos que correspondían a revisiones narrativas, artículos de opinión, editoriales, cartas al editor o noticias periodísticas; iv) documentos que enfocaban sus resultados en la contaminación intradomiciliaria; v) estudios de contaminantes diferentes a PM10, PM2,5, PM Course (2,5- 10), O3, NOX, NO2, NO, SO2; vi) el impacto de salud estudiado correspondía cambios fisiológicos o clínicos; y vii) que no presentaran claramente la medida de exposición, es decir el cambio o nivel de concentración de los contaminantes que se relacionó con los eventos de salud.





3.1 Plan de análisis

Los textos se transcribieron en una matriz analítica diseñada en una hoja de cálculo con el software de Microsoft Excel 2013. En esta herramienta se identificaron algunas categorías de interés como: i) País de estudio ii) diseño del estudio, iii) nivel de observación (poblacional o individual), iv) contaminantes expuestos, v) nivel de medición de la exposición, vi) eventos de salud, vii) forma de medición del efecto y nivel de medición, y viii) variables que influyen sobre la medición de la exposición y el efecto.

Los datos de cada categoría de interés fueron analizados de forma descriptiva y univariada, según la región geográfica de realización de los estudios que fueron publicados. Para aproximarse a la calidad de las revistas de donde provenían los textos se utilizó el sistema de clasificación propuesto por Scimago (3). Sólo se analizaron los estudios que tuvieran los datos completos, esto permitió asegurar la mayor calidad de los textos seleccionados para una mejor comprensión de cómo se presenta el fenómeno en los países estudiados, cuáles son las limitaciones y fortalezas de la investigación que se realiza sobre el tema en la región.





4 Resultados

Con el uso de los distintos términos de búsqueda y aplicando los filtros específicos en cada una de las distintas bases de datos se encontraron 2476 artículos, a los cuales se les realizó una primera revisión de su título y resumen, con el objetivo de establecer si abordaba la temática de estudio. De esta primera revisión, se seleccionaron 141 artículos para la lectura de texto completo. Al final 83 artículos cumplieron con todos los criterios para su recopilación y fueron incluidos en la matriz bibliográfica. A continuación se especifica el esquema de búsqueda y selección:

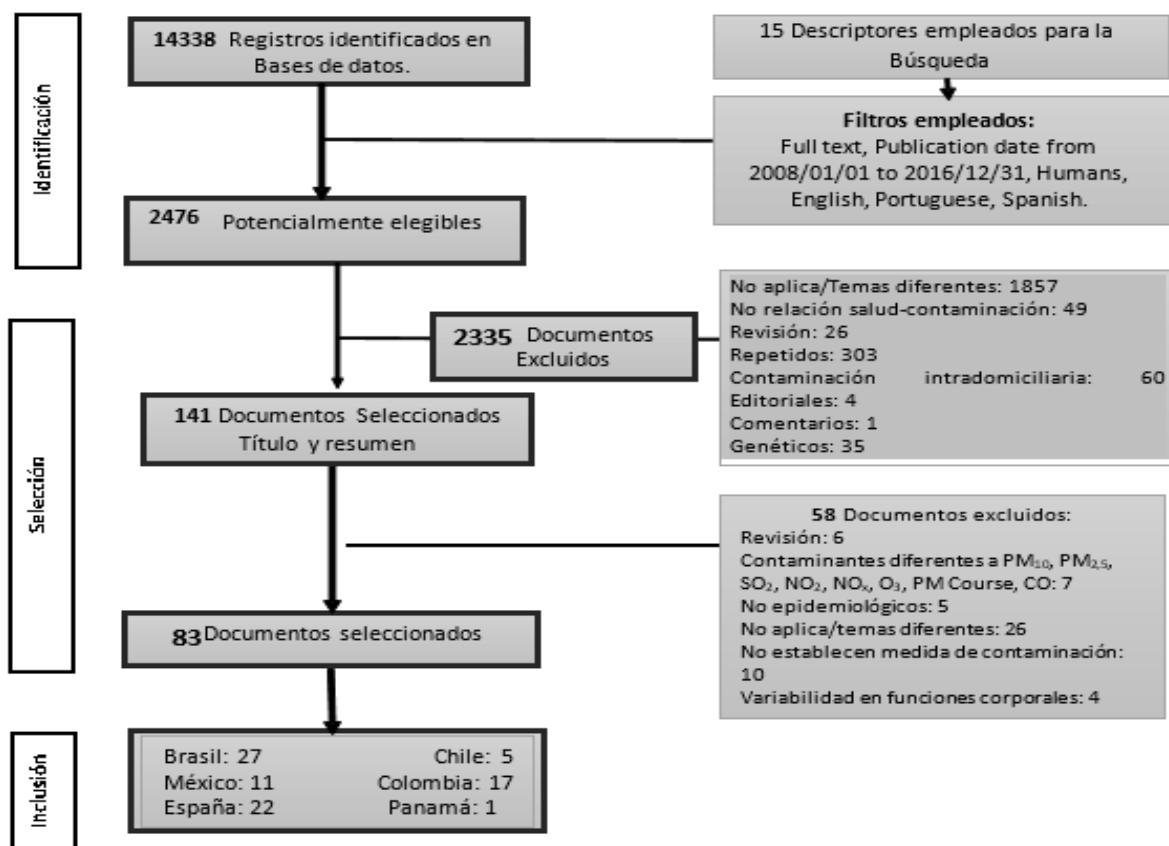


Figura 1: Flujograma de búsqueda de literatura de contaminación del aire y salud en países de Iberoamérica de 2008 a 2016 en bases de datos (realizada de Marzo a Julio de 2017)

El 87,9% (73 de 83) de los artículos incluidos estaban indexados en Scimago en alguna de las categorías establecidas por ello (Tabla 2). De los restantes artículos no incluidos en este índice uno fue publicado en una revista clasificada como A1 según el Publindex de Colciencias, 4 artículos fueron publicados en revistas A2 y 2 artículos en revistas tipo C. De los artículos encontrados, dos fueron publicados en revistas que no estaban categorizados por ninguno de estos índices:

Tabla 2: Distribución de los artículos revisados según el cuartil de clasificación de las revistas





Scimago (n=83)

Categoría de Revista	Número de artículos
Q1	25
Q2	33
Q3	9
Q4	6
Sin Categoría en Scimago	10
Total	83

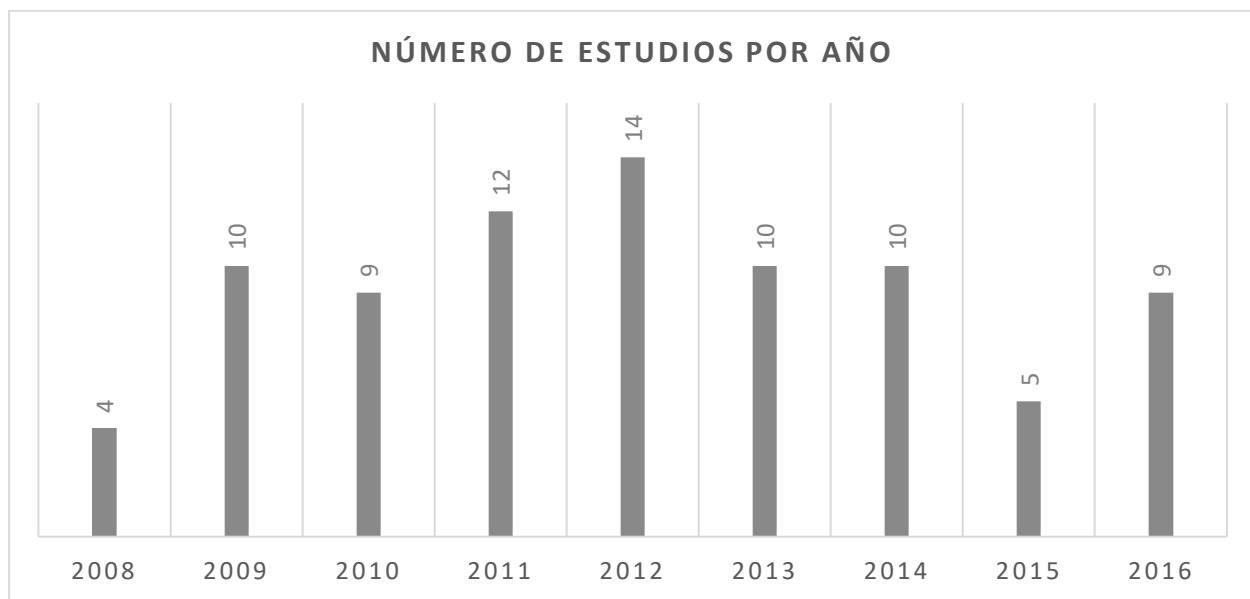


Figura 2: Número de artículos seleccionados según año de publicación.

El año en el cual se encontraron el mayor número de artículos indexados en las bases de datos fue el 2012 (17%), seguido por el 14,4% donde los artículos elegidos correspondieron al año 2011. Los años 2009, 2013 y 2014, representaron el 12% cada uno. En los años 2010 y 2016, se encontraron el 11% respectivamente. El año 2015, correspondió al 6% de los estudios encontrados y finalmente en el año 2008, se hallaron indexados el 4,8% de los artículos elegidos para la revisión.

El 79,5% de los estudios fueron escritos en inglés, 19,3% en español y sólo un estudio (1,20%) fue escrito en portugués. El 67,5% de los estudios seleccionados fueron encontrados en la plataforma de búsqueda PubMed, 20,5% en Scielo, 4,8% en Dialnet y el restante 7,2% en las demás bases de datos.

En cuanto al diseño de estudio (Tabla 3), 49 estudios correspondieron a estudios de tipo ecológico (59%): 46 de estos estudios fueron de tipo ecológico de series de tiempo (4–49), 2 estudios fueron ecológicos exploratorios (50) (51) y 1 estudio se encontró como ecológico mixto (52). 12 estudios (14,5%) se catalogaron como estudios de cohorte (53–64). Se hallaron 13 estudios de tipo descriptivo (15,7%) (65–78). 4 estudios (4,82%) correspondieron es estudios de casos cruzados (79–82). Con un caso cada uno, se





encontraron estudio de casos y controles (83) y uno de impacto en salud (84). Dos estudios (2,4%) no hicieron claridad sobre el tipo de diseño que utilizaron (85).

De los 46 estudios de series de tiempo, 47,8% (n=22) se realizaron en Brasil, seguidos del 26,1% (n=12) en España, el 8,7% (n=4) en México y Chile, respectivamente. El 6,5% (n=3) se realizaron en Colombia. Un último estudio tomado en cuenta para la región fue encontrado en Panamá. Los estudios de cohorte se realizaron en su mayoría en España y México, con 4 casos cada uno; en segundo lugar se encuentra Colombia con 3 estudios de este tipo y por último Brasil, donde se realizó uno.





Tabla 3: Tipos de estudio agrupados

Tipo de estudio	Número de Estudios
Ecológicos	49
Exploratorio descriptivo	13
Cohorte	12
Casos cruzados	4
Casos y controles	1
Estudio de Impacto en salud	1
Observacional Analítico	1
No se aclara	2
TOTAL	83

Del total de los textos seleccionados 47 investigaron la relación entre distintos contaminantes de interés y los eventos de salud. PM₁₀ fue el contaminante más estudiado, reportándose en el 67,5% de los estudios, evaluándose el cambio en la frecuencia de eventos de salud en relación a la variación de 10 µg/m³ (50,6% de los artículos revisados).

Otros contaminantes estudiados fueron PM_{2,5} (31,3% de los estudios seleccionados) y NO₂ (36,1% de los estudios seleccionados), de igual modo se encontraron otros contaminantes de interés en los diferentes artículos, como el ozono, el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno. Sólo una investigación indagó por la relación de eventos en salud con material particulado menor a 1,0 micras (82), de igual forma ese estudio incluyó el PM Course, que se conoce como resultante de la fracción PM10 menos la fracción 2,5, al igual que otros tres estudios realizados en España (64) (20) (83). El 85,5% de los estudios tuvieron un nivel de observación de tipo poblacional. De los 71 artículos en los que se realizaron observaciones a nivel poblacional, 20 se enfocaron en menores de 14 años y 8 en población adulta. Se destaca que 8 de los estudios que utilizaron este nivel de medición fueron estudios de cohorte y 4 más se constituyeron en estudios de tipo descriptivo. La selección de los participantes en estos estudios incluyó distintas estrategias, por conveniencia, estratificado, aleatorio y por conglomerados.

La exposición a los contaminantes utilizada en los distintos estudios fue establecida a un nivel poblacional utilizando la información disponible en las redes de monitoreo de calidad del aire de cada uno de los sitios de estudio, sin embargo, 3 estudios; (77) (74) (64), establecieron la exposición con equipos ubicados en poblaciones específicas a un nivel barrial o comunitario.

En el caso de los estudios donde los efectos se midieron en una escala individual (n=12), la exposición se estableció con diferentes metodologías que varió desde una aproximación ecológica, hasta mediciones de tipo individual o el uso de aproximaciones a partir de modelaciones de área. Sobre estos últimos los modelos más usados fueron: el modelo de regresión de uso del suelo (Land Use Regression-LUR), las modelaciones de sector residencial o GIS- por sus siglas en inglés Sistemas de Información Geográfica, el modelo Krigging (53) y modelos de Montecarlo (55). Con estos modelos se aproximó la concentración a que estaban expuestas las personas participantes de estos estudios mediante análisis de áreas geográficas pequeñas (menos de 1 km). La mayoría de estas modelaciones (70%) fueron ajustadas con variables meteorológicas (temperatura media, humedad relativa, estacionalidad entre períodos secos o de verano y





periodos lluviosos), el día de la semana, y eventos poblacionales de salud como la presencia de brotes de influenza.

Los eventos de salud estudiados fueron principalmente eventos de tipo agudo, entre los que se destacaron la asistencia a servicios de salud (admisiones hospitalarias, urgencias, hospitalizaciones, consultas externas y procedimientos ambulatorios) relacionados con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y/o cerebrovasculares. También se estudiaron los cambios en la mortalidad cardiovascular, respiratoria y a consecuencia del cáncer. Sólo un estudio en España (79), relacionó la contaminación con la mortalidad evitable. El 16,87% de los estudios evaluaron las asociaciones entre contaminación y sintomatología respiratoria relacionada con enfermedades crónicas como asma, EPOC y alergias respiratorias. En menor proporción se estudiaron efectos de tipo neurológico en el desarrollo cognitivo (66), Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (57) y cefaleas o migrañas (13). Un estudio se enfocó en la relación con fibrosis quística y sus exacerbaciones (69).





Tabla 4: Distribución de eventos en salud por Número de estudios

Eventos en Salud	Número de Estudio
Atenciones en Salud (Morbilidad)	35
Mortalidad	25
Síntomas respiratorios	14
Ginecológicos y neonatales	5
Neurológicos	3
Crónicos respiratorios	1
TOTAL	83

4.1 Estudios ecológicos de series de tiempo

El volumen de estudios de series de tiempo encontrados evidenció la importancia de su uso en el análisis de la relación entre calidad del aire y salud, con fortalezas para establecer a un nivel poblacional el impacto de factores ambientales de riesgo. Estos estudios permiten realizar una exploración de como la exposición de corto plazo se correlaciona con eventos agudos de morbilidad, mortalidad y proxy relacionados con la atención por distintos servicios de salud. Es importante reconocer que la limitación más importante, y que es reconocida por estos estudios, es la disponibilidad y calidad de la información de salud, así como el reto para establecer con el menor nivel de incertidumbre posible la exposición a los distintos contaminantes.

En total se encontraron 46 artículos de tipo ecológico de series de tiempo. Dentro de ellos, el 47,8% (22 estudios) perteneció a Brasil, 26,1% (12 estudios) correspondieron a España, 17,4% a Chile (4 estudios) y México (4 estudios), 6,5% (3 estudios) se encontraron en Colombia (Tabla 5).

El 21,7% (n=10) de los estudios de series de tiempo se dedicaron al estudio de una sola especie de contaminante, entre los que se encuentran el PM₁₀ (6 estudios), PM_{2,5} (3 estudios) y el CO (1 estudio). Los demás evaluaron simultáneamente entre 2 y 6 contaminantes, se destaca el PM₁₀ (común a 30 estudios), el O₃ (n=29), el PM_{2,5} (n=14), posteriormente el SO₂, NO₂, CO y por último NO_x.

El 65,2% de las series de tiempo relacionaron los eventos sanitarios con el promedio diario de la concentración de los contaminantes, seguido por el promedio anual (8,7%) y el promedio horario (8,7%). En el caso de los estudios que midieron ozono entre sus contaminantes, se utilizó el promedio de 8 horas. El 8,7% no definió claramente la unidad de tiempo en que se midieron los contaminantes. Sólo en un caso se realizó las mediciones del promedio semanal.

El 67,4% de las series centraron la mirada en eventos que se presentaron en toda la población del sitio de estudio, el 23,9% se enfocó en el análisis de eventos en niños menores de 5 años o en recién nacidos y





lactantes, y el 8,7% en adultos mayores. Los eventos de salud estudiados fueron principalmente eventos agudos de los sistemas respiratorio y cardiovascular. En el 54,3% (25 estudios) analizó la atención en servicios en salud debido a eventos cardiovasculares y respiratorios asociados a fenómenos ambientales: 14 estudios analizaron la frecuencia de admisiones hospitalarias y/o consultas externas, 4 analizaron la frecuencia en la atención en servicios de urgencias, 6 las hospitalizaciones y 1 por procedimientos de nebulización en pacientes con asma. Un estudio indagó por el comportamiento de los partos prematuros (7) y las complicaciones post-parto en los recién nacidos (53) y uno último por síntomas de cefalea (13). El 41,3% (19 de 46) de los estudios se enfocaron en la relación entre la contaminación y la mortalidad: en 12 se indaga la mortalidad por causas cardiovasculares y/o respiratorias, en 5 la mortalidad general, en 1 la mortalidad por cáncer y 1 restante mortalidad por enfermedades cardiovasculares, respiratorias y diabetes.

Los diferentes estudios revelan una gran variabilidad en relación al tiempo de observación que osciló entre 153 días (28) y 12 años (41). El periodo de estudio más frecuente se encontró entre 3 y 5 años (17 estudios), seguidos por los estudios con un año de duración (5 estudios), 4 años (4 estudios) y 9 años (4 estudios).





Tabla 5. Características generales de los estudios de series de tiempo encontrados para América Latina y España (n=46)

Autor/Año	Período de estudio	Duración	Sitio de estudio	Tipo de Estudio Ecológico	Contaminantes	Evento en Salud
Amancio (2012)	2003-2007	5 años	Sao José dos Campos, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	SO ₂ , PM ₁₀ y O ₃	Mortalidad por enfermedad cardiovascular
Amancio (2014)	2005-2009	5 años	Sao José dos Campos, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ y O ₃	Accidente cerebrovascular
Arbex (2009)	2001-2003	3 años	São Paulo (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ y CO	Admisiones hospitalarias por EPOC
Arroyo (2016)	2001-2009	9 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	NO ₂	Partos prematuros, bebés con bajo peso al nacer y muerte fetal tardía.
Blanco-Becerra (2014)	1998-2006	9 años	Bogotá (Colombia)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidades por enfermedades respiratorias y cardiovasculares
Blanco-Becerra (2014)	1998-2006	9 años	Bogotá (Colombia)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular
Bottini de Souza (2014)	2005-2010	6 años	Grande Vitória (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ y CO	Admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias
Carnesecca (2012)	2004-2012	9 años	Riberao Preto, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Atenciones en salud por asma (nebulizaciones)
César (2015)	1998-2006	8 años	Taubaté-Sao Paulo(Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	NOX	Mortalidad por causa respiratoria





Cirera (2012)	1995-1998	4 años	Cartagena-España	Ecológico: Series de tiempo	SO ₂	Visitas a emergencias por Asma y EPOC
Costa Nascimento (2012)	2007-2008	1 año	São José dos Campos (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ y O ₃	Admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares
Dales (2009)	2001-2005	5 años	Santiago de Chile-Chile	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , PM _{2,5} , CO, O ₃ , SO ₂ y NO ₂	Cefalea (migraña y cefaleas no especificadas)
Freitas (2016)	2001-2006	6 años	Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , O ₃ y SO ₂	Ingresos hospitalarios por enfermedad respiratoria y cardiovascular
Gavinier (2014)	2007-2011	5 años	Sorocaba, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Accidente cerebrovascular
Gaviria (2011)	2008-2009	1 año y 9 meses	Medellín-Colombia	Ecológico: Series de tiempo	PM _{2,5} y PM ₁₀	Urgencias por enfermedades respiratorias
Guaita (2011)	2003-2005	3 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	SO ₂	Mortalidad respiratoria
Jasinski (2011)	1997 y 2004	8 años	Cubatão, São Paulo (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ y O ₃	Internaciones hospitalarias por enfermedades respiratorias
Jiménez (2009)	2003-2005	3 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	SO ₂	Mortalidad general diaria
Jiménez (2010)	2003-2005	3 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad general
Jiménez (2011)	2003-2005	3 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , PM _{2,5} y PM Course	Mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias
Linares (2010)	2003-2005	3 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	PM _{2,5}	Admisiones hospitalarias por todas las causas (excepto trauma y nacimientos),





						por causa respiratoria y circulatoria.
López-Villarrubia (2010)	2000-2004	5 años	Islas Canarias-España	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , CO	Mortalidad por todas las causas (excepto accidental) cardiovasculares y respiratorias
López-Villarrubia (2012)	2001-2004	4 años	Islas Canarias-España	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad general, cardiovascular y respiratoria
Maté (2010)	2003-2005	3 años	Madrid-España	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad por enfermedad circulatoria
Moura (2008)	2002-2003	1 año	Río de Janeiro (Sudeste de Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y CO	Hospitalización pediátrica por enfermedades respiratorias
Moura (2009)	2002-2003	1 año	Rio de Janeiro (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ y CO	Síntomas respiratorios como obstrucción de vías aéreas, asma, bronquiolitis y sibilancias
Muñoz (2009)	2002-2004	3 años	Santiago de Chile-Chile	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Urgencias por Bronquitis aguda
Nardocci (2013)	2003-2008	5 años	Cubatao, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Hospitalizaciones por enfermedad respiratoria y cardiovasculares
Nascimento (2011)	2004-2006	3 años	Sao José dos Campos, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , O ₃ y SO ₂	Hospitalizaciones por enfermedad cardiovascular





Negrisola (2013)	2007-2008	1 año	Sorocaba, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , NO, NO ₂ y O ₃	Admisiones hospitalarias por Neumonía
O'Neill (2008)	1998-2000	3 años	Ciudad de México en México; São Paulo en Brasil; y Santiago en Chile	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias
Pablo-Romero (2015)	2007-2011	5 años	Sevilla-España	Ecológico: Series de tiempo	PM _{2,5}	Admisiones hospitalarias por bronquiolitis, asma, neumonía y bronquitis y otras causas
Patto (2016)	2011-2013	3 años	São José do Rio Preto, estado de São Paulo (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM _{2,5}	Hospitalizaciones por neumonía
Pereira Filho (2008)	2001-2003	3 años	Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	NO ₂	Visita a emergencias por enfermedad cardiovascular
Reyna (2012)	2003-2007	5 años	Mexicali, Baja California-México	Ecológico: Series de tiempo	Partículas totales	Mortalidad general
Riojas-Rodríguez (2014)	2006	1 año	Ciudad de México y en el vecino Estado de México, el área de estudio final incluyó 33 municipios en el Estado de México en su totalidad	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ y O ₃	Mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular
Romieu (2012)	1997-2005	9 años	(Monterrey, Toluca y Ciudad de México en México; Rio de Janeiro, São Paulo y Porto Alegre en Brasil; y Santiago, Concepción y Temuco en Chile)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad diaria
S de Oliveira (2011)	2002-2006	5 años	Volta Redonda (Estado de Río de Janeiro, Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ y O ₃	Mortalidad por enfermedad respiratoria





Sanhueza (2010)	1998-2004	8 años	Santiago de Chile-Chile	Ecológico: Series de tiempo	CO	Mortalidad diaria por enfermedad cardiovascular y respiratoria.
Santurtún (2016)	2003-2014	12 años	Santander, Cantabria-España	Ecológico: Series de tiempo	CO	Admisiones hospitalarias por causas cerebrovasculares
Sousa, et al (II) (2012)	2000-2005	6 años	Río de Janeiro (Brasil)	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ y CO	Hospitalizaciones de emergencia por enfermedad respiratoria
Tuan (2015)	2012	1 año	Sao José dos Campos, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀ , SO ₂ , O ₃ y CO	Hospitalización por Neumonía
Valdés (2012)	1998-2007	10 años	Santiago de Chile-Chile	Ecológico: Series de tiempo	PM 2,5	Mortalidad por causas específicas (EPOC, cerebrovasculares, cardiovasculares y respiratorias)
Vieira de Souza (2016)	2010-2012	3 años	Araquara, Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	NO ₂ , O ₃ y PM ₁₀	Hospitalizaciones diarias por Neumonía
Yanagi (2012)	1997-2005	9 años	Sao Paulo-Brasil	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad por Cáncer
Zuñiga (2016)	2003-2013	11 años	Ciudad De Panamá	Ecológico: Series de tiempo	PM ₁₀	Mortalidad por cardiorrespiratoria, respiratoria y diabetes.

(4-49) EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

El riesgo relativo fue la medida de asociación que se utilizó con mayor frecuencia para establecer la relación entre los contaminantes y salud (58,7%). En general se calculó el riesgo dados incrementos o variaciones de 10µg/m³ de cada contaminante, siendo más frecuente el PM₁₀ (27 estudios). Estas variaciones principalmente se asociaron a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Solamente cuatro estudios analizaron de acuerdo a reducciones en la concentración de los contaminantes (4) (35)





(38) (79), los cuales fueron una disminución de $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$, $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x , $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} y $98\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 , éstos fueron desarrollados en España, Brasil y México respectivamente.

Los riesgos relativos oscilaron entre 0,98 y 9,67 en los diversos estudios, este último corresponde a la asociación entre el incremento y los ingresos hospitalarios por enfermedad cardiovascular y respiratoria en un estudio llevado a cabo en Brasil. El menor riesgo relativo se presentó en un estudio llevado a cabo en Brasil (11), donde el riesgo de mortalidad por causa respiratoria se aumentó en $\text{RR} = 0,999$ (IC 95%: 0,957; 1,042) por cada aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x . Por otro lado, el RR más alto se encontró (14), para admisiones hospitalarias por enfermedades generales, cardiovasculares y respiratorias según la variación de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} y se presentó un $\text{RR} = 9,67$ (IC 95%: 7,54; 11,84).

La segunda medida de asociación más usada, fue el porcentaje de incremento de frecuencia en la ocurrencia de los eventos en salud, en el 23,9% de los estudios. El 17,4% de los estudios presentó otras medidas de asociación, dentro de ellas se encontraron: Coeficientes de Beta por regresión binomial negativa (2 estudios) (35) (40), coeficiente de Poisson (36), Correlación de Spearman (16) y Riesgo excesivo (42).

La magnitud epidemiológica del evento, se midió en 4 estudios usando la tasa de incidencia de mortalidad respiratoria y cardiovascular, admisión hospitalaria por enfermedades cerebrovasculares y consultas asociadas a la bronquitis (28) (40) (41) (48).

En la tabla 6 se presentan los resultados de las series de tiempo cuyos resultados fueron plausibles y que presentaron significancia estadística.

Tabla 6: Análisis de resultados principales de las series de tiempo encontradas en la revisión de la literatura (n= 38)

Autor/Año	País	Exposición	Evento	Medida de asociación	Significancia estadística (IC 95%)
Amancio (2012)	Brasil	Aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2	Mortalidad por enfermedad cardiovascular	$\uparrow \text{RR}: 1,04$	1,01; 1,06
Amancio (2014)	Brasil	Variación de $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	Accidente cerebro-vascular	$\uparrow \text{RR}: 1.005$	1,000; 1,011
Arbex, et al	Brasil	Incremento RIQ $28,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	Admisiones hospitalarias por EPOC	$\uparrow 13,6\%$ en la frecuencia del evento	1,1; 27,6
		Incremento RIQ $7,8\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2		$\uparrow 15,0\%$ en la frecuencia del evento	2,1; 29,6
		Incremento RIQ 1,3ppm de CO		$\uparrow 4,6\%$ en la frecuencia del evento	0,4; 8,9
Arroyo (2016)	España	Exposiciones de alrededor de $29\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2	Partos prematuros, bebés con bajo peso al nacer y muerte fetal tardía.	$\uparrow \text{RR}: 1,011$ para BPN 14 días después de la exposición	1,007; 1,014
				$\uparrow \text{RR}: 1,014$ para parto prematuro 20 días después de la exposición	1,011; 1,017





				↑ RR: 1,028 Muerte fetal tardía 4 días después de la exposición	1,023; 1,033
Blanco-Becerra (2014)	Colombia	Incremento de 10µg/m ³ en el promedio diario de PM ₁₀ .	Mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular en estrato bajo	↑ 0,76% en el riesgo	0,27; 1,26
			Mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular en estrato medio	↑ 0,58% en el riesgo	0,16; 1,00
			Mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular en estrato alto	↓ 0,29% en el riesgo	-1,16; 0,57
Blanco-Becerra, et al	Colombia	Incremento de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Mortalidades por enfermedades respiratorias y cardiovasculares	↑ 1,43%	0,85; 2,00
Botinni de Souza	Brasil	Un aumento de 10,5µg/m ³ (intervalo intercuartil) en PM ₁₀	Admisiones hospitalarias por enfermedad respiratoria	↑ RR de 1,029	0,991; 1,09
César (2015)	Brasil	3 µg/m ³ de decrecimiento de NO _x	Mortalidad por causa respiratoria	↓ 11,5% en RR tras dos días del evento	2,8; 21
				↓ 17,9% en RR tras 3 días del evento	7,8; 28,9
Cirera (2012)	España	Variación de 10 µg/m ³ de SO ₂	Visitas a emergencias por Asma	Modelo simple RR: 6,1	1,4; 11,0
				Modelo Múltiple RR: 5,2	0,5; 10,1
				Modelo simple: RR 6, 9	3,3; 10,7
			Visitas a emergencias por EPOC	Modelo múltiple RR 5.2	1,5; 8,9
Costa Nascimeto, et al	Brasil	Aumento de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Hospitalización por accidente cerebro vascular	↑ RR en 1,137	1,014; 1,276
Dales (2009)	Chile	Aumento de RIQ: CO 1,15ppm	Hospitalización por Cefalea	↑ en el RR 1,109	1,056; 1,116
		Aumento de RIQ: O ₃ 69,51 ppm		↑ en el RR 1,167	1,080; 1,261
		Aumento de RIQ: SO ₂ 6,20 ppb		↑ en el RR 1,104	1,040; 1,172





		Aumento de RIQ: NO ₂ 28,97 ppb		↑ en el RR 1,113	1,056; 1,173
		Aumento de RIQ: PM ₁₀ 37,79 µg/m ³		↑ en el RR 1,096	1,042; 1,152
		Aumento d RIQ: PM _{2,5} µg/m ³		↑ en el RR 1,105	0,999; 1,194
Freitas, et al	Brasil	Incremento de 10µg /m ³ PM ₁₀	Ingresos hospitalarios por enfermedad respiratoria y cardiovascular general	↑ 9,67% en RR	11,84; 7,54
		Incremento de 10µg /m ³ O ₃		↑ 1,93% en RR	2,95; 0,93
		Incremento de 10µg /m ³ SO ₂		↑ 6,98% en RR	9,98; 4,17
		Incremento de 10µg /m ³ PM ₁₀	Ingresos hospitalarios por enfermedad respiratoria y cardiovascular en menores de 5 años	↑ 6,60% en RR	9,53; 3,75
		Incremento de 10µg /m ³ O ₃		↑ 3,68% en RR	5,07; 2,31
		Incremento de 10µg /m ³ SO ₂		↑ 5,19% en RR	9,01; 1,5
		Incremento de 10µg /m ³ de O ₃	Ingresos hospitalarios por enfermedad cardiovascular	↑ 2,11% en RR	3,18; 1,06
Gavinier (2014)	Brasil	Incremento de 10 µg/m ³ de PM ₁₀	Accidente cerebro-vascular	↑ 1,0038 en el RR 5 días después del evento	0,998; 1,009
Jasinski, et al	Brasil	Incremento de rango intercuartil de 36,1µg/m ³ de PM ₁₀	Internaciones hospitalarias por enfermedades respiratorias en menores de 5 años	4,8% de incremento cuatro días después del evento	1,0; 7,0
			Internaciones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños hasta los 10 años y más	3,8% de incremento 4 días después del evento	0,9; 6,5
		Incremento de rango intercuartil de 46,7µg/m ³ de O ₃	Internaciones hospitalarias por enfermedades respiratorias en menores de 5 años	1,4% de incremento en mismo día del evento	(-0,9; 2,5
			Internaciones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños hasta los 10 años y más	1,3% de incremento el mismo día del evento	0,2; 2,4





Jiménez (2010)	España	Variación de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Mortalidad por todas las causas (Orgánica)	↑ RR de 1.027 tres días después de exposición	1,014; 1,041
			Mortalidad circulatoria	↑ RR de 1.040 tres días después de exposición	1,017; 1,063
			Mortalidad respiratoria	↑ RR en lag 1: 1.035 un día después de la exposición CON presencia de arenas del Sahara	1,009; 1,061
Jiménez (2011)	Madrid - España	Incremento de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Enfermedades cerebrovasculares	RR de 1,022 en todo el año RA: 2,14%	1,004; 1,040
			Enfermedades respiratorias	RR de 1,032 un día después de la exposición RA: 3,07%	1,019; 1,044
				Lag 1 en invierno RR de 1,035 RA: 3,35%	1,019; 1,050
		Neumonía	Lag 1 en invierno: RR de 1,040 RA: 3,89%	1,013; 1,067	
			En lag 4 en verano: RR de 1,067 RA: 6,25%	1,011; 1,122	
		Incremento de 10µg/m ³ de PM _{2,5}	Mortalidad orgánica total	Lag 2 RR de 1,025 RA: 2,48%	1,013; 1,037
			Enfermedades circulatorias	Lag 2 RR de 1,041 RA: 3,98%	1,023; 1,060
				En verano, lag 2: RR de 1,082 RA: 5,81%	1,020; 1,113
			Infarto Agudo de Miocardio-IAM	Lag 2 RR de 1,113 RA: 10,17%	1,10; 1,217
		Asma	RR de 1,264 RA: 20,87%	1,081; 1,446	
		Incremento de 10µg/m ³ de PM _{2,5} Course	Neumonía	Lag 1 RR de 1,049 RA: 4,64%	1,004; 1,094
			Enfermedades respiratorias crónicas	Lag 2 RR de 1,087 RA: 7,97%	1,036; 1,138
En invierno, después de un día de la exposición RR: 1,078 RA: 7,25%	1,016; 1,140				
En verano, a 3 días de la exposición RR: 1,113 RA: 14,33%	1,070; 1,275				
Enfermedades respiratorias	En verano, tras un día de la exposición: RR de 1,314 RA: 23,87%		1,095; 1,532		
Linares (2010)	España	Variación de 10µg/m ³ de PM _{2,5}	Admisiones hospitalarias por todas las causas (excepto trauma y nacimientos).	↑ RR de 1,054	1,034; 1,073





			Admisiones hospitalarias por causa respiratoria	↑ RR de 1,072	1,039; 1,105
			Admisiones hospitalarias por causa circulatoria	↑ RR de 1,065 a los 3 días de la exposición	1,030; 1,100
López Villarrubia (2010)	España	Incremento de 10 µg/m ³ PM ₁₀	Mortalidad Respiratoria en Santa Cruz	↑ 4,9%	1,1; 8,8
		Incremento de 10 µg/m ³ SO ₂	Mortalidad Total en Santa Cruz	↑ 2%	0,17; 3,83
			Mortalidad respiratoria	↑ 5,9%	0,2; 11,8
		Incremento de 10 µg/m ³ NO ₂	Mortalidad Respiratoria	↑ 4,6%	-0,5; 10
		Incremento de 10 µg/m ³ O ₃	Mortalidad cardiovascular en Santa Cruz	↑ 2,5%	0,03; 5,1
			Mortalidad cardiovascular en Las Palmas	↑ 1,44%	-6,6; 4
López Villarrubia (2012)	España	Variación de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Mortalidad general, cardiovascular y respiratoria	↑ 7,4%	1,5; 13,7
Moura (2008)	Brasil	Incremento en el rango intercuartil para O ₃	Hospitalización pediátrica por enfermedades respiratorias	↑ 1,4% en incidencia	0,03; 2,79
Moura, et al	Brasil	Aumento de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Síntomas respiratorios como obstrucción de vías aéreas, asma, bronquiolitis y sibilancias	↑ 7% en incidencia	-1,50; 4,69
Muñoz (2009)	Chile	Exposición de una hora de niveles de 150µg/m ³ de PM ₁₀	Urgencias por Bronquitis aguda	↑ 3% en incidencia	P= 0,038
Nardocci (2013)	Brasil	Incremento de 10 µg/m ³ de PM ₁₀	Hospitalizaciones por enfermedad respiratoria	↑ 5,7% en RR para respiratorias 5 años.	3,80; 7,51
			Hospitalizaciones por enfermedad cardiovascular	↑ en 2,3% en RR en adultos > de 39 años.	0,86; 3,73
Nascimento	Brasil	Variación de 16µg/m ³ de PM ₁₀	Hospitalizaciones por enfermedad cardiovascular	↑ RR= 1,006	1,000; 1,010





Negrisola (2013)	Brasil	Aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2	Admisiones hospitalarias por Neumonía	RR de aumento en hospitalización de 1,016	1.007; 1.025
O'Neill (2008)	3 ciudades latinas	Incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	Mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias: México	\uparrow 0,39%	0,13; 0,65
			Mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias: Santiago de Chile	\uparrow 1.04%	0,71; 1,38
			Mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias: Sao Paulo	\uparrow 0.61%	0,40; 0,83
Pablo-Romero (2015)	Sevilla-España	Reducción de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$	Admisiones hospitalarias por bronquiolitis	Coeficiente de Beta: 0,0099	p: 2.01
			Admisiones hospitalarias por asma	Coeficiente de Beta: 0,0073	p :2,40 con p<0,10
			Admisiones hospitalarias por neumonía	Coeficiente de Betas: 0,019	p: 2,81
			Admisiones hospitalarias por bronquitis y otras causas	Coeficiente de Beta: 0,057	p: 1,2
Patto, et al	Brasil	Aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$	Hospitalización por neumonía	Coeficientes de Poisson: 0,0225 en tras 4 días de la exposición	SE: 0,10475
Pereira Filho (2008)	Brasil	Aumento IQR $64,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2	Visita a emergencias por enfermedad cardiovascular	Coeficiente de Poisson: 0,0028 en diabéticos en la media móvil 2	Por SEM: 0,0013
Reyna (2012)	México	Aumento de los RIQ Invierno: 64,7 de PM_{10}	Mortalidad general	\uparrow RR en el Invierno de 1,028	Invierno: 0,99; 1,05
		Aumento de RIQ Verano: 35,7 de PM_{10}		\uparrow RR en el Verano de 1,007	Verano: 0,98; 1,03
Riojas-Rodríguez, et al	México	Reducciones de PM_{10} a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular	RA: 10500 reducción de muertes	6563; 14282
		Reducciones de O_3 a 0.050ppm ($98 \mu\text{g}/\text{m}^3$)		RA: 2000 anual reducción de las muertes	249; 3608
Romieu (2012)	9 ciudades latinas	Incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	Mortalidad por todas las causas	\uparrow 0,77% en el riesgo	0,60; 1,00
			Mortalidad por enfermedad cardiovascular	\uparrow 0.75% en el riesgo	0,54; 0.89
			Mortalidad por EPOC	\uparrow 2,44% en el riesgo	1,36; 3,59
S de	Brasil	Aumento de	Mortalidad por enfermedad	\uparrow 10,01%	1,81; 18,88





Oliviera, et al		10µg/m ³ de PM ₁₀	respiratoria en mujeres		
		Aumento de 10µg/m ³ de SO ₂		↑ 8,56%	0,77; 16,95
		Aumento de 10µg/m ³ de O ₃		↑ 9,37%	1,72; 17,60
Sanhueza (2010)	Chile	Variación por zona 1 ppm de CO	Mortalidad diaria por enfermedad cardiovascular y respiratoria.	↑ de RR= 1,056	1,039; 1,073
	Brasil	Aumento de 10µg/m ³ de PM ₁₀	Hospitalizaciones de emergencia por enfermedad respiratoria en menores de 1 año	↑ 2,265% en el RR	p<0,0001
Hospitalizaciones de emergencia por enfermedad respiratoria en ancianos			↑ 2,051% en el RR	p<0,005	
Aumento de 10µg/m ³ de SO ₂		Hospitalizaciones de emergencia por enfermedad respiratoria en ancianos	↑ 2,461% en el RR	p<0,05	
Aumento de 10µg/m ³ de CO		Hospitalizaciones de emergencia por enfermedad respiratoria en menores de 1 año	↑ 0,115% en el RR	p<0,05	
	Hospitalizaciones de emergencia por enfermedad respiratoria en ancianos	↑ 0,154% en el RR	p<0,0005		
Tuan (2015)	Brasil	Reducción de 20 µg/m ³ O ₃	Hospitalización por neumonía	↓ de 15% en el RR de hospitalizaciones	5.5; 24.6
		Reducción de 200 ppb de CO		↓ de 10% en el RR de hospitalizaciones	1,4; 1,17
Valdés (2012)	Santiago de Chile	Incrementos 10 µg/m ³ de PM _{2,5}	Mortalidad por causas específicas: Respiratorias-Todas las edades	1,75 con media de dos días	1,01; 2,49
			Mortalidad por causas específicas: Cardiovasculares-Todas las edades	↑ 1,33% con dos días de media	0,87; 1,78





Zuñiga (2016)			Mortalidad por causas específicas: Respiratorias- Mayores de 65 años	↑ 2,13% con media de dos días	1,34; 2,93
			Mortalidad por causas específicas: Cardiovasculares- Mayores de 65 años	↑ 1,54% con media de dos días	1,05; 2,04
			Mortalidad por causas específicas: Cerebrovasculares- Mayores de 65 años	↑ 1,29% con media de dos días	0,44, 2,15
	Panamá	Niveles $\geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	Mortalidad por causa cardiovascular	↑ 9,7% ocurrencia de evento	5,8%; 13,6%
			Mortalidad por causa Respiratoria	↑ 12.6% ocurrencia del evento	0,2%; 24,2%
		Niveles $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3	Mortalidad cardiovascular	↑ 6.9% ocurrencia de evento	0,2%; 14,4%
		Niveles $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2	Mortalidad cardiovascular	↑ 2,3% ocurrencia de evento	0,1%; 8,2%

(4–9,11–15,18,19,21,23,24,26–40,42–46,49,86)

RR: Riesgo Relativo.

RA: Riesgo Atribuible

Lag: Días de retraso o días después de la exposición

SEM: Error estándar de la media (Siglas en inglés)

SE: Desviación Estándar (Siglas en inglés)

Entre las limitaciones encontradas, los artículos discuten que la mayor amplitud de las series de tiempo dificulta la disponibilidad de datos de contaminación, meteorológicos y de morbilidad para efectos de analizar las asociaciones. Así mismo la mayoría de autores plantearon que series amplias reducen la exactitud de los datos y la posibilidad de estimar asociaciones, y afecta la representatividad de ciertos resultados, en estos escenarios es necesario mejorar la calidad de datos mediante el uso de las modelaciones con diferentes técnicas. Un asunto de gran importancia en estos estudios es tener presente la existencia de sesgos de información derivados de la cultura respecto a la utilidad e importancia de los datos. Problemas de sub-registro de la información y la doble contabilización son importantes de tener presentes en el manejo y tratamiento de los datos previos al análisis.





4.2 Estudios de cohortes

Los estudios de cohorte se constituyen en un diseño importante para la exploración de la relación de causalidad entre los contaminantes del aire y la salud, en tanto que a partir de un análisis de la exposición a nivel individual se explican la ocurrencia de eventos a este nivel. Los elevados costos y la compleja logística del seguimiento, explican que su realización no sea muy habitual sobre todo en escenarios de limitaciones presupuestales para la investigación. La revisión de la literatura mostró que los diseños de cohorte fueron realizados con cierta frecuencia. En total 12 publicaciones correspondieron a estudios de cohorte, los cuales fueron publicados en su mayoría en revistas de alto impacto y visibilidad (categoría Q1 y Q2). Importante anotar que este diseño permite evaluar los efectos en poblaciones específicas, tal cual se encontró en 9 de las 12 publicaciones encontradas.

Las dos terceras partes de las publicaciones correspondieron a estudios realizados en España y México con 4 cada uno, seguidos de Colombia con 3 y Brasil 1 estudio. La duración del seguimiento de las personas varió entre 5 meses (58) y 6 años (56). Estos períodos de seguimiento permiten establecer la relación de exposiciones de mediano y largo plazo a los contaminantes del aire con eventos de salud crónicos y agudos.

En la tabla 7 se describen los aspectos principales de las cohortes encontradas en los textos correspondientes a Latinoamérica:

Tabla 7: Características generales de los estudios de cohorte en los países Latinoamericanos y España (n= 12)

Autor/Año	Período de estudio	Sitio de estudio	Tamaño de la muestra	Tipo de Estudio	Contaminantes	Evento en Salud
Alves de Oliveira (2012)	2008	Rio de Janeiro-Brasil	221 niños	Cohorte	PM _{2,5}	Asma
Ballester (2010)	2003-2005 (19 meses)	Valencia-España	855 mujeres embarazadas	Cohorte	NO ₂	Cambio en las medidas antropométricas de los recién nacidos
Cortez Lugo (2015)	2000	Ciudad de México-México	29 personas	Cohorte	PM _{2,5}	Síntomas respiratorios de EPOC
Fernández Samoano (2015)	2003-2008	Asturias, Gipuzkoa y Valencia, y la ciudad de Sabadell en la provincia de Barcelona	2457 mujeres	Cohorte	NO ₂	Molestias durante el período de gestación
Forns (2016)	2012-2013	Barcelona-España	2897 personas	Cohorte	NO ₂	Trastornos de comportamiento (Ejemplo: TDAH- Trastorno de Déficit de Atención e





						Hiperactividad)
Hernández Cadena (2009)	2005	Ciudad de México-México	619 niños	Cohorte	O ₃ , PM _{2,5} y NO ₂	Síntomas de asma con cambios por uso de broncodilatadores
Hernández Florez (2013)	2007 (6 meses)	Puente Aranda, Kennedy y Fontibón de Bogotá-Colombia	619 niños	Cohorte	PST	Síntomas respiratorios
Jacquemin (2009)	1991 a 1993 y 2000 a 2002	28 ciudades pertenecientes a European Community Respiratory Health Survey (ECRHS)	No se especifica	Cohorte	NO ₂	Síntomas de Asma
Linares (2010)	2004	Salamanca-México	500 niños	Cohorte	O ₃ , SO ₂ , NO ₂ , CO y PM ₁₀	Alteraciones de la función pulmonar y síntomas respiratorios
Rodríguez Villamizar (2010)	2007-2008	Bucaramanga-Colombia	780 niños	Cohorte	PM ₁₀	Enfermedad respiratoria en menores de 5 años
Rodríguez Villamizar (2012)	2009-2010	Bucaramanga-Colombia	764 niños	Cohorte	PM ₁₀	Enfermedades respiratorias
Sarnat (2012)	2008	Frontera México-Estados Unidos (El Paso-Texas Y Ciudad Juárez-México)	4 cohortes de 15 niños para un total de 60 niños	Cohorte	NO ₂ , PM Course, PM _{2,5} y PM ₁₀	Inflamación pulmonar como indicador de asma

(53-64)

PST: Partículas en suspensión totales

NO₂ fue el contaminante estudiado con mayor frecuencia en los estudios de cohorte (7 de 12), seguido de PM₁₀ y PM_{2,5} con 4 publicaciones cada uno. Los incrementos en 10 µg/m³ de cada uno de estos contaminantes son el nivel de variación más estudiado en relación a los eventos en salud, seguido de las excedencias asociadas a niveles límite establecidas localmente.

La mayoría utilizó estrategias de modelación para establecer la exposición aproximada a nivel individual: 3 publicaciones utilizaron sistemas de información geográfica-GIS-, 2 modelos de regresión de uso del suelo-LUR-, 1 modelo de Montecarlo y 1 interpolación espacial Krigging. En 5 estudios la concentración de contaminantes fue establecida a partir de datos de la red de monitoreo y se consideró como una variable de tipo ecológico.





Los eventos respiratorios agudos y crónicos fueron los eventos que con mayor frecuencia estudiaron las investigaciones de cohorte, enfocándose principalmente en la aparición de síntomas respiratorios asociados o no a asma bronquial y EPOC: 5 estudios analizaron las relaciones entre las concentraciones de contaminantes y el asma en población infantil, uno evaluó las tendencias de la prevalencia de EPOC y 3 averiguaron por las enfermedades respiratorias en general. Dos estudios (16,6%) indagaron sobre los posibles efectos de la contaminación y eventos ginecobstétricos (56) y neonatales (53). Un estudio midió las diferencias entre niveles de contaminación y el trastorno de déficit de atención e hiperactividad-TDAH (57), cuyos hallazgos mostraron que exposiciones que variaron en $22,26\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , incrementan en el riesgo de las alteraciones de comportamiento en un 8% (IC 95%: 1,01; 1,16) y 3% el TDAH (IC 95%: 0,94; 1,13).

Variables de tipo individual como edad, sexo, estrato socioeconómico, nivel educativo, antecedente de tabaquismo, condiciones de viviendas o vecindarios e IMC-Índice de Masa Corporal, fueron las variables que con mayor frecuencia se consideraron potenciales confusores de la relación entre calidad del aire y salud y que fueron utilizadas para ajustar los análisis.

Aunque la mayoría de las relaciones encontradas fueron de magnitud pequeña, los diferentes estudios encontraron relación entre los eventos respiratorios o el incremento de sintomatología asociada a distintos niveles de contaminación (Tabla 8). Se destaca una magnitud encontrada en el riesgo de presentar problemas en indicadores antropométricos en el recién nacido (peso y talla) reportado por Ballester y colaboradores (53), lo cual es evidencia de la posible afectación de la contaminación sobre la salud materno-fetal con implicaciones de largo plazo que deberán establecerse. También llama la atención la ausencia de estudios que indaguen sobre eventos de tipo cardiovascular y cerebrovascular o diferentes tipos de cáncer o indicadores asociados con estos eventos y que reflejan los procesos de exposición acumulativa. Los tiempos relativamente cortos de seguimiento de las cohortes reseñadas no permiten estudiar relaciones de muy largo plazo con periodos pre-patogénicos que ubican las exposiciones en unidades de tiempo de décadas.

Una ventaja encontrada en este diseño es poder estimar con mayor precisión las relaciones de exposición y salud en tanto el diseño permitió controlar los sesgos individuales de los grupos de participantes que fueron seguidos en el tiempo.

Tabla 8: Análisis de resultados principales de los estudios de cohorte encontrados en la revisión de la literatura (n=12)

Autor/Año	Exposición	Evento	Medida de asociación	IC-Intervalo de confianza 95%
Hernández Cadena (2009)	Variación de 16 ppb de O_3	Síntomas de asma con cambios por uso de broncodilatadores	Aumento en el RIQ: 11% de descenso en respuesta post-broncodilatador	-23; -0,8
Sarnat (2012)	Variación de 12,3 ppb de NO_2	Inflamación pulmonar como síntoma de asma	Aumento en el RIQ: 3,8	1,5; 6,1
Rodríguez Villamizar (2012)	Exposición entre 40 y $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	Enfermedades respiratorias	IRR = 0,26	0,05; 0,92
	Exposición a $< 40\mu\text{g}/\text{m}^3$		IRR = 0,40	0,16;





	de PM ₁₀			0,93
Rodríguez Villamizar (2010)	Exposición a niveles por encima de 80µg/m ³ de PM ₁₀	Morbilidad por asma	Prevalencia Relativa: PR=1,44)	1,17; 1,78
Cortez Lugo (2015)	Incremento de 10 µg/m ³ de PM _{2,5}	Síntomas respiratorios del EPOC	↑ 33% en la tos	5%; 69%
			↑ 23% de flema	2%; 54%)
Linares (2010)	Incremento de 10 µg/m ³ de O ₃	Sibilancias como síntoma de asma	OR: 1,0464	1,01; 1,07
	Incremento de 10 µg/m ³ de SO ₂		OR: 1,0213	1,002; 1,04
	Incremento de 10 µg/m ³ de PM ₁₀		OR: 1,0478	1,033; 1,06
	Incremento de 10 µg/m ³ de O ₃	Infección respiratoria aguda	OR: 1,0313	1,002; 1,6
	Incremento de 10 µg/m ³ de PM ₁₀		OR: 1,0184	1,004- 1,04
Hernández Flórez (2013)	Jardín de alta exposición: 91µg/m ³ y Jardín de baja exposición: 50µg/m ³ para PST	Tos con expectoración	IRR= 1,2	1,0-1,4
		Rinorrea	IRR= 1,1	1,0-1,2
		Ausentismo escolar	IRR= 1,7	1,3-2,3
		Sibilancias	IRR= 1,3	1,0-1,6
Jacquemin (2009)	Aumento de 10µg/m ³ de NO ₂	Síntomas de Asma	Ratio of mean asthma score-RMS= 1.23	1.09- 1.38
Ballester (2010)	Exposición a niveles por encima de 40µg/m ³ de NO ₂	Cambio en las medidas antropométricas de los recién nacidos: Peso	OR: 1.37 en el segundo trimestre de gestación	1,01; 1,85
		Cambio en las medidas antropométricas de los recién nacidos: Talla	OR: 1.42 en el segundo trimestre de gestación	0,89; 2,25
Fernández Samoano (2015)	Variación de 10µg/m ³ de NO ₂	Molestias durante el período de gestación	OR: 1.54	1.39; 1,71
Forns (2016)	Aumento IQR = 22.26 µg/m ³ de NO ₂	Trastornos de comportamiento: Dificultades del comportamiento	↑ RIQ: 1,08	1,01; 1,16
		Trastornos de comportamiento: Déficit de Atención e Hiperactividad	↑ RIQ: 1,03	0,94; 1,13

(53,54,56-64)

IRR: Razón de Tasas de Incidencia

RIQ: Rango Inter-Cuartil

PST: Partículas en Suspensión Totales

OR: Odds Ratio





ppb: Partes por Billón





4.3 Análisis de estudios en el contexto regional y por país.

Uno de los esfuerzos más reconocidos en materia de investigación, es el proyecto ESCALA-Estudio de Salud y Contaminación del Aire de Latinoamérica-, (39) llevado a cabo entre 1997 y 2005, donde se recopilaban datos de toda la región. Este estudio fue multicéntrico en diferentes ciudades Latinoamericanas. Su objetivo principal fue estimar el efecto de la exposición diaria de PM₁₀ (partículas de 10 µm de diámetro aerodinámico) y ozono (O₃) sobre la mortalidad por varias causas (enfermedad cardiopulmonar, enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, accidente cerebrovascular y enfermedad pulmonar obstructiva crónica) en diferentes grupos de edad (todas las edades, de 65 años, < 1 año, de 1 a 4 años, de 1 a 14 años) en nueve ciudades, utilizando un marco analítico común. Éstas fueron Monterrey, Toluca y Ciudad de México en México; Río de Janeiro, São Paulo y Porto Alegre en Brasil; y Santiago, Concepción y Temuco en Chile. Porto Alegre, Concepción, y Temuco fueron excluidas del análisis debido a la falta de datos de efectos de la salud por contaminación con ozono.

ESCALA obtuvo resultados significativos, permitiendo inferir que un aumento de 10µg/m³ de los contaminantes incrementa el riesgo de mortalidad. La zona de vivienda es un factor determinante, pues a menor estrato mayor es el riesgo de muerte por exposición a los contaminantes (39).

Es importante mencionar el estudio llevado a cabo en tres ciudades de Latinoamérica (Ciudad de México, Sao Paulo y Santiago de Chile) (34), en el cual dados incrementos de 10µg/m³ de PM₁₀ se generaron aumentos en los porcentajes de mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares del orden de 0,39% para México, 1,04% para Sao Paulo y 0,61% para Santiago de Chile.

En el Estado de Sao Paulo, Brasil, diversos estudios han demostrado una alta contaminación por material particulado que se ha hecho más evidente en los últimos años, de hecho, alrededor del 85% de los estudios que se seleccionaron dentro de la revisión, correspondieron a este Estado, estos reportaron afectaciones respiratorias, cardiovasculares (44) y con especial interés, complicaciones en el embarazo y salud de los recién nacidos (78) y exacerbaciones en la fibrosis quística, como tema de novedad en la investigación a nivel de este país (69).

En Chile, según los propios expertos del país, (foro de calidad del aire en el Área Metropolitana) el principal problema radica en la acumulación de los contaminantes debido a su topografía y en el acelerado crecimiento de la Ciudad de Santiago, lo que ha provocado un mayor número de vehículos y la emisión de contaminantes producto de las industrias y la producción de energía. Alrededor del 75% de los estudios encontrados, indagaron por las enfermedades cardiovasculares, asociadas a las exposiciones a PM₁₀ y con menos frecuencia a SO₂ (Dióxido de Azufre) y CO (Monóxido de Carbono). El 12,5% de los estudios encontrados, analizó la relación de éstos contaminantes con las enfermedades respiratorias y el 12,5% restante, por las enfermedades neurológicas, en especial cefalea y migraña (13).

El Estado de México, es una de las regiones metropolitanas más grandes de América Latina y una de las más contaminadas según el inventario de calidad del aire de la OMS y los datos del Clean Air Institute (1). Los estudios están concentrados en su mayoría en la evaluación de los efectos a la salud que provoca el material particulado, tanto en la fracción PM₁₀ (34) (37) (38) (39) (50) (85) como en la fracción de PM_{2,5} (54) (68); se destaca que el 80% de los estudios indagó por estos contaminantes, frente al 20% que estudió el





NO₂ (Dióxido de Nitrógeno) (64) y el O₃ (Ozono) (58) (61). Estos estudios contrastaron las concentraciones de los contaminantes atmosféricos con eventos en salud que en su mayoría se enfocaron en la mortalidad general, el asma y los eventos cardiovasculares.

En España, se destaca dentro de la investigación como uno de los países donde se han realizado un gran número de estudios de calidad. Ha sido participante de proyectos que integraron a la región europea en el conocimiento del estado de la salud de los habitantes de la región por la exposición a la contaminación del aire. Para los objetivos de ésta revisión, España aportó 22 artículos, de los cuales 12 correspondieron a estudios ecológicos de series de tiempo, 4 estudios de cohorte, 2 de casos cruzados, un estudio de casos y controles, uno de impacto en salud, un estudio longitudinal y uno más, del cual no se aclaró el diseño utilizado.

En un estudio llevado a cabo en España (56), el cual fue realizado durante seis años en cohortes de mujeres gestantes concluyó que diversas molestias durante la gestación se incrementan cuando aumenta la concentración de NO₂ (las molestias se incrementan un OR de 1,54 por cada 10µg/m³ que aumenta la concentración del contaminante). Esta cohorte, siendo amplia, se apoyó en el modelo de uso del suelo-LUR para conocer cómo se comportaba en contaminante y el evento en salud de acuerdo con la zona de residencia de las gestantes; esto permitió evidenciar que en diferentes zonas de España, los eventos varían según las condiciones de concentración del NO₂.

España es uno de los países, dentro de esta búsqueda que arrojó eventos en salud asociados a la contaminación del aire, diferentes a los que comúnmente se han encontrado en los demás países. Tal es el caso de las complicaciones post-parto y post-nacimiento (7), los trastornos neurológicos y las anomalías congénitas (53) (57) (66) (83).

Se destaca el estudio encontrado en Panamá (49), el cual fue una serie de tiempo de 11 años que averiguó la relación entre aumentos en el PM₁₀ del orden de 40 µg/m³, NO₂ y O₃ de 20 µg/m³, contrastados con los casos de mortalidad por causas cardiovasculares, respiratorias y diabetes. En este estudio, si bien no se correspondió con los países definidos en la búsqueda inicial, los resultados indicaron asociaciones positivas y se destaca como un estudio importante en la región.

4.4 Estudios colombianos

Se realizó un análisis diferenciado para el país, donde encontraron 17 artículos. Seis publicaciones correspondieron a estudios que fueron realizados en Bogotá y sus localidades, 3 en Santa Marta-Magdalena, 3 en Medellín- Antioquia, 2 en Bucaramanga-Santander, 2 en el municipio de Puerto Nare del departamento de Antioquia y uno en municipios de la zona carbonífera del departamento de Cesar.

En la tabla 9 se encuentran las revistas donde se indexaron los artículos colombianos y sus respectivas categorías en la clasificación internacional. Cabe anotar que las revistas que no se encontraron categorizadas por Scimago, pertenecen a los niveles, A1, A2 y C de Colciencias:

Tabla 9: Revistas y categorías de los artículos realizados en Colombia



Número de Artículos	Revista	Lugar de Publicación	Categoría Scimago
2	Salud Pública de México	México	Q2
2	Cadernos de Saúde Pública	Brasil	Q2
1	Revista Española de Salud Pública	España	Q3
5	Salud Pública	Colombia	Q4
7	Otras revistas	Colombia	Sin categoría en Scimago

De los 17 artículos: 7 (41,2%) corresponden al diseño transversal, 3 (17,6%) a cohortes, 3 (17,6%) estudios ecológicos de series de tiempo, 2 (11,7%) a estudios exploratorios, 1 (5,8%) corresponde a estudio observacional de tipo analítico y el último (5,8%) a un estudio ecológico de subtipo mixto.

En la tabla 10 se describen los aspectos generales de los estudios colombianos y sus principales resultados, así mismo, se especifican las variaciones en las concentraciones de los contaminantes que fueron usados en cada estudio y la medida de asociación que se utilizó:





Tabla 10: Descripción y resultados de los estudios realizados en Colombia de acuerdo a los resultados de la revisión de la literatura (n=17)

Autor (año)	Sitio del estudio	Tipo de estudio	Contaminantes	Evento en salud	Resultados	Nivel de Confianza (IC 95%)
Álvarez (2013)	Santa Marta	Transversal	PM ₁₀ . Exposición >70µg/m ³ de PM ₁₀	Síntomas respiratorios y alteración a la función pulmonar	OR: 2,19 para zonas de alta concentración	1,34; 3,55
Quiroz Arcentales (2013)	Cesar	Transversal	PM ₁₀ . Exposición máxima de 71µg/m ³	Síntomas respiratorios	OR: 0,4 en zona de tráfico	0,2; 0,9
Rodríguez Moreno (2013)	Localidad de Bosa-Bogotá	Transversal	Partículas totales. Baja y alta concentración sin nivel específico.	Síntomas respiratorios	Razones de prevalencia Tos en la noche: 2.0 Razón de prevalencia Despertarse por tos: 1.7 Razón de prevalencia Rinorrea con lagrimeo: 1,7 Razón de prevalencia Sibilancias el último año: 1.3 Razón de prevalencia Síntomas	1,5; 2,6 1,0; 2,8 1,4; 2,2 1,0; 1,8 1,0; 1,3





					respiratorios sin gripa: 1,1	
Salazar Ceballos (2011)	Pescaíto, Gaira, Mamatoco, Don Jaca, Cristo Rey-Santa Marta	Transversal	PM ₁₀ . Exposición aproximada a 75µg/m ³	Ingresos hospitalarios, consulta de urgencias y consulta médica diaria por enfermedad respiratoria	RR en el año 2008: 1.04	1.004; 1.09
					RR en el año 2009: 1.10	1.05; 1.15
Montoya Rendón (2013)	La Sierra, Puerto Nare-Antioquia	Transversal	PM ₁₀ . Medidas generales sin variación.	Función Pulmonar	Los hombres: ↑ 91.7% de volumen expiratorio forzado por encima de 80%	Chi-cuadrado: 0.001
					Mujeres: ↑ volumen expiratorio forzado fue de 60.2%	
Quiroz (2011)	La Sierra, Puerto Nare-Antioquia	Transversal	PM ₁₀ . No define cambios, mediciones reales.	Función Pulmonar	Barrio de residencia y el %VEF < 70%, así como el IMC con la CVF < 80% y el VEF1 < 80%.	Prueba Chi-cuadrado: 0,6750





Onatra (2009)	Localidad de Subabogotá	Transversal	PM ₁₀ . 80µg/m ³ anual para PM ₁₀ , 53 ppb para NO, NO ₂ y para NO _x y SO ₂ un máximo de 31 ppb.	Enfermedad Respiratoria Aguda-ERA	Pearson para Asma: 13%	(p < 0,007)
Hernández Flórez (2013)	Puente Aranda, Kennedy, Fontibón-Bogotá	Cohorte	Partículas totales. Exposición > 150µg/m ³	Síntomas respiratorios	Tos con expectoración: IRR= 1,2	1,0; 1,4
					Rinorrea: IRR= 1,1	1,0; 1,2
					Ausentismo escolar: IRR= 1,7	1,3; 2,3
					Sibilancias: IRR= 1,3	1,0; 1,6
Rodríguez Villamizar (2010)	Bucaramanga	Cohorte	PM ₁₀ . Variaciones de 10µg/m ³	Síntomas respiratorios	Razón de prevalencia: 1,09	0,98; 1,22
Rodríguez Villamizar (2012)	Bucaramanga	Cohorte Prospectiva	PM ₁₀ . Máximos de 60µg/m ³ .	Enfermedades respiratorias	Mediana Contaminación: IRR = 0,40	0,16; 0,93
					Bajos niveles de contaminación: IRR = 0,26	0,05; 0,92
Gaviria (2011)	Medellín	Ecológico de Series de Tiempo	PM ₁₀ . Concentraciones dadas, no define variaciones.	Consulta externa por enfermedad respiratoria	Coeficiente de relación Asma: 6.6312 Coeficiente de relación Bronquitis: 0.6002 Coeficiente de relación Infecciones: 0.7111 Coeficiente de	En este estudio no se reporta nivel de confianza.





					relación Rinitis: 0.7562	
					Coeficiente de relación 0.7533 para el total de enfermedades respiratorias	
Blanco Becerra (2014)	Bogotá	Ecológico de Series de Tiempo	PM ₁₀ . Incremento de 10µg/m ³	Mortalidad diaria por enfermedades respiratorias y cardiovasculares	↑0.76% para todas las edades para SES I	0,27; 1,26
					↑ 0.58% SES II	0,16; 1,00
					↓ -0.29% SES III	1,16; 0,57
Blanco Becerra (2014)	Bogotá	Ecológico de Series de Tiempo	PM ₁₀ . Incremento de 10µg/m ³	Mortalidad diaria por enfermedades respiratorias y cardiovasculares	↑ 0.57% Todas las causas:	0,25; 0,89
					↑ 1.22% Causas respiratorias	0,48; 1,97
					↑ 1.05% Causas respiratorias > 65 años	0,12; 1,98
					↑ 0.71% por todas las causas tres días después de la exposición	0,46; 0,96
					↑ 1.43% por causas respiratorias tres	0,85; 2,00





					días después de la exposición	
					↑ 0.03% por causas cardiovasculares, tres días después de la exposición	-0,49; 0,44
Cuao (2012)	Santa Marta	Exploratorio	PM ₁₀ . Variaciones de 49.3µg/m ³ y 38.9µg/m ³ .	Diagnósticos de enfermedad respiratoria	Prevalencia de 3.1% de enfermedad respiratoria en vías altas para la población de Santa Marta con edades entre 6 y 14 años.	No se reporta nivel de confianza
García (2013)	Bogotá	Exploratorio	PM ₁₀ . Para 2008 y 2010 de 67µg/m ³ y 59µg/m ³ .	Consultas médicas	Consultas médicas realizadas a personas sin seguro médico, con edades entre los 18 y los 65 años, en los hospitales públicos de	No se reportan nivel de confianza





					Bogotá, fue de 715.025 para el año 2008 y de 1'197.131 para el año 2010, lo que muestra un incremento del 67,4 % entre estos dos años.		
Herrera Torres (2011)	Medellín	Observacional Analítico	PM _{2,5} . Exposiciones entre 39 y 62 µg/m ³ .	Consultas por enfermedades respiratorias	↑ RR de 1,54 Niñas	1,00; 2,37	
					↑ RR de 1,37 en Niños	0,89; 2,11	
Martínez (2011)	Área Metropolitana del Valle de Aburrá y oriente antioqueño	Ecológico Mixto	PM ₁₀ . Grupo expuesto a 60µg/m ³ y grupo no expuesto 30µg/m ³ .	Síntomas respiratorios	↑ RR de 2,60 Congestión nasal	1,93; 3,62	
						↑ RR 2,22 Dificultad respiratoria	1,56; 3,15
						↑ RR de 2,14 en la Tos	1,63; 2,81

(8,9,16,52,59,62,63,65,67,70-77)

ppb: Partes por Billón

SES: Estrato Socioeconómico

IRR: Razón de tasas de incidencia

La variación que se usó para los contaminantes fue diferente en todos los estudios, la mayoría estableció las variaciones como exposiciones a mínimos y máximos de concentración.

EL 100% de los estudios colombianos se interesaron en el material particulado, de ellos el 80% (n=14) estudió la fracción PM₁₀, el 11,8% (n=2) indagó por las partículas en suspensión totales en general, no especificando el tamaño de las fracciones respirables y el 5,9% la fracción PM_{2,5} (n=1).

El 35,3% (n=6) de los estudios llevados a cabo en Colombia, indagaron por los síntomas respiratorios, el 23,5% (n=4) analizaron la relación entre el material particulado y las atenciones en salud por





enfermedades respiratorias, las cuales se dividieron en consultas médicas, ingresos hospitalarios y urgencias. El 17,6% (n=3) analizaron el comportamiento de las enfermedades respiratorias agudas y el diagnóstico de las mismas. Por último el 23,54% de los estudios analizó los cambios en mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares (n=2) y los cambios en la función pulmonar (n=2). (Figura 3)

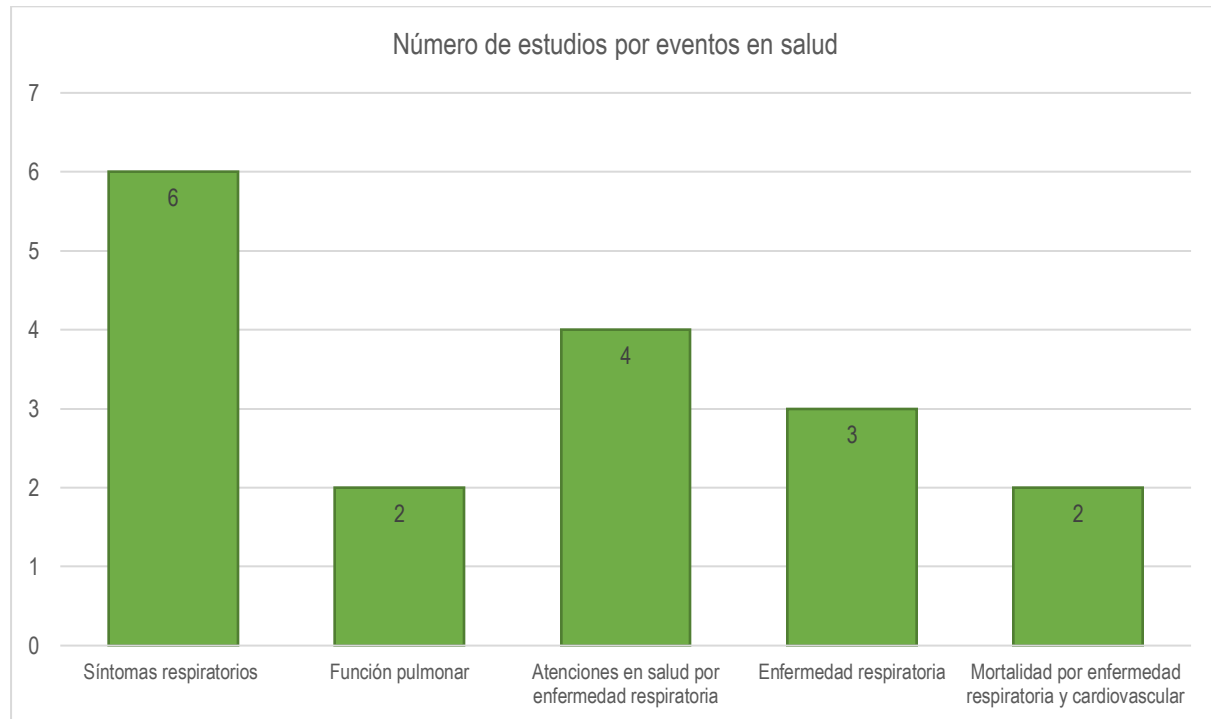


Figura 3: Número de estudios en Colombia por eventos en salud

Nueve estudios (52,9%) exploraron los eventos de salud asociados a la contaminación en población adulta; 7 (41,2%) en población infantil (en su mayoría menores de 14 años), y un estudio (5,8%) se realizó en mujeres embarazadas. Estas poblaciones fueron elegidas de diferentes maneras, algunas fueron invitadas a participar del estudio, llevándose a cabo un muestreo por conveniencia (41,2%), dos estudios realizaron muestreos aleatorios (11,7%), 2 estudios realizaron muestreos estratificados, 2 no definieron el tipo de muestreo y 2 realizaron el estudio con la población total del sitio evaluado, esto comprendió el 35,2% de los estudios colombianos. Sólo un estudio definió los muestreos tomando en cuenta los registros de ingresos hospitalarios y atenciones en salud (5,8%).

La duración promedio de los estudios fue de 1 año, el tiempo más corto fueron 28 días (72) y el más prolongado fue de 9 años (9). En éstos la exposición fue establecida principalmente con los datos obtenidos de las redes de monitoreo de calidad del aire (n=12). En cinco se realizó monitoreo directo de los contaminantes a través de equipos de muestreo ubicados en sectores poblacionales. Uno de ellos, utilizó el monitoreo directo poblacional como forma para medir la exposición a PM₁₀, y se realizó para los pobladores del corregimiento de La Sierra en el municipio de Puerta Nare, departamento de Antioquia (74). Solo un estudio realizó monitoreo personal con equipos durante el período de análisis, cabe anotar que éste estudio fue el de menor duración con 28 días de seguimiento (72).





En su mayoría (82,3%) los estudios colombianos no establecieron un estándar para las variaciones de los contaminantes. Sólo tres utilizaron el incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ del contaminante de interés (8,9) (62).

Las exposiciones fueron ajustadas en el 47% ($n=8$) de los estudios usando variables meteorológicas (temperatura media, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento). El 35,3% de los estudios no realizó ajuste de variables para la exposición. Un estudio ajustó la exposición de acuerdo a condiciones de consumo de tabaco, presencia de animales domésticos, flujo vehicular y antecedentes patológicos familiares como gripa y bronquitis, éste fue de tipo poblacional (65). Uno más, también de medición poblacional, tuvo en cuenta el control de confusores, como modificadores de la exposición, las condiciones de salud general y el consumo de drogas o alcohol (52). Finalmente, un estudio tuvo la variable de zona donde se realizó la medición como ajuste de la exposición a los contaminantes, en el cual según la cada zona se estimó la exposición de toda la población (75).

La magnitud del evento fue medida por proporciones de prevalencia en 5 estudios (29,4%), los artículos evidenciaron correlaciones significativas entre los contaminantes y eventos sanitarios. Las correlaciones más altas se hallaron por exposición a partículas en suspensión y a PM_{10} , donde se mostraron incrementos de 86,1% en la prevalencia de gripa, 64,3% en los diagnósticos de bronquitis y 54,4% en la prevalencia de tos al levantarse (76). Además, se encontraron correlaciones que usaron la frecuencia de ocurrencia de eventos en 4 estudios (25,5%), en razón de incrementos en las concentraciones de PM_{10} frente a las enfermedades respiratorias. Las tasas de incidencia (17,6% de los estudios $n=3$), las cuales se presentaron como Razones de tasas de incidencia-IRR en dos casos, con resultados que oscilaron entre 0,40 y 1,09 de aumento en las enfermedades respiratorias por exposiciones a PM_{10} . Cinco estudios no definieron la magnitud del evento.

Las principales medidas de asociación utilizadas fueron los Odds ratio (OR) y los Riesgos Relativos (RR). Los OR oscilaron entre 0,4 y 2,19, asociando positivamente los aumentos en los síntomas respiratorios con las exposiciones a partículas totales en suspensión y a PM_{10} de entre de 70 y $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ (59) (65) (75). Los RR, se encontraron en un rango de 1,10 a 2,60 para las enfermedades respiratorias por exposiciones superiores a $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ (52) (71) (77).

En el año 2014, se llevaron a cabo dos estudios. De éstos se destaca que las fuentes de información fueron las mismas, así como el método de análisis, sin embargo, debido a sus enfoques se obtuvieron resultados diferentes. En ambos se evaluó el comportamiento de la mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares tras exposiciones a PM_{10} . El primero de los estudios encontró asociación entre las variables, las cuales se modificaron según el estrato socioeconómico de las personas, donde a menor estrato socioeconómico, mayor fue el riesgo de morir por haber estado expuesto al contaminante (8). El segundo estudio encontró, incrementos en la mortalidad específica por causas respiratorias y cardiovasculares por cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (9).

Un estudio que vale la pena destacar se desarrolló en Bucaramanga con enfoque multinivel (62), el cual fue llevado a cabo en niños menores de 7 años. Los hallazgos sugieren que variaciones de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el PM_{10} ocasionan un aumento de 1,09 en la razón de incidencia de síntomas respiratorios en la población de niños pre-escolares de la ciudad.

Resultados similares se obtuvieron en estudio realizado en Bogotá (59), en el que por exposiciones superiores a $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas totales, se encontraron razones de tasas de incidencia significativas para los síntomas respiratorios, el más significativo se encontró para el ausentismo escolar con un





aumento de 1,7 (IC 95%: 1,3; 2,3). Este estudio usó las razones de tasa de incidencia-IRR, una medida de asociación diferente a los estudios usados comúnmente en el país.

Se identificó, dentro de las discusiones de los artículos, que uno de los aspectos más importantes es el control de los sesgos, sobre todo en aquellos estudios que utilizaron encuestas como instrumento de recolección de la información, para lo cual los propios investigadores sugieren la importancia de la capacitación y el acompañamiento a los participantes como mecanismos que garantizan el correcto diligenciamiento y la recordación de aspectos que pueden modificar los resultados. De igual forma, se manifiesta la importancia de tener en cuenta las comorbilidades al momento de los análisis.

Uno de los aspectos que resultan relevantes de la investigación en Colombia es el estudio de las enfermedades del tracto respiratorio superior e inferior. Son las patologías de estudio más frecuentes, sin embargo, frente a la búsqueda en los otros países se evidencia la falta de exploración de otras áreas importantes como la ginecobstetrica y la neurológica. Aún no se conoce la generación de políticas públicas que hayan surgido de investigaciones en el país, el cual es un campo en el que se debe enfocar mucho más la gestión del conocimiento de la mano con la administración pública.

Se contempla dentro de las limitaciones de la investigación en el país el acceso a la información como se evidenció en algunos de los estudios que se apoyaron en información recolectada directamente y no por parte de entidades territoriales o públicas y la recolección de datos sobre todo ambientales, puesto que los recursos económicos son limitados.

Resulta un rasgo importante, que no se encontró investigación en zonas estratégicas para el país como la región de La Guajira, además del hecho que en muchos departamentos del país la contaminación del aire y su relación con la salud de la población aún sigue sin ser explorada, teniendo en cuenta zonas del país donde hay alta producción industrial. De igual forma, los estudios no reflejaron la influencia de las condiciones topográficas y climatológicas variadas de que dispone el país y de la influencia que pueden tener sobre los fenómenos de contaminación los vientos intercontinentales y la intrusión de arenas y contaminantes provenientes de lugares como los desiertos.





5 CONCLUSIONES

Para efectos de la presente revisión de la literatura, es importante mencionar como una conclusión relevante la existencia de asociación de problemas de salud con la exposición a contaminantes, mayormente a material particulado en fracción PM_{10} y $PM_{2,5}$ relacionados con patologías respiratorias y cardiovasculares, ya que la gran mayoría de estudios de cohorte, sino todos, muestran medidas de asociación elevadas. Es decir, RR mayores a 1 significan una asociación positiva: la presencia del factor de riesgo (en este caso el tipo y/o concentración del contaminante) se asocia a una mayor frecuencia de suceder el evento (la enfermedad).

La presente revisión de la literatura permitió evidenciar que existe una gran morbimortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares relacionadas con la contaminación atmosférica; sin embargo, existe otro tipo de eventos como el bajo peso al nacer, alteraciones neurológicas y del desarrollo cognitivo que deben ser estudiadas con mayor profundidad a pesar de la fuerte asociación que presentan con los contaminantes ambientales; esto podría permitir soportar mayor evidencia para la toma de decisiones en salud pública.

Para el caso Colombiano si bien la evidencia aún es escasa, se hace necesario fortalecer redes de investigación que permitan dar mayor visibilización a relación de los eventos en salud con la contaminación atmosférica; sin embargo, los estudios presentados muestran cifras de vital importancia para el fortalecimiento de política pública tendiente al mejoramiento de la calidad del aire y la salud.

No se han encontrado estudios que den cuenta de eventos crónicos, algunos analizan los eventos agudos y los crónicos se comprendieron sólo como enfermedades de base y se evaluaron sus exacerbaciones.

Un aspecto importante, por ser modificador de los resultados, son las condiciones particulares de cada región, como la meteorología y la topografía, en lo cual muchos estudios no han hecho hincapié.

En una región como la iberoamericana, sobre todo en los países de Latinoamérica que representan menos ingresos, es importante el esfuerzo de los estudios que han centrado la mirada en el factor de riesgo que puede presentarse en diferentes estratos socioeconómicos, sin embargo, es fundamental conocer cómo los determinantes de la salud de las poblaciones en diferentes sectores, modifican la ocurrencia de eventos en salud y los riesgos a los que están expuestos en relación con los contaminantes atmosféricos. Para reducir incluso la brecha de equidad en la investigación.

Se hace la anotación de la importancia de la investigación de otros contaminantes como los Compuestos Orgánicos Volátiles - COV y los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos-HAP, de los que se conoce son producto de procesos industriales y de combustión vehicular. De igual forma resaltar la investigación de los efectos del Ozono.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Clean Air Institute. La Calidad del Aire en América Latina: Producido por el Clean Air Institute [Internet]. Clean Air Institute. Washington ; 2012 [citado 22 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-spanish.pdf>
2. World Health Organization. WHO | Air quality guidelines - global update 2005 [Internet]. WHO World Health Organization; 2011. [consultado 2017 Jul 25] Disponible en: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/
3. Scimago Journal & Country Rank [Internet]. [citado 1 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.scimagojr.com/index.php>
4. Amancio CT, Nascimento LFC. Association of sulfur dioxide exposure with circulatory system deaths in a medium-sized city in Brazil. *Brazilian J Med Biol Res* [Internet]. 2012;45(11):1080-5. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bjmr/v45n11/2072.pdf%0A%0A%0A>
5. Amancio CT, Nascimento LF. Environmental pollution and deaths due to stroke in a city with low levels of air pollution: ecological time series study. *Sao Paulo Med J* [Internet]. 2014;132(6):349-54. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=18825&tip=sid&clean=0%0A%0A%0A>
6. Arbex MA, De Souza Conceicao GM, Cendon SP, Arbex FF, Lopes AC, Moyses EP, et al. Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease-related emergency department visits. *J Epidemiol Community Heal* [Internet]. 2009;63(February):777-83. [consultado 2017 May 04] Disponible en: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=emed9&AN=2009512514%5Cnhttp://lshtmfx.hosted.exlibrisgroup.com/lshtm?sid=OVID:embase&id=pmid:&id=doi:10.1136/jech.2008.078360&issn=0143-005X&isbn=&volume=63&issue=10&spage=777&pages=777>
7. Arroyo V, Díaz J, Carmona R, Ortiz C, Linares C. Impact of air pollution and temperature on adverse birth outcomes: Madrid, 2001–2009. *Environ Pollut* [Internet]. 2016;218:1154-61. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.069>
8. Blanco-becerra LC, C M, Miranda-soberanis V, C M, Barraza-villarreal A, C D, et al. Effect of socioeconomic status on the association between air pollution and mortality in Bogota , Colombia. *Salud Publica Mex* [Internet]. 2014;56(4):371-8. [consultado 2017 May 1] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25604177%0A>
9. Blanco-Becerra LC, Miranda-Soberanis V, Hernandez-Cadena L, Barraza-Villarreal A, Junger W, Hurtado-Diaz M, et al. Effect of particulate matter less than 10 μ m (PM10) on mortality in Bogota, Colombia: a time-series analysis, 1998-2006. *Salud Publica Mex* [Internet]. 2014;56(4):363-70. [consultado 2017 May 1] Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342014000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
10. Carneseca EC, Achcar JA, Martinez EZ. Association between particulate matter air pollution and monthly inhalation and nebulization procedures in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil. *Cad Saude Publica* [Internet]. 2012;28(8):1591-8. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22892978>





11. César ACG, Carvalho JA, Nascimento LFC. Association between NO_x exposure and deaths caused by respiratory diseases in a medium-sized Brazilian city. *Brazilian J Med Biol Res* [Internet]. 2015;48(12):1130-5. [consultado 2017 May 22] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26421866>
12. Cirera L, García-Marcos L, Giménez J, Moreno-Grau S, Tobías A, Pérez-Fernández V, et al. Daily effects of air pollutants and pollen types on asthma and COPD hospital emergency visits in the industrial and Mediterranean Spanish city of Cartagena. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2012;40(4):231-7. [consultado 2017 Abr 23] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21890258>
13. Dales RE, Cakmak S, Vidal CB. Air pollution and hospitalization for headache in Chile. *Am J Epidemiol*. 2009;170(8):1057-66. [consultado 2017 Abr 18] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2755178/>
14. Freitas CU de, Leon AP de, Juger W, Gouveia N. Air pollution and its impacts on health in Vitoria, Espirito Santo, Brazil. *Rev saúde pública* [Internet]. 2016;50:4. [consultado 2017 Abr 18] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4793970&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
15. Gavinier S, Costa Nascimento LF. Air pollutants and hospital admissions due to stroke. *Rev Ambient e Agua* [Internet]. 2014;9(3):390-401. [consultado 2017 May 22] Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n3/02.pdf>
16. Gaviria C, Benavides P, Tangarife C. Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Rev Fac Nac Salud Pública* [Internet]. 2011;29(3):241-50. [consultado 2017 Abr 22] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/120/12021452003.pdf>
17. Guaita R, Pichiule M, Maté T, Linares C, Díaz J. Short-term impact of particulate matter (PM_{2.5}) on respiratory mortality in Madrid. *Int J Environ Health Res*. 2011;21(4):260-74. [consultado 2017 May 4] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21644129>
18. Jasinski R, Braga ALF, Pereira LAA. Air pollution and pediatric hospital admissions due to respiratory diseases in Cubatão, São Paulo State, Brazil, from 1997 to 2004. *Cad Saude Publica* [Internet]. 2011;27(11):2242-52. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22124501>
19. Jiménez E, Linares C, Martínez D, Díaz J. Role of Saharan dust in the relationship between particulate matter and short-term daily mortality among the elderly in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* [Internet]. 2010;408(23):5729-36. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.08.049>
20. Jiménez E, Linares C, Rodríguez LF, Bleda MJ, Díaz J. Short-term impact of particulate matter (PM_{2.5}) on daily mortality among the over-75 age group in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* [Internet]. 2009;407(21):5486-92. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.06.038>
21. Jiménez E, Linares C, Martínez D, Díaz J. Particulate air pollution and short-term mortality due to specific causes among the elderly in Madrid (Spain): seasonal differences. *Int J Environ Health Res*.





- 2011;21(5):372-90. [consultado 2017 May 23] Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21547809>
22. Linares C, Díaz J. Short-term effect of concentrations of fine particulate matter on hospital admissions due to cardiovascular and respiratory causes among the over-75 age group in Madrid, Spain. *Public Health [Internet]*. 2010;124(1):28-36. [consultado 2017 Jul 15] Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.puhe.2009.11.007>
 23. López-villarrubia E, Ballester F, Iñiguez C, Peral N. Air pollution and mortality in the Canary Islands: a time-series analysis. 2010;1-11. [consultado 2017 Jul 25] Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2843667/>
 24. López-Villarrubia E, Iñiguez C, Peral N, García MD, Ballester F. Characterizing mortality effects of particulate matter size fractions in the two capital cities of the Canary Islands. *Environ Res [Internet]*. 2012;112:129-38. [consultado 2017 May 23] Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935111002490?via%3Dih%0A%0A>
 25. Maté T, Guaita R, Pichiule M, Linares C, Díaz J. Short-term effect of fine particulate matter (PM2.5) on daily mortality due to diseases of the circulatory system in Madrid (Spain). *Sci Total Environ [Internet]*. 2010;408(23):5750-7. [consultado 2017 Ago 5] Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.083>
 26. Moura M, Junger WL, Mendonca GA, Leon AP. Air quality and emergency pediatric care for symptoms of bronchial obstruction categorized by age bracket in Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica [Internet]*. 2009;25(3):635-44. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en:
<http://www.scielosp.org/pdf/csp/v25n3/18.pdf>
 27. Moura M, Junger WL, Mendonça GAES, De Leon AP. Air quality and acute respiratory disorders in children. *Rev Saude Publica [Internet]*. 2008;42(3):503-11. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18425297>
 28. Muñoz F, Carvalho MS. Effect of exposure time to PM10 on emergency admissions for acute bronchitis. *Cad Saude Publica*. 2009;25(3):529-39. [consultado 2017 May 26] Disponible en:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2009000300008&script=sci_abstract&tlng=es
 29. Nardocci AC, Freitas CU, Ponce-Leon ACM, Junger WL, Gouveia N da C. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. *Cad Saude Pública [Internet]*. 2013;29(9):1867-76. [consultado 2017 May 22] Disponible en:
http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2013001300025%0A%0A%0A
 30. Nascimento LFC. Air pollution and cardiovascular hospital admissions in a medium-sized city in São Paulo State, Brazil. *Braz J Med Biol Res [Internet]*. 2011;44(7):720-4. [consultado 2017 May 22] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21710102>
 31. Nascimento LFC, Francisco JB, Patto MBR, Antunes AM. Environmental pollutants and stroke-related hospital admissions. *Cad Saude Publica*. 2012;28(7):1319-24. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22729262>





32. Negrisoli J, Nascimento LFC. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. *Rev Paul Pediatr* [Internet]. 2013;31(4):501-6. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24473956>
33. Oliveira MS de, Leon AP de, Mattos IE, Koifman S. Differential susceptibility according to gender in the association between air pollution and mortality from respiratory diseases. *Cad Saude Publica*. 2011;27(9):1827-36. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21986610>
34. O'Neill MS, Bell ML, Ranjit N, Cifuentes L a, Loomis D, Gouveia N, et al. Air pollution and mortality in Latin America: the role of education. *Epidemiology*. 2008;19(6):810-9. [consultado 2017 Ago 25] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18633327>
35. Pablo-Romero M, Román R, Limón JM, Praena-Crespo M. Effects of fine particles on children's hospital admissions for respiratory health in Seville, Spain. *J Air Waste Manag Assoc* [Internet]. 2015;65(4):436-44. [consultado 2017 Ago 15] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/10962247.2014.1001499>
36. Pereira Filho M a, Pereira L a a, Arbex FF, Arbex M, Conceição GM, Santos UP, et al. Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo, Brazil. *Braz J Med Biol Res* [Internet]. 2008;41(6):526-32. [consultado 2017 May 05] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2008000600015&lng=en&nrm=iso&tlng=en%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18560673
37. Reyna MA, Bravo ME, López R, Nieblas EC, Nava ML. Relative risk of death from exposure to air pollutants: a short-term (2003--2007) study in Mexicali, Baja California, México. *Int J Environ Health Res* [Internet]. 2012;22(4):370-86. [consultado 2017 May 04] Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09603123.2011.650153>
38. Riojas-rodríguez H, Álamo-hernández U. Health impact assessment of decreases in PM 10 and ozone concentrations in the Mexico City Metropolitan Area . A basis for a new air quality management program. *Rev Salud Pública México*. 2014;56(6):579-91. [consultado 2017 Jun 14] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25604409>
39. Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA, de Leon AP, Junger W, Vera J, et al. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep Health Eff Inst* [Internet]. 2012;(171):5-86. [consultado 2017 Jul 27] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23311234>
40. Sanhueza P, Pizarro J, Vargas C, Torreblanca M, Passalacqua M. Health risk estimation due to carbon monoxide pollution at different spatial levels in Santiago, Chile. *Environ Monit Assess*. 2010;167(1-4):165-73. [consultado 2017 Abr 25] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19543700>
41. Santurtún A, Ruiz PB, López-Delgado L, Sanchez-Lorenzo A, Riancho J, Zarrabeitia MT. Stroke: Temporal Trends and Association with Atmospheric Variables and Air Pollutants in Northern Spain. *Cardiovasc Toxicol*. 2017;17(3):360-7. . [consultado 2017 May 23] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27990617>





42. Sousa SI V, Pires JCM, Martins EM, Fortes JDN, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG. Short-term effects of air pollution on respiratory morbidity at Rio de Janeiro - Part II: Health assessment. *Environ Int* [Internet]. 2012;43(1):1-5. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2012.02.004>
43. Souza JB, Reisen VA, Santos JM, Franco GC. Principal components and generalized linear modeling in the correlation between hospital admissions and air pollution. *Rev Saude Publica* [Internet]. 2014;48(3):451-8. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25119940>
44. Tuan TS, Venancio TS, Nascimento LFC. Poluentes atmosfericos e internacoes por pneumonia em crianças. Estudio ecológico de serie temporal. *Sao Paulo Med J*. 2015;133(5):408-13. [consultado 2017 May 23] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-31802015000500408&lng=en&nrm=iso&tlng=en
45. Valdés A, Zanobetti A, Halonen JI, Cifuentes L, Morata D, Schwartz J. Elemental concentrations of ambient particles and cause specific mortality in Santiago, Chile: a time series study. *Environ Health* [Internet]. 2012;11:82. [consultado 2017 Ago 12] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3519772&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
46. Vargas Patto N, Costa Nascimento LF, Mantovani C KC, Vieira LC. Exposure to fine particulate matter and hospital admissions due to pneumonia: Effects on the number of hospital admissions and its costs. *Rev Assoc Med Bras* 2016 [Internet]. 2016;62(4):342-6. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v62n4/0104-4230-ramb-62-4-0342.pdf>
47. Vieira de Souza LS, Costa Nascimento LF. Air pollutants and hospital admission due to pneumonia in children: a time series analysis. *Rev Assoc Med Bras*. 2016;62(2):151-6. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27167545>
48. Yanagi Y, Assunção JV De, Barrozo LV. The impact of atmospheric particulate matter on cancer incidence and mortality in the city of São Paulo, Brazil. *Cad Saude Publica* [Internet]. 2012;28(9):1737-48. [consultado 2017 May 22] Disponible en: http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2012000900012&lng=en&nrm=iso&tlng=en
49. Zúñiga J, Tarajia M, Herrera V, Urriola W, Gómez B, Motta J. Assessment of the possible association of air pollutants PM10, O3, NO2 with an increase in cardiovascular, respiratory, and diabetes mortality in Panama City: A 2003 to 2013 data analysis. *Med Obs Study* [Internet]. 2016;95(2):1-8. [consultado 2017 May 30] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26765444%5Cnhttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4718270>
50. Carbajal-Arroyo L, Miranda-Soberanis V, Medina-Ramón M, Rojas-Bracho L, Tzintzun G, Solís-Gutiérrez P, et al. Effect of PM(10) and O(3) on infant mortality among residents in the Mexico City Metropolitan Area: a case-crossover analysis, 1997-2005. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2011;65(8):715-21. [consultado 2017 May 19] Disponible en: <http://jech.bmj.com/content/65/8/715.full.pdf+html>





51. Román O, Prieto M, Mancilla P, Astudillo P, Acuña C, Delgado I. Aumento del riesgo de consultas cardiovasculares por contaminación atmosférica por partículas: estudio en la ciudad de Santiago / Increased risk of consultation for cardiovascular problems related to particle atmospheric pollution: a study in Santiago, Ch. *Rev Chil Cardiol*. 2009;28(2):159-64. [consultado 2017 May 30] Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-85602009000200003&script=sci_arttext
52. Martínez E, Quiroz C, Rúa J. Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. *Rev Fac Nac Salud Pública* [Internet]. 2011;29(4):454-60. [consultado 2017 May 05] Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/9770/10426>
53. Ballester F, Estarlich M, Iñiguez C, Llop S, Ramón R, Esplugues A, et al. Air pollution exposure during pregnancy and reduced birth size: a prospective birth cohort study in Valencia, Spain. *Environ Health*. 2010;9:6. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20113501>
54. Cortez-Lugo M, Ramírez-Aguilar M, Pérez-Padilla R, Sansores-Martínez R, Ramírez-Venegas A, Barraza-Villarreal A. Effect of personal exposure to PM_{2.5} on respiratory health in a mexican panel of patients with COPD. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(9):10635-47. [consultado 2017 Ago 10] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26343703>
55. de Oliveira BFA, Ignotti E, Artaxo P, Saldiva PHDN, Junger WL, Hacon S. Risk assessment of PM(2.5) to child residents in Brazilian Amazon region with biofuel production. *Environ Heal* [Internet]. 2012;11:64. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3465199&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
56. Fernández-Somoano A, Llop S, Aguilera I, Tamayo-Uria I, Martínez MD, Foraster M, et al. Annoyance caused by noise and air pollution during pregnancy: Associated factors and correlation with outdoor NO₂ and benzene estimations. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(6):7044-58.
57. Forns J, Dadvand P, Foraster M, Alvarez-Pedrerol M, Rivas I, López-Vicente M, et al. Traffic-Related air pollution, noise at school, and behavioral problems in barcelona schoolchildren: A cross-sectional study. *Environ Health Perspect*. 2016;124(4):529-35. [consultado 2017 May 25] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26095869>
58. Hernández-Cadena L, Holguin F, Barraza-Villarreal A, Del Río-Navarro BE, Sienna-Monge JJ, Romieu I. Increased levels of outdoor air pollutants are associated with reduced bronchodilation in children with asthma. *Chest*. 2009;136(6):1529-36. [consultado 2017 May 08] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19318670>
59. Hernández-Flórez LJ, Aristizabal-Duque G, Quiroz L, Medina K, Rodríguez-Moreno N, Sarmiento R, et al. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007. *Rev Salud Pública* [Internet]. 2013;15(4):503-16. [consultado 2017 May 05] Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/38719/44829>
60. Jacquemin B, Sunyer J, Forsberg B, Aguilera I, Bouso L, Briggs D, et al. Association between modelled traffic-related air pollution and asthma score in the ECRHS. *Eur Respir J*. 2009;34(4):834-42. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19443533>





61. Linares B, Guizar JM, Amador N, Garcia A, Miranda V, Perez JR, et al. Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulm Med* [Internet]. 2010;10(1):62. [consultado 2017 Abr 25] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3001700&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
62. Rodríguez Villamizar LA, Herrera López AB, Castro Ortiz H, Niederbacher Velázquez J, Vera Cala LM. Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel. *Cad Saude Publica* [Internet]. 2010;26(7):1411-8. [consultado 2017 May 01] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2010000700020&lng=en&nrm=iso&tlng=es
63. Rodriguez-Villamizar LA, Castro-Ortiz H, Rey-Serrano JJ. The effects of air pollution on respiratory health in susceptible populations: a multilevel study in Bucaramanga, Colombia. *Cad Saude Publica*. 2010;28(4):749-57. consultado 2017 May 02] Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v28n4/14.pdf>
64. Sarnat SE, Raysoni AU, Li W-W, Holguin F, Johnson B a, Flores Luevano S, et al. Air pollution and acute respiratory response in a panel of asthmatic children along the U.S.-Mexico border. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2012;120(3):437-44. [consultado 2017 Abr 25] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3295334&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
65. Álvarez Miño L, Salazar Ceballos A. ABSTRACT Respiratory Symptoms and Lung Function in Children Aged 6-14 Years and Their Relationship with Particulate Matter PM 10 in Santa Marta, Colombia Background: The effects of particulate matter (PM. *Rev Esp Salud Pública* N°3 Mayo-Junio [Internet]. 2013;87:239-46. [consultado 2017 May 02] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/120/12021452003.pdf%0A>
66. Basagaña X, Esnaola M, Rivas I, Amato F, Alvarez-Pedrerol M, Forns J, et al. Neurodevelopmental deceleration by urban fine particles from different emission sources: A longitudinal observational study. *Environ Health Perspect*. 2016;124(10):1630-6. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5047777/>
67. Cua EA, Miño LÁ, Vargas MM. Comportamiento de la enfermedad respiratoria de niños entre 5 y 14 años en la ciudad de Santa Marta en el primer trimestre de 2008 y 2009. *DUAZARY* [Internet]. 2012;9(1). [consultado 2017 May 03] Disponible en: <http://investigacion.unimagdalena.edu.co/revistas/index.php/duazary/article/view/187>
68. Escamilla-Nuñez M-C, Barraza-Villarreal A, Hernandez-Cadena L, Moreno-Macias H, Ramirez-Aguilar M, Sienra-Monge J-J, et al. Traffic-related air pollution and respiratory symptoms among asthmatic children, resident in Mexico City: the EVA cohort study. *Respir Res* [Internet]. 2008;9:74. [consultado 2017 May 03] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2613139&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
69. Farhat SCL, Almeida MB, Silva-Filho LVRF, Farhat J, Rodrigues JC, Braga ALF. Ozone is associated with an increased risk of respiratory exacerbations in patients with cystic fibrosis. *Chest* [Internet]. 2013;144(4):1186-92. [consultado 2017 May 04] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.12-2414>





70. García-Ubaque JC, García-Ubaque C a., Vaca-Bohórquez ML. Consulta médica en población en edad productiva y contaminación atmosférica en Bogotá: 2008 y 2010. Rev Salud Pública [Internet]. 2013;15(4):495-502. [consultado 2017 May 03] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000400001%0A
71. Herrera Torres, Ana Milena Echeverri Londoño CA, Maya Vasco GJ, Ordóñez Molina JE. Patologías Respiratorias En Niños Preescolares Y Su Relación Con La Concentración De Contaminantes En El Aire En La Ciudad De Medellín (Colombia). 2011;10(19):21-31. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-33242011000200003&lng=es&nrm=iso
72. Montoya-Rendon M, Zapata-Saldarriaga P, Correa-Ochoa M. Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia. Rev salud ... [Internet]. 2013;15(1):103-15. [consultado 2017 Abr 26] Disponible en: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=703426&indexSearch=ID>
73. Onatra W, Vargas S, Páez E, Rojas D, López A. Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (era) en mujeres embarazadas y la calidad del aire. Rev UDCA Actual Divulg Científica [Internet]. 2009 [citado 28 de agosto de 2017];12(2):27-37. [consultado 2017 Ago 10] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n2/v12n2a04.pdf>
74. Quiroz CM. Prevalencia de alteraciones en la función pulmonar de la población residente vecina a dos fábricas de material particulado , corregimiento La Sierra , Municipio de Puerto Nare (Antioquia , Colombia), Prevalence of abnormalities in lung function of the p. Rev Fac Nac Salud Pública [Internet]. 2011;29(1):45-52. [consultado 2017 May 05] Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/6348/8068>
75. Quiroz-Arcenales L. Enfermedad y síntomas respiratorios en niños de cinco municipios carboníferos del Cesar, Colombia. Rev salud ... [Internet]. 2013;15(1):66-79. [consultado 2017 May 02] Disponible en: <http://www.scielosp.org/pdf/rsap/v15n1/v15n1a07.pdf>
76. Rodriguez-Moreno N, Matinez-Morales V, Sarmiento-Suarez R, Medina-Palacios K, Hernandez L. Factores de riesgo para enfermedad respiratoria en población de 5 a 14 años de una Localidad de Bogotá, 2012-2013. Rev salud ... [Internet]. 2013;15(3):408-20. [consultado 2017 May 05] Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/38527>
77. Salazar Ceballos A, Alvarez Miño L. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. 2011;10:127-42. [consultado 2017 May 05] Disponible en: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/duazary/article/viewFile/210/186>
78. Santos V de P, Medeiros APP de, Lima TAC de, Nascimento LFC. Poluentes atmosféricos asociados ao peso insuficiente ao nascimento. Rev Bras Epidemiol [Internet]. 2016;19(1):89-99. [consultado 2017 May 22] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2016000100089&lng=pt&nrm=iso&lng=en
79. Boldo E, Linares C, Lumbreras J, Borge R, Narros A, García-Pérez J, et al. Health impact assessment of a reduction in ambient PM2.5 levels in Spain. Environ Int [Internet]. 2011;37(2):342-8. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2010.10.004>





80. Bravo MA, Son J, de Freitas CU, Gouveia N, Bell ML. Air pollution and mortality in São Paulo, Brazil: Effects of multiple pollutants and analysis of susceptible populations. *J Expo Sci Environ Epidemiol* [Internet]. 2015;(October 2014):1-12. [consultado 2017 May 05] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/jes.2014.90>
81. de Araujo Pinheiro S de LL, Saldiva PHN, Schwartz J, Zanobetti A. Isolated and synergistic effects of PM₁₀ and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Rev Saude Publica*. 2014;48(6):881-8. [consultado 2017 May 04] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102014000600881&script=sci_arttext
82. Perez L, Medina-Ramón M, Künzli N, Alastuey A, Pey J, Pérez N, et al. Size fractionate particulate matter, vehicle traffic, and case-specific daily mortality in Barcelona, Spain. *Environ Sci Technol*. 2009;43(13):4707-14. [consultado 2017 Ago 8] Disponible en: <http://sci-hub.cc/10.1021/es8031488>
83. Schembari A, Nieuwenhuijsen MJ, Salvador J, de Nazelle A, Cirach A, Davvand P, et al. Traffic-Related Air Pollution and Congenital Anomalies in Barcelona. 2014;122(3):317-23. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3948033/>
84. Cárdbaba Arranz M, Muñoz Moreno MF, Armentia Medina A, Alonso Capitán M, Carreras Vaquer F, Almaraz Gómez A. Health impact assessment of air pollution in Valladolid, Spain. *BMJ Open* [Internet]. 2014;4(10):e005999. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4202014&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
85. Melgar-Paniagua EM, Vega-Rangel E, Del Razo LM, Lucho-Constantino CA, Rothenberg SJ, De Vizcaya-Ruiz A. Distributed lag associations between respiratory illnesses and mortality with suspended particle concentration in Tula, a highly polluted industrial region in Central Mexico. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86(3):321-32. [consultado 2017 Ago 13] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22484788>
86. Linares C, Diaz J. Short-term effect of PM_{2.5} on daily hospital admissions in Madrid (2003-2005). *Int J Environ Health Res* [Internet]. 2010;20(2):129-40. [consultado 2017 May 23] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20169485>

