

La contaminación del aire y los riesgos para la salud en México



“La Contaminación del aire y los riesgos para la salud en México”
Es una publicación de la Fundación Heinrich Böll, Oficina Regional México y el Caribe

1a Edición, Enero 2018.

Investigación: Sandra C. Gallegos Lecona y Alejandro A. Barroso Martínez.
Coordinación editorial: Angélica Hernández Téllez
Diagramación: Christian Paredes Araiza

Fundación Heinrich Böll México y el Caribe
Calle José Alvarado 12, Colonia Roma, Ciudad de México
www.mx.boell.org
mx-info@mx.boell.org

Publicado bajo licencia de Creative Commons



Licencia Creative Commons: Reconocimiento- No comercial- Compartir igual: El artículo puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se reconoce la autoría en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.
Más información en: <http://creativecommons.org>

CONTENIDO

Glosario	5
introducción	7
1. Metodología de la investigación	10
1.1 Criterios sobre la selección de información	10
1.2 Organización de los hallazgos	11
2. Marco regulatorio de la calidad del aire y la salud en México	12
2.1 Marco jurídico internacional	12
2.2 Marco jurídico regional	13
2.3 Marco jurídico nacional	14
3. Instrumentos de política pública sobre la Calidad del Aire	17
3.1 Programas Pro Aire	17
3.2 Estrategias nacionales	17
3.3 Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40	17
3.4 Estrategia Nacional de Calidad del Aire. 2017-2030	17
4. Hallazgos científicos y periodísticos	27
4.1 Padecimientos respiratorios y cardiovasculares	27
4.2 Patologías y padecimientos en otros órganos	38
4.3 Cáncer	40
4.4 Problemas cognitivos	43

4.5	Salud reproductiva y peso al nacer	45
4.6	Mortalidad y esperanza de vida	45
4.7	Diabetes	47
4.8	Osteoporosis	47
4.9	Bienestar subjetivo	47
5.	Consideraciones finales: las evidencias científicas a debate	48
5.1	Las fortalezas de las investigaciones sobre la relación entre la contaminación del aire y los efectos sobre la salud humana que permiten confiar en su validez.	48
5.2	¿Las debilidades de las investigaciones anulan la validez de los resultados?	49
6.	Conclusiones	49
6.1	Principales fuentes contaminantes del aire en México	49
6.2	Mapa de la distribución en la República Mexicana de las partículas contaminantes de Aire.	50
6.3	Efectos de la contaminación del aire sobre la salud	51
	Referencias	53

Glosario

Epidemiología	De acuerdo con Naomar Almeida-Filho, es una ciencia que estudia la distribución del proceso salud-enfermedad de la población, su distribución, sus causas para medidas de prevención
Fuente fija de contaminación (F)	Actividades industriales
Fuente móvil (M)	Actividad de medios de transporte generadores de emisiones contaminantes
Fuente de área (A)	Consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, artes gráficas, panaderías, ganaderías, así como tratamiento de aguas residuales, uso de leña y fertilizantes
Fuentes naturales (N)	Emisiones contaminantes provenientes de bosques y cultivos. Erosiones de suelos, actividad de volcanes, océanos, y actividad microbiana sobre superficies
Actividad biogénica (B)	Quema de bosques y cultivos. Incendios forestales
Biomasa	Materia orgánica de origen animal o vegetal cuyo empleo puede generar energía
Partículas PM2.5	Partículas provenientes de diferentes fuentes, cuyo tamaño es igual o inferior a 2.5 micrómetros, lo que es equivalente a la millonésima parte de un metro
Partículas PM10	Partículas provenientes de diferentes fuentes, cuyo tamaño es igual o inferior a 10 micrómetros, lo que es equivalente a la millonésima parte de un metro
Ozono (O3)	Gas producido por la incidencia de altas temperaturas sobre el oxígeno presente en el aire
Dióxido de azufre (SO2)	Compuesto químico que puede ser resultado de la combustión de Petróleo, Diesel, Carbón, o Gas Natural
Dióxido de nitrógeno (NO2)	Compuesto químico formado por nitrógeno y oxígeno, que resulta de la combustión de vehículos automotores a altas temperaturas, y procesos industriales como la generación de energía eléctrica.
Óxido de nitrógeno (Nox)	Término que se aplica a varios compuestos gaseosos de composición binaria como el Monóxido de Nitrógeno, y el Dióxido de Nitrógeno
Monóxido de carbono (CO)	Gas altamente tóxico resultado de la combustión de Gasolina, Carbón, Petróleo, Queroseno, tabaco o madera
Amoniaco (HN3)	Gas incoloro que puede resultar de descomposición de materia orgánica y procesos industriales
Mercurio (elemento)	Elemento metálico que puede aparecer en estado líquido, y resultado tanto de procesos naturales como de la extracción minera
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Compuesto orgánico que se deriva del empleo del Petróleo, el Carbón, o Biomasa. Ejemplos son Pireno, Pentaceno, y Benzopireno
PPB	Unidad de medida empleada para señalar la presencia de una cantidad de partícula por cada billón de unidades de volumen de aire
UG/M3	Unidad de medida para expresar unidad de microgramos por metro cúbico

Abreviaturas

CD	Combustión doméstica
AT	Autos
CT	Camionetas
CYP	Celulosa y papel
CP	Caminos pavimentados
CNP	Caminos no pavimentados
FT	Fertilizantes
PD	Fabricación de productos derivados del petróleo
CI	Combustión industrial
LD	Ladrilleras
ES	Erosión de suelos
TC	Tractomotores
UDD	Uso doméstico de disolventes
ICC	Industria de cemento y cal
EX	Extracción de minerales no metálicos
IA	Industria automotriz
IF	Incendios forestales
VH	Vehículos mayores a tres toneladas
G	Ganadería
MA	Maquinaria agrícola
CA	Combustión agrícola
PMNM	Productos minerales no metálicos
PA	Producción de alimentos
RSA	Recubrimiento de superficie industrial
ED	Emisiones domésticas
V	Vegetación
QCFE	Quema de combustibles en fuentes estacionarias
EE	Generación de energía eléctrica
IV	Industria del vidrio
INQ	Hidrocarburos no quemados en combustión de gas
ITM	Industria metalúrgica
ITT	Industria textil
ITP	Industria del petróleo
OF	Otras fuentes
B	Biogénicas
APE	Actividad agropecuaria
PICK UP	Autos de carga o tipo pick up
ATU	Autobuses de transporte urbano
FD	Fuentes domésticas

Introducción

La salud y la enfermedad forman parte de un proceso vital humano continuo, el cual es complejo y multidimensional; que está inmerso en un contexto social e histórico en dónde se encuentran ubicados los individuos y los colectivos humanos¹. Es así como, las razones por las que nos enfermamos y morimos no solo dependen de nuestra biología; sino que también están directamente influenciadas por nuestro contexto, siendo el resultado de diversas contradicciones, tensiones, negociaciones y mediaciones sociales, culturales, económicas, políticas y simbólicas². Así, los procesos sociales "...modelan y subsumen a los procesos biológicos y psíquicos de las personas, que requieren ser reconstruidos teóricamente en términos de su configuración histórica. Requiere de la comprensión de las articulaciones entre estructuras y sujetos sociales con sus capacidades de acción y de sentido y que se expresan en forma sintética en modos de vida y perfiles de salud de los colectivos humanos...", a esto se le llama Determinación Social de la Salud, propuesta derivada desde la Medicina Social y Salud Colectiva latinoamericana.³

El ambiente está definido de acuerdo con la Convención de Estocolmo de 1972 como "el conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y de factores sociales, capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas."⁴ Este concepto integra elementos ecológicos y sociales que interactúan entre sí y que complejizan su entendimiento, por lo tanto, su estudio debe ser multi e interdisciplinario.⁵

Las acciones humanas a lo largo de toda la historia han provocado el deterioro ambiental; pero en particular; el modelo económico contemporáneo ha acelerado este proceso debido a la alta extracción de recursos naturales, la masificación de la producción de bienes y servicios, y por supuesto del enorme consumo. Lo anterior ha llevado a plantearse desde diferentes disciplinas, las causas específicas que originan este deterioro, las consecuencias para la naturaleza y para la salud de las personas, así como la forma de resarcir el daño.⁶

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2012, 12.6 millones de muertes a nivel mundial (una cuarta parte de las ocurridas por año) estuvieron relacionadas con la contaminación ambiental y el cambio climático. De estas muertes, 8.2 millones fueron por enfermedades no transmisibles, principalmente los accidentes cerebrovasculares, diferentes tipos de cáncer y las neumopatías crónicas. La misma OMS afirma que al menos 100 enfermedades o traumatismos presentes en humanos están relacionadas con la insalubridad del medio ambiente.⁷

La contaminación atmosférica puede entenderse como la presencia de ciertas sustancias y energía que alteran el aire, modificando su calidad para los seres vivos, y teniendo implicaciones sobre la salud de éstos. En este sentido, todas las actividades realizadas por los seres humanos van acompañadas de emisiones de gases y partículas que alteran los ciclos biogeoquímicos de la Tierra.⁸

Los principales contaminantes presentes en la atmósfera son: aerosoles, óxido de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y el ozono, así como las partículas PM2.5 y PM10.⁹

De acuerdo con la OMS, en el mundo 9 de cada 10 personas respiran aire con altos niveles de contaminación. “Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado. Sin embargo, cada vez hay más países que toman medidas. Comunicado de prensa, OMS, Ginebra, Suiza, mayo 2018.”¹⁰

Diversos estudios han demostrado que dichos contaminantes tienen efectos adversos en la salud.^{11,12} Estos se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Efectos adversos en la salud de los principales contaminantes

CONTAMINANTE	EFEECTO EN LA SALUD
PM10, PM2.5	<ul style="list-style-type: none"> - Función pulmonar reducida - Agravamiento de asma, catarros y bronquitis crónica - Aumento en la frecuencia de enfermedades respiratorias - Muerte prematura - Silicosis y asbestosis (dependiendo de la composición) - Infecciones respiratorias - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica - Exacerbación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica - Diabetes - Bajo peso al nacer - Defectos congénitos
Compuestos orgánicos volátiles	<ul style="list-style-type: none"> - Afección al sistema respiratorio - Cáncer - Afecciones teratogénicas y mutagenéticas
Benceno	<ul style="list-style-type: none"> - Leucemia
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	<ul style="list-style-type: none"> - Efectos sobre el sistema inmunológico - Afecciones reproductivas en hombres y mujeres - Cáncer - Arteriosclerosis
Ozono (O ₃)	<ul style="list-style-type: none"> - En exposición de 1 a 5 horas: Dolor de cabeza, tos, disminución pulmonar - Bajo peso al nacer - Empeora el asma - Inflamación de células pulmonares - Exacerbación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica
Monóxido de carbono (CO)	<ul style="list-style-type: none"> - Mareo - Dolor de cabeza - En muy altas concentraciones provoca la muerte

Elaboración propia con datos de OPS/OMS México-INSP, 2017, SEMARNAT, 2013. Disponibles en:
http://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1301-efectos-salud-horacio-riojas&Itemid=493
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

Cuadro 1. Efectos adversos en la salud de los principales contaminantes

CONTAMINANTE		EFEECTO EN LA SALUD
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	-	Irritación vías respiratorias.
	-	Bronquitis y neumonía en altas concentraciones
Dióxido de azufre (SO ₂)	-	Irritación vías respiratorias.
	-	Con altas concentraciones: bronquitis y traqueítis

Elaboración propia con datos de OPS/OMS México-INSP, 2017, SEMARNAT, 2013. Disponibles en:
http://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1301-efectos-salud-horacio-riojas&Itemid=493
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

De acuerdo con la OMS, la contaminación del aire es el principal riesgo ambiental para la salud. Se estima que en el mundo anualmente mueren alrededor de 7 millones de personas por la exposición a partículas finas presentes en el aire contaminado. Asimismo, la distribución de dichas muertes es de aproximadamente 4.2 millones por contaminación en el aire del ambiente (externo) y 3.2 millones por el aire doméstico (interno).^{13 14}

Las enfermedades y muertes ocasionadas por la contaminación ambiental tienen un perfil. De acuerdo con el Dr. Tedros Adhamon, Director General de la OMS, la contaminación en los hogares afecta alrededor de 3,000 millones de personas, en su mayoría niños y mujeres. Por otro lado, más del 90% de las muertes registradas a causa de la contaminación del aire se presentan en países de ingresos medios y bajos, principalmente en Asia y África.XV¹⁵

En el caso de México para el año 2010, la OMS calculó 20,496 muertes al año a causa del material particulado en el aire, 15,310 muertes por el uso doméstico de combustibles sólidos y 1,173 muertes por el ozono.¹⁶

Con base en esas consideraciones, el objetivo del presente documento es sintetizar los principales hallazgos que vinculen la calidad del aire con diferentes síntomas, padecimientos y enfermedades. Para ello se desarrolló una metodología que permitiera seleccionar información relevante sobre el tema con el fin de ofrecer una visión panorámica sobre el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud de las personas.

1. Metodología de la investigación

A continuación se sintetizará la metodología de la presente investigación, a partir de dos apartados: el de los criterios de selección de la información y el del cómo fueron organizados los hallazgos.

1.1 Criterios de selección de la información

Primeramente y con la finalidad de enmarcar los hallazgos obtenidos, se revisó la legislación vigente para el caso mexicano, incluyéndose documentos internacionales y regionales vinculantes para México, así como la legislación nacional. De igual forma, se hace mención de dos documentos sobre las estrategias a nivel nacional.

En un segundo lugar y con el propósito de contextualizar el tema de la contaminación del aire en el caso de México, se consultaron los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (Pro Aire), en ciudades o estados mexicanos, según el caso. Se consultaron los 19 programas vigentes al primero de diciembre de 2017 a través de la página digital de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>).

A partir del capítulo dedicado al inventario de emisiones contaminantes en cada uno de los documentos, se decidió desagregar por cada ciudad o estado, según el caso, las principales fuentes por cada una de las partículas contaminantes citadas en dichos documentos (PM_{2.5}, PM₁₀, CO, COV, NO_x, SO₂ y NH₃). Para ello se utilizó un criterio de frecuencia absoluta por cada una de las fuentes contaminantes.

Utilizando también el capítulo del inventario de emisiones contaminantes, y el criterio de frecuencia absoluta, se desagregaron las principales actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de las partículas citadas. Este tipo de análisis se desagregó por cada ciudad o estado, según el caso citado en el programa, y luego se integró para el caso de México.

Paralelamente al desarrollo del análisis de los programas ProAire, se realizó la búsqueda de documentos que relacionaran la contaminación del aire con los efectos a la salud. Así, se decidió guiar la búsqueda en dos áreas: una académica-investigativa, y otra periodística. Para cada área se empleó un conjunto de criterios de búsqueda.

A. En el área académica-investigativa se seleccionaron cuatro bases de datos¹⁷ por ser multidisciplinarias, y un conjunto de 14 revistas¹⁸ (en los idiomas inglés y español), y que se especializan en temas científicos y ambientales con un alto índice de impacto. En ambos casos se realizó una búsqueda de aquellos materiales que tuvieran acceso abierto, con el fin de que la información sea verificable, y que se ubicaran en un rango de cinco años atrás (enero de 2013 - diciembre de 2017) para contar con la información más actualizada al respecto.

B. En el área periodística se revisaron cinco periódicos de circulación nacional en México con acceso libre.¹⁹ La información referente al tema se buscó también en un rango de cinco años atrás (enero de 2013-diciembre de 2017) con el fin de establecer una trayectoria temporal de la presencia de dicha información en los medios digitales e impresos.

Después de esta primera búsqueda se establecieron categorías de daños a la salud relacionadas con la contaminación del aire. Al no saturarse las evidencias académicas-investigativas para las categorías consideradas, en el periodo de tiempo definido; se decidió ampliar la búsqueda a través del buscador escolar de Google (<https://scholar.google.com.mx/>) por palabras clave en los idiomas inglés y español.

1.2 Organización de los hallazgos

Los hallazgos y evidencias se organizaron a través de categorías de impacto. Dichas categorías están delimitadas por el tipo de impacto de la salud que ocasionan. Esto da como resultado 9 apartados:

1. Padecimientos respiratorios y cardiovasculares.
2. Patologías y padecimientos en otros órganos.
3. Cáncer.
4. Problemas cognitivos.
5. Salud reproductiva y peso al nacer.
6. Mortalidad y esperanza de vida.
7. Diabetes.
8. Osteoporosis
9. Bienestar subjetivo.

Las categorías son presentadas en orden jerárquico de acuerdo con el número de evidencias encontradas. La información contenida en cada una de ellas fue integrada por orden cronológico. Cuando se identificaron coincidencias en el año de publicación, las citas se acomodaron en orden alfabético.

Un eje transversal a la presentación de todos los hallazgos es que la información internacional siempre aparece al inicio, mientras que la referente a México cierra los hallazgos por categoría.

El propósito de incluir hallazgos internacionales en una investigación sobre efectos de la contaminación del aire sobre la salud, para el caso de México, es lograr una perspectiva amplia sobre las categorías de daños exploradas en el terreno internacional, para identificar congruencias y vacíos investigativos, y sus posibles repercusiones en el caso mexicano

2. Marco Jurídico

Con la finalidad de enmarcar los hallazgos, en este apartado se presentan los principales instrumentos internacionales y regionales, así como la legislación nacional vinculada con el tema.

2.1 Marco Internacional

El marco internacional es vinculante en el caso de México, dado que los tratados internacionales que hayan sido firmados y ratificados por el gobierno mexicano son ley suprema. Esto queda plasmado en el Artículo 33 constitucional:

“...Artículo 133. Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. Los jueces de cada entidad federativa se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de las entidades federativas...”²⁰

Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono

Este convenio fue firmado en Viena, Austria el 22 de marzo de 1985. Su propósito es proteger la salud y el medio ambiente de aquellos contaminantes que les afecten y que dañen la capa de ozono. Las medidas propuestas son: la publicación de investigaciones, leyes y la cooperación internacional.^{21, 22}

Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono

El Protocolo fue firmado en Montreal, Canadá el 16 de septiembre de 1987. Tiene como objetivo regular y eliminar la producción de sustancias que reduzcan la capa de ozono, lo cual conlleva a prohibir la importación de estos productos desde países que no sean parte del convenio.²³

Protocolo de Kioto

Fue firmado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón. El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, tiene como objetivo reducir las emisiones derivadas de la actividad humana de gases que tengan efecto invernadero. Los contaminantes contemplados en este protocolo son: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre.²⁴ En 2013, el Protocolo de Kioto entró en un segundo período que durará hasta 2020.

Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre

Este documento data del año de 2005, y tiene como objetivo orientar a los países sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de la población; así mismo pretende informar a los encargados de las políticas públicas sobre este tópico y proporcionar objetivos adecuados para la gestión de la calidad del aire.²⁵

Las Guías consideran que el aire limpio es “un requisito básico de la salud y el bienestar humanos”²⁶. Por ello las Guías consideran los tres contaminantes más comunes: el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, y algunas consideraciones sobre los máximos permitidos para evitar daños en la salud.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Dando continuidad a los Objetivos del Desarrollo del Milenio del año 2000, y en la búsqueda de nuevos retos a nivel global, la Asamblea General de las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015 aprobó la que sería la agenda para el desarrollo sostenible. El documento resultante quedó titulado como “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.”²⁷ Se proponen 17 Objetivos, de los cuales 6 están relacionados con el asunto ambiental:

“Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.

Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos...”²⁸(ENCA, 2016:4)

México no solo participó en las negociaciones, sino que hizo varias propuestas.

El Acuerdo de París

La vigésima primera Conferencia de las Partes se celebró en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015. Esta Conferencia tiene como objetivo principal el combatir el cambio climático, de igual forma busca la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.²⁹

2.2 Marco Jurídico Regional

A continuación, se presentan los principales instrumentos regionales firmados y ratificados por el gobierno mexicano.

Convenio sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio ambiente en la Zona Fronteriza

También llamado el Convenio de la Paz, fue firmado el 14 de agosto de 1983 entre México y Estados Unidos. Este documento busca la cooperación de ambos países para la protección del medio ambiente en la frontera.³⁰

En su artículo 5o se menciona que se coordinarán esfuerzos para que las legislaciones nacionales y los acuerdos bilaterales atiendan los problemas de contaminación en aire, tierra y agua.³¹

Acuerdo de Cooperación sobre Contaminación Transfronteriza del Aire Causado por las Fundidoras de Cobre a lo largo de su Frontera Común

Este acuerdo firmado entre México y Estados Unidos el 29 de enero de 1987, es el Anexo III del Convenio sobre cooperación para la protección y mejoramiento del Medio Ambiente en la zona fronteriza de 14 de agosto de 1983. Se establece que ambos países se comprometen a reducir las emisiones de dióxido de azufre que proviene de la fundición de cobre.³²

Acuerdo sobre Cooperación para la protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Firmado por México y Estados Unidos el 3 de octubre de 1989, este acuerdo busca mejorar el medio ambiente (suelo, aire y agua) de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a través de la reducción de contaminantes derivados de la actividad humana.^{33, 34}

Acuerdo sobre el Proyecto “Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Ciudad de México”

Firmado por México y Alemania en 1997, este acuerdo tiene como finalidad reducir la contaminación atmosférica en la Ciudad de México.³⁵

2.3 Marco Jurídico Nacional

Al igual que el marco internacional, el marco nacional tiene relevancia al comprometer los esfuerzos relacionados con la calidad del aire y los efectos positivos que esto puede traer a la salud de la población en el país.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Gran parte de las políticas públicas que relacionan la calidad del aire con el bienestar de la población se fundamentan en el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el cual establece entre otros puntos:

- A. El derecho a la protección de la salud de todas las personas.
- B. El derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de todas las personas, generando responsabilidad sobre quienes dañen o deterioren el ambiente.³⁶

Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección del ambiente

En esta Ley se establecen los principios para preservar y restaurar el equilibrio ecológico en agua, suelo y aire, así como las instancias responsables para tal acción. De igual forma, se instituye que la SEMARNAT tiene como atribuciones el expedir Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental (se enumeran más adelante).³⁷

En el Título cuarto. Protección del medio ambiente. Capítulo 1. Prevención y control de la contaminación en la atmósfera, en su artículo 110 se especifica que, para la protección de la atmósfera se debe tomar en cuenta que: debe existir una buena calidad del aire en todos los lugares donde haya asentamientos humanos y en todas las regiones del país. De igual forma se establece que las fuentes emisoras de contaminantes deben ser reducidas y controladas.³⁸

El artículo 111 especifica la forma en cómo se controlará, reducirá y evitará la contaminación del aire. Involucrando a la Secretaría de Salud como coordinadora para las normas ecológicas en el país correspondientes a la salud humana, así como sistemas de monitoreo atmosférico y sus respectivas normas. En tanto que en el artículo 112, se plantean las responsabilidades para los gobiernos estatales, municipales, y sus respectivas jurisdicciones sanitarias.³⁹

Normas oficiales vigentes

Para cada uno de los principales contaminantes, existen normas oficiales que proporcionan los valores límites para cada uno de ellos. En el siguiente cuadro se enumeran dichas normas oficiales, así como los valores que se establecen.

Cuadro 2. Normas Oficiales Mexicanas para la regulación de los principales contaminantes

CONTAMINANTE	NORMA	ESPECIFICACIONES
Ozono	Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993.	El indicador promedio de una hora no debe exceder una vez al año el valor de 0.110 ppm. El indicador promedio de ocho horas no debe exceder más de cuatro veces al año el valor de 0.080 ppm.
Monóxido de carbono	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993.	El indicador promedio de ocho horas no debe exceder una vez al año el valor de 11 ppm.
Dióxido de azufre	Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010.	El indicador promedio diario no debe exceder una vez al año el valor de 0.110 ppm. El indicador promedio anual debe ser menor o igual 0.025 ppm. El indicador promedio de ocho horas no debe exceder una vez al año el valor de 0.200 ppm.
Dióxido de nitrógeno	Norma Oficial Mexicana NOM-SSA1-1993.	El indicador promedio de una hora no debe exceder una vez al año el valor de 0.210 ppm.
Plomo	Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993.	El indicador promedio trimestral debe ser menor o igual a 1.5 µg/m ³ .
Partículas con diámetro menor a 10 µm (PM10)	Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993.	El indicador promedio diario no debe exceder el 2% de las mediciones anuales el valor de 120 µg/m ³ . El indicador promedio anual debe ser menor o igual a 50 µg/m ³ .
Partículas con diámetro menor a 2.5 µm (PM2.5)	Norma Oficial Mexicana 025-SSA1-1993.	El indicador promedio diario no debe exceder el 2% de las mediciones anuales el valor de 65 µg/m ³ . El indicador promedio anual debe ser menor o igual a 15 µg/m ³ .

Fuente: Semarnat/DGGCARETC, 2013 :17,18. Disponible en:
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

3. Instrumentos de política pública sobre la Calidad del Aire

3.1 Programas Pro-Aire

Los Programas de Gestión para Mejorar la calidad del aire son instrumentos de regulación directa que establecen acciones destinadas a la disminución y/o control de algunos contaminantes en el aire emitidos a partir de las actividades humanas.⁴⁰

Estos programas establecen que las autoridades deben ejecutar y coordinar programas que reduzcan la emisión de contaminantes. En el apartado Compendio de hallazgos y evidencias se hablará más ampliamente de cada uno de los Programas Pro Aire existentes.

3.2 Estrategias nacionales

A pesar de no ser parte de la legislación vigente en México, las siguientes estrategias tienen relevancia al fungir como instrumentos de análisis que sirven como guía en las políticas públicas nacionales.

3.3 Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40

Este documento es el eje rector de la política nacional contra el cambio climático a 10, 20 y 40 años. Se plantea la reducción de emisores contaminantes en suelo, agua y aire, en un 30% en los próximos 10 años, y de 50% en los próximos 40 años. Para esto se toma como base la contaminación del año 2000, buscando una economía sustentable con emisiones bajas de carbono.⁴¹

Se contempla que las acciones que se tomen respecto a la calidad del aire traerán beneficios a la salud de la población, principalmente aquellas acciones que reduzcan la utilización de combustibles fósiles.⁴²

3.4 Estrategia Nacional de Calidad del Aire. 2017-2030

La Estrategia Nacional de Calidad del Aire es el "instrumento rector para que las políticas públicas centren sus acciones en minimizar la exposición de las personas a contaminantes atmosféricos, y para salvaguardar los ecosistemas."^{43, 44}

La estrategia busca reducir la morbilidad y la mortalidad ocasionadas por la contaminación atmosférica en el país, dando énfasis a niños, adultos mayores y enfermos crónicos.

Tabla 1. Principal fuente emisora por tipo de partícula contaminante del aire según datos obtenidos en programas Pro-Aire de ciudades y estados mexicanos vigentes al 1ro de diciembre del 2017.

ESTADO O CIUDAD	PM10	PAC	PM2.5	PAC	SO2	PAC	CO	PAC	NOX	PAC	COV	PAC	NH3	PAC
Zona Metropolitana de Oaxaca	N	ES	A	CD	F	ITP	A	CD	N	B	N	B	A	G
Michoacán	A	CD	A	CD	F	ITM	M	AT	M	PICKUP	A	CD	A	FT
Tlaxcala	A	FD	A	FD	F	ITT	M	AT	M	AT	M	AT	A	F
Zona Metropolitana de Querétaro y San Juan del Río	A	CD	A	CD	F	CYP	M	CD	M	B	A	B	A	G
Puebla	A	CD	A	CD	A	LD	M	CT	M	CT	A	B	A	G
Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Playas del Rosarito	A	IF	A	IF	A	CI	M	PICKUP	M	AT	M	AT	A	CD
Zona Metropolitana de León	A	CNP	A	CNP	F	PD	M	TC	M	B	N	B	A	G
Valle de Toluca	A	CD	A	CD	F	CT	M	CT	M	CT	M	CT	A	FT
Salamanca, Celaya e Irapuato	A	CNP	A	CNP	F	PD	M	CT	M	B	N	B	A	G
Zona Metropolitana de San Luis Potosí / Soledad de Graciano Sánchez	F	ICC	F	ICC	F	IA	M	AT	M	ATU	A	UDD	A	G
Nuevo León	A	CNP	F	EX	F	ITP	M	AT	N	AT	N	AT	A	G
Nogales, Sonora	A	CNP	A	IF	A	IF	M	IF	M	CT	N	B	A	G
Mexicali	A	CNP	A	CNP	F	IV	M	PICKUP	F	EE	A	PICKUP	A	FT
Durango	A	CNP	A	CD	F	EE	M	PICKUP	M	PICKUP	N	B	A	G
Jalisco	F	PA	F	PA	A	CI	M	PICKUP	M	AT	M	AT	A	ED
Coahuila	N	ITM	N	ITM	F	EE	M	CT y PICKUP	F	EE	N	AT	A	G
Hidalgo	A	CD	A	CD	F	EE	M	PICKUP	M	ICC	N	V	A	G
Nayarit	N	CNP	N	CD	A	CA	M	CT y PICKUP	N	MA	N	CD	A	G
Zona Metropolitana del Valle de México	A	CNP	M	TC	F	AT	M	AT	M	AT	A	AT	A	OF

Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017.

Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

Tabla 2. Principal fuente emisora por tipo de partícula contaminante del aire según datos obtenidos en programas Pro-Aire de ciudades y estados mexicanos vigentes al 1ro de diciembre del 2017.

ESTADO O CIUDAD	AÑO DE PUBLICACIÓN	AÑO BASE DE LAS ESTADÍSTICAS	PROYECCIÓN
Zona Metropolitana de Oaxaca	2014	2011	2014 - 2023
Michoacán	2015	2013	2015 - 2024
Tlaxcala	2015	2011	2015 - 2024
Zona Metropolitana de Querétaro y San Juan del Río	2014	2008	2014 - 2023
Puebla	2012	2008	2012 - 2020
Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Playas del Rosarito	2012	2005	2012 - 2020
Zona Metropolitana de León	2013	2008	2013 - 2022
Valle de Toluca	2012	2008	2012 - 2017
Salamanca, Celaya e Irapuato	2013	2008	2013 - 2022
Zona Metropolitana de San Luis Potosí / Soledad de Graciano Sánchez	2013	2011	2013 - 2021
Nuevo León	2016	2013	2016 - 2025
Nogales, Sonora	2016	2011	2016 - 2025
Mexicali	2011	2005	2011 - 2026
Durango	2016	2013	2016 - 2026
Jalisco	2011	2005	2011 - 2020
Coahuila	2017	2014	2017 - 2026
Hidalgo	2016	2011	2016 - 2024
Nayarit	2017	2014	2017 - 2026
Zona Metropolitana del Valle de México	2011	2008	2011 - 2020

Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017.

Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

A partir de los datos recogidos en la tabla anterior, se grafican las tres principales fuentes de contaminación por tipo de partícula considerada en los Programas Pro-Aire analizados, y agrupada para el análisis según frecuencia absoluta.

Gráfico 1. Tres principales fuentes contaminantes para partículas PM10.

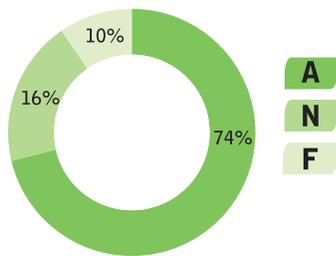


Gráfico 2. Tres principales fuentes contaminantes para partículas.

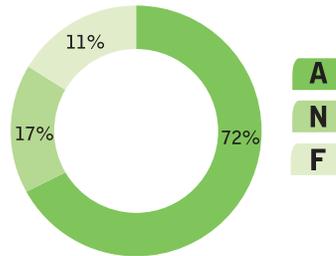


Gráfico 3. Dos principales fuentes contaminantes para partículas SO2.

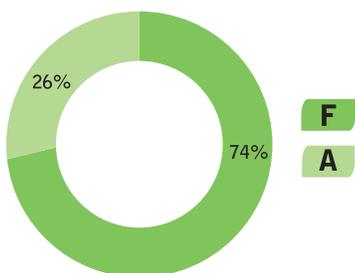


Gráfico 4. Dos principales fuentes contaminantes para partículas CO.

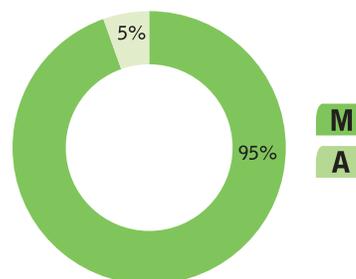


Gráfico 5. Tres principales fuentes contaminantes para partículas NOx.

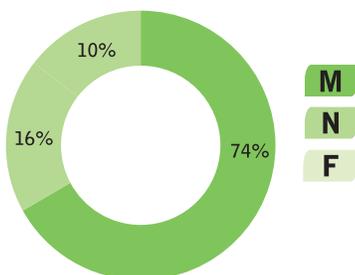
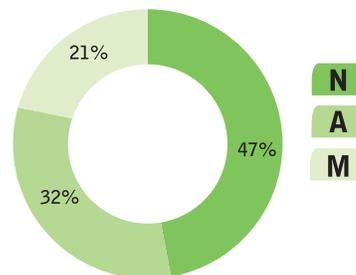


Gráfico 6. Tres principales fuentes contaminantes para partículas COV.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

- Gráfico 1. A(fuente de área), N(fuentes naturales), F(fuente fija de contaminación)
 Gráfico 2. A(fuente de área), N(fuentes naturales), F(fuente fija de contaminación)
 Gráfico 3. F(fuente fija de contaminación), A(fuente de área)
 Gráfico 4. M(fuente móvil), A(fuente de área)
 Gráfico 5. M(fuente móvil), N(fuentes naturales), F(fuente fija de contaminación)
 Gráfico 6. N(fuentes naturales), A(fuente de área), M(fuente móvil)

Gráfico 7. Fuente contaminante para partículas NH3.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

Los gráficos anteriores muestran que, respecto a las principales fuentes contaminantes por tipo de partículas, al menos en la muestra de ciudades y estados mexicanos con programas Pro Aire consultados, las fuentes de área, es decir, el uso de solventes, aguas residuales, de fertilizantes, y la actividad ganadera entre otras, constituyen las principales fuentes contaminantes del aire a través de PM10, PM 2.5, y Amoniaco (NH3). En segundo lugar, aparecen las fuentes móviles, contaminantes del aire a través de COV, CO y NOx. Por último, las fuentes fijas, es decir las actividades industriales, son los principales contaminantes del aire a través del SO2.

Cada fuente contaminante está constituida por una amplia diversidad de actividades, con un peso contribuyente diferencial. Por este motivo, es importante identificar cuáles son las primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de las mismas partículas que, aunque no son las únicas, sirven de referencia una vez que se citan en los programas Pro Aire.

Gráfico 8. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas PM10.

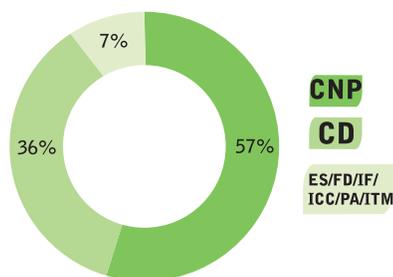
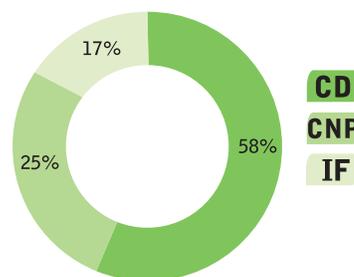


Gráfico 9. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas PM2.5.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

Gráfico 7. A(fuente de área)

Gráfico 8. CNP(fuente fija de contaminación), CD(combustión doméstica), ES(erosión de suelos), FD(), IF(incendios forestales), ICC(industria de cemento y cal), PA(producción de alimentación), ITM(industria metalúrgica)

Gráfico 9. CD(combustión doméstica), CNP(camino no pavimentados), IF(incendios forestales)

Gráfico 10. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas SO₂.

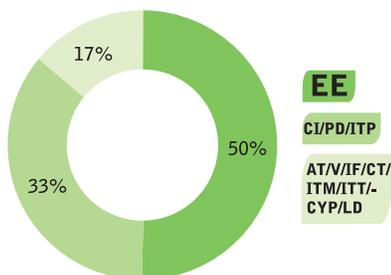


Gráfico 11. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas CO.

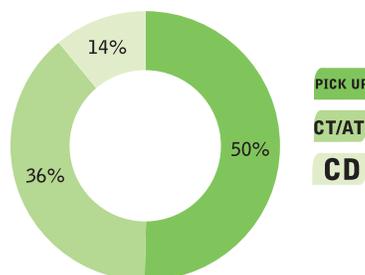


Gráfico 12. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas NO_x.

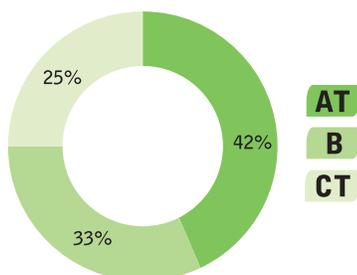


Gráfico 13. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas COV.

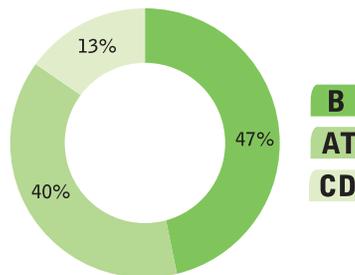
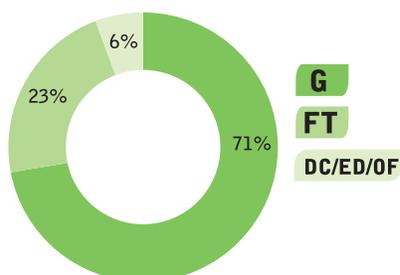


Gráfico 14. Primeras tres actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de partículas NH₃.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

Gráfico 10. EE(generación de energía eléctrica), CI(combustión industrial), PD(fabricación de productos derivados del petróleo), ITP(industria del petróleo, AT(autos), V(vegetación), IF(incendios forestales), CT(camionetas), ITM(industria metalúrgica), ITT(industria textil), CYP(celulosa y papel), LD(ladrilleras)
 Gráfico 11. PICK UP(autos de carga o tipo pick up), CT(camionetas), AT(autos), CD(combustión doméstica)
 Gráfico 12. AT(autos), TC(tractomotores, B(actividad biogénica), CT(camionetas)
 Gráfico 13.
 Gráfico 14.

El segmento de gráficos acerca de las principales actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de las partículas citadas nos permite complementar la observación acerca de las principales fuentes contaminantes. En este sentido observamos que la combustión doméstica, y el impacto del aire sobre los caminos no pavimentados constituyen las principales actividades que contribuyen con la contaminación del aire a través de las fuentes de área.

La actividad de los autos, camionetas, y otras camionetas de carga o pick up por su parte, de forma mayoritaria constituyen la principal actividad contribuyente con la contaminación del aire, fundamentalmente a través del CO, NOx y COV. Una de las observaciones que resultan de la estrategia de graficar los datos citados, es que la producción de energía eléctrica, así como las industrias de cemento y metalúrgica, constituyen actividades con repercusiones importantes en la contaminación del aire. A continuación, se muestran las tres principales fuentes contaminantes del aire según su frecuencia en Programas Pro-aire para estados y ciudades mexicanas.

Gráfico 15. Metropolitana de Oaxaca.

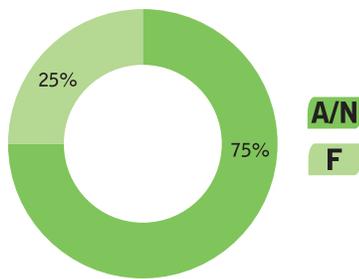


Gráfico 16. Michoacan.

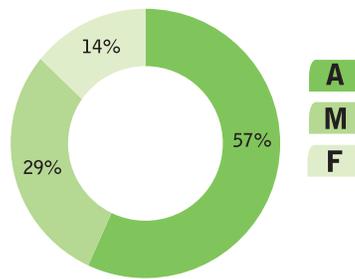


Gráfico 17. Tlaxcala.

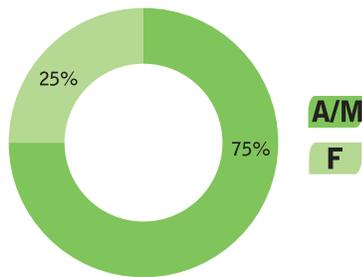
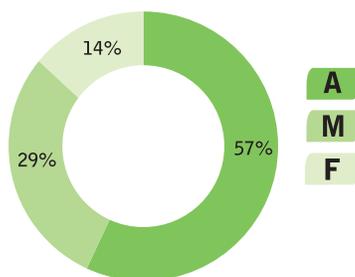


Gráfico 18. Zona Metropolitana de Querétaro y San Juan del Río.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

Gráfico 15. A(fuente de área), N(fuentes naturales), F(fuente fija de contaminación)
 Gráfico 16. A(fuente de área), M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación)
 Gráfico 17. A(fuente de área) ,M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación)
 Gráfico 18. A(fuente de área) ,M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación)

Gráfico 19. Puebla.

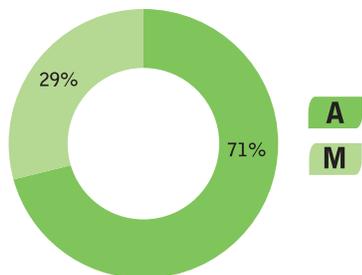


Gráfico 20. Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Playas del Rosarito.

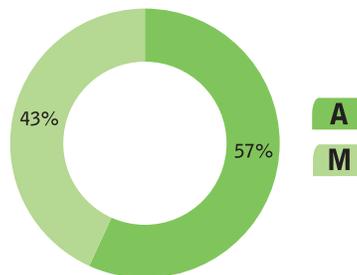


Gráfico 21. Zona Metropolitana de León.

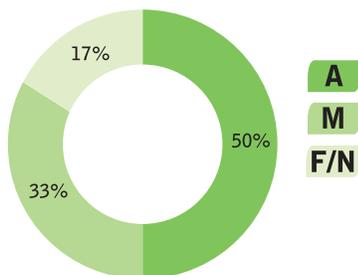


Gráfico 22. Valle de Toluca.

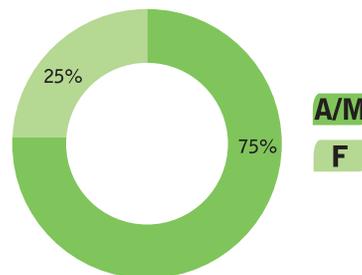


Gráfico 23. Salamanca, Celaya e Irapuato.

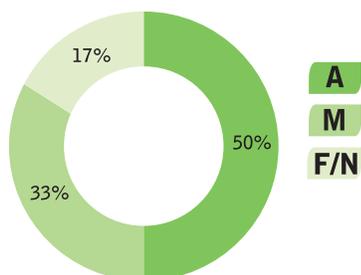
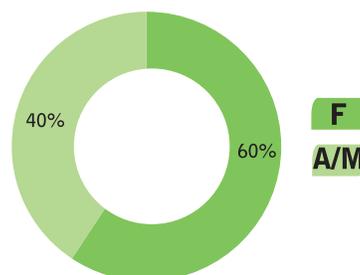


Gráfico 24. Zona Metropolitana de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

- Gráfico 19. A(fuente de área), M(fuente móvil)
- Gráfico 20. A(fuente de área), M(fuente móvil)
- Gráfico 21. A(fuente de área), M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación, N(fuentes naturales)
- Gráfico 22. A(fuente de área), M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación)
- Gráfico 23. A(fuente de área), M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación, N(fuentes naturales)
- Gráfico 24. F(fuente fija de contaminación), A(fuente de área), M(fuente móvil)

Gráfico 25. Nuevo León.

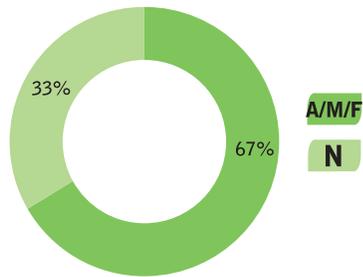


Gráfico 26. Nogales, Sonora.

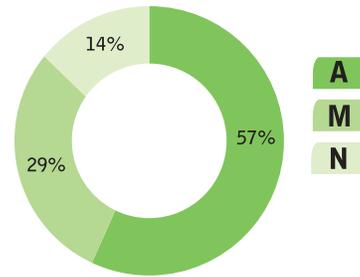


Gráfico 27. Mexicali.

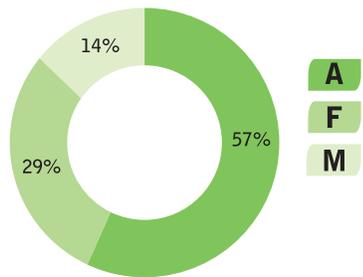


Gráfico 28. Durango.

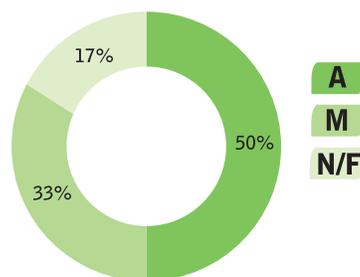


Gráfico 29. Jalisco.

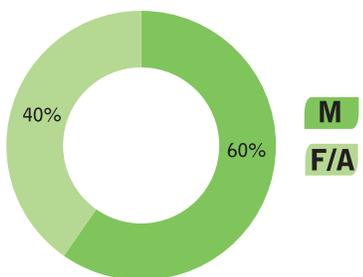
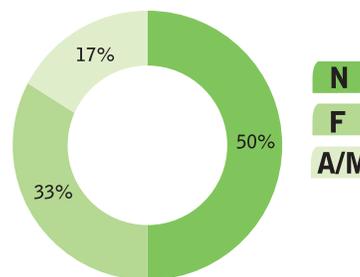


Gráfico 30. Coahuila.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

Gráfico 25. A(fuente de área), F(fuente fija de contaminación), M(fuente móvil), A(fuente de área), N(fuentes naturales)

Gráfico 26. A(fuente de área), M(fuente móvil), N(fuentes naturales)

Gráfico 27. A(fuente de área), F(fuente fija de contaminación), M(fuente móvil)

Gráfico 28. A(fuente de área), M(fuente móvil), N(fuentes naturales), F(fuente fija de contaminación)

Gráfico 29. M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación), A(fuente de área)

Gráfico 30. N(fuentes naturales), F(fuente fija de contaminación), A(fuente de área), M(fuente móvil)

Gráfico 31. Hidalgo.

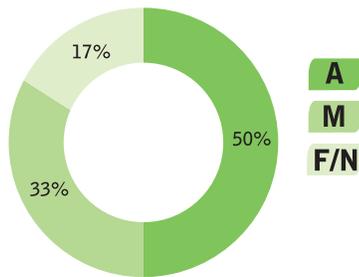


Gráfico 32. Nayarit.

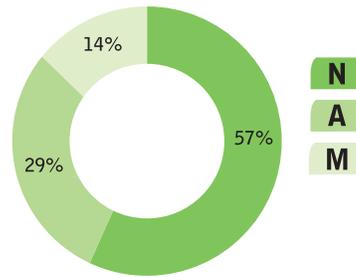
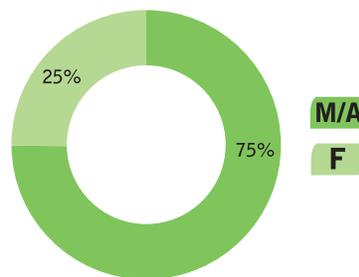


Gráfico 33. Zona Metropolitana del Valle de México.



Fuente: Elaboración propia a partir de Programas Pro-Aire actualizados en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales al 1ro de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>

La primera observación que se deriva de haber consultado la información contenida en los programas Pro Aire de México a la fecha citada es la necesidad de que se actualicen estos programas para todas las entidades federativas.

En términos de eliminar o reducir los efectos de la contaminación del aire a través de las fuentes y partículas, citadas en este caso en los programas Pro Aire, la información graficada anteriormente permite valorar la necesidad de mejorar y regular las emisiones provenientes fundamentalmente de autos y camionetas, así como de las actividades industriales, principalmente a partir de la quema y empleo de combustibles para sus labores.

Igual relevancia parece tener el mejoramiento y control sobre el uso de fertilizantes, fundamentalmente en la actividad ganadera; y el mejoramiento en las condiciones domésticas durante el uso de energía, ya sea para cocinar u otras actividades.

Gráfico 31. A(fuente de área), M(fuente móvil), F(fuente fija de contaminación), N(fuentes naturales)

Gráfico 32. N(fuentes naturales), A(fuente de área), M(fuente móvil)

Gráfico 33. M(fuente móvil), A(fuente de área), F(fuente fija de contaminación)

La contribución de cada una de las fuentes contaminantes dirige la mirada hacia actividades contribuyentes, pero también hacia poblaciones que pudieran estar en riesgo, y que necesitan ser consideradas tanto en las evaluaciones de riesgo sobre los impactos en la salud, como en la políticas públicas y acciones estatales derivadas de estas evaluaciones.

4. Hallazgos científicos y periodísticos

A continuación, se presentan los principales hallazgos científicos y periodísticos tanto a nivel internacional como para el caso mexicano. Como se menciona en el apartado metodológico, estos hallazgos fueron clasificados de acuerdo con el tipo de impacto a la salud que ocasionan, padecimientos y enfermedades.

4.1 Padecimientos respiratorios y cardiovasculares

- **Wong et al., 1999.** Estos investigadores evaluaron los efectos de la contaminación del aire en Hong Kong, en la incidencia de padecimientos cardiovasculares y respiratorios. Recopilaron información de las admisiones por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en 12 hospitales de la ciudad, entre 1994 y 1995, y diagnosticadas según la Clasificación Internacional de Enfermedades Mentales en su novena edición (CIE-9). También recolectaron los datos sobre las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), PM₁₀ Y Ozono (O₃). Empleando el coeficiente de correlación de Pearson entre las admisiones diarias y las concentraciones de las partículas de interés, encontraron una alta correlación entre todas las partículas consideradas y las enfermedades tanto respiratorias como cardiovasculares. Estas correlaciones fueron más altas en personas mayores de 65 años. Las enfermedades respiratorias correlacionaron incluso, con bajos niveles de SO₂.⁴⁵
- **Braga, et al., 2001.** Estudiaron los efectos de la exposición a O₃, NO₂, CO, O₃, y partículas de tamaño igual o menor a 10 micrones (PM₁₀), en la salud de niños y adolescentes menores de 20 años que acudieron a hospitales públicos de la ciudad de Sao Paulo de 1993 a 1997. Obtuvieron los datos de las causas de las admisiones hospitalarias, los diagnósticos recibidos, y los datos de las concentraciones diarias de las partículas de interés, a través de la Agencia Sanitaria de Sao Paulo. A partir de un análisis de regresión establecieron asociaciones estadísticas entre los niveles de exposición y los padecimientos de niños y adolescentes. Los resultados mostraron que el grupo que recibió mayor número de admisiones fue el de menos de 2 años, fundamentalmente a causa de bronquitis, bronconeumonía, y asma. O₃, SO₂, y NO₂ fueron responsables por la mayoría de las hospitalizaciones en el grupo de menores de 14 años, mientras que PM₁₀, Y CO mostraron un mayor efecto en el grupo de 14 a 20 años, cuyas hospitalizaciones se incrementaron por enfermedades crónicas como adenoides y en las amígdalas.

Este documento es el eje rector de la política nacional contra el cambio climático a 10, 20 y 40 años. Se plantea la reducción de emisores contaminantes en suelo, agua y aire, en un 30% en los próximos 10 años, y de 50% en los próximos 40 años. Para esto se toma como base la contaminación del año 2000, buscando una economía sustentable con emisiones bajas de carbono.⁴⁶

- **Ritz et al., 2002.** Evaluaron los efectos de la contaminación del aire sobre la incidencia de defectos al nacer de niños nacidos en California entre 1987 y 1993. Evaluaron los niveles de concentración de CO, NO₂, O₃ y PM₁₀ durante el período de gestación, y al momento del nacimiento de cada niño. Utilizando la regresión estadística, encontraron asociación entre la exposición a CO y O₃ en el segundo mes de gestación, y defectos ventriculares, en la arteria pulmonar, y la arteria aorta.⁴⁷
- **Organización Mundial de la Salud (OMS), 2005.** En el documento "Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el O₃, el NO₂ y SO₂" hay un capítulo titulado: "Guías de calidad del aire y su fundamento". En este capítulo se exponen las evidencias que sustentan los niveles de concentración sugeridos por la OMS para los contaminantes antes citados. Los niveles recomendados de PM_{2.5} se apoyan en los estudios de la Sociedad Americana del Cáncer, que muestran que, a partir de ciertos niveles, estas partículas tienen efectos cancerígenos. Los niveles en PM₁₀ se han fundamentado en investigaciones epidemiológicas con "más del 95% de confianza". En el caso del O₃, las evidencias de sus efectos provienen de estudios tanto clínicos como de campo, y muestran sus efectos en la inflamación de las vías respiratorias. Los NO₂ por su parte, han mostrado su efecto en la incidencia de síntomas como la bronquitis, incluso en niveles muy bajos. Para terminar, las evidencias sobre los efectos dañinos del SO₂ se sustentan en hallazgos epidemiológicos que muestran su repercusión sobre enfermedades respiratorias. Algunas de estas evidencias se sustentan con estudios en los que el control de SO₂ ha conllevado a una reducción de los síntomas relacionados a él.⁴⁸
- **Nouri et al., 2005.** Investigaron los efectos del CO presente en el aire, en la presencia de carboxihemoglobina (COHb) y eritrocitos nucleados⁴⁹ en la sangre del cordón umbilical de dos grupos de niños recién nacidos en Teherán. Un grupo de 41 niños expuestos a contaminación, y otro de 32 con fines de control provenientes de zonas con bajos niveles de contaminación. Después de medir los niveles de contaminación por CO en las zonas cercanas a la residencia de las 41 madres, encontraron alta correlación entre la presencia de COHb y eritrocitos nucleados en la sangre de los cordones umbilicales de los niños expuestos.⁵⁰
- **Arden y Dockery, 2006.** Realizaron una revisión bibliográfica para sistematizar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana. Recopilaron trabajos que abarcaron un período de 1931 al 2006. Los resultados mostraron que la exposición a PM_{2.5} es responsable de infartos, isquemias e inflamaciones circulatorias. La exposición a PM₁₀ por su parte, es responsable de mortalidad por causas tanto cardiovasculares como respiratorias, esto incluso, en estudios donde se controlaron posibles variables confusoras como la temporada del año, el sexo, la edad, y los hábitos de fumar.⁵¹
- **Muñoz et al., 2007.** Investigaron los efectos de la contaminación de aire sobre la salud de adultos colombianos que laboraban en diferentes niveles de exposición. Realizaron un estudio de cohorte transversal⁵² con trabajadores de comercio y de talleres de mecánica del Valle de Aburrá, que fueran mayores de 18 años, y llevaran al menos más de un año de residencia en el lugar. Seleccionaron un total de 628 personas expuestas, y 276 no expuestas. Evaluaron los niveles de PM₁₀, CO, SO₂ y NO₂ en la zona de estudio. Tomaron medidas de la función pulmonar a través de la Espirometría, y aplicaron una encuesta para saber de la presencia de síntomas. Los expuestos mostraron más síntomas que los no expuestos.

Entre los expuestos encontraron ardor en los ojos, congestión nasal, dolores de cabeza, irritabilidad, rabia y angustia relacionados a la exposición de las partículas contaminantes. Encontraron asociación entre la exposición a partículas PM10 y el riesgo de sufrir padecimientos obstructivos pulmonares.⁵³

- **Barraza, A., 2008.** Se sabe que la contaminación del aire provoca respuestas inflamatorias, pero no es entendido de una manera clara. Ante esta situación, se analizó el efecto del óxido nítrico en exposiciones de corto plazo (22 semanas) para medir los marcadores inflamatorios⁵⁴ y la función pulmonar en niños escolares con asma o sin asma. El resultado de la investigación arrojó que la exposición a PM2.5 resultó en inflamación aguda de las vías aéreas, y disminución de la función pulmonar tanto en niños asmáticos como no asmáticos.⁵⁵
- **Latzin et al., 2009.** Se preguntaron por los efectos de la contaminación del aire sobre la función pulmonar de niños recién nacidos saludables en la ciudad de Berna, Suiza. Tomaron los datos de la contaminación del aire en la ciudad de enero de 1999 a julio de 2007 a través de una estación de monitoreo. Por otra parte, evaluaron la función pulmonar de 241 infantes mientras dormían. Concluyen que la exhalación de óxido nítrico, el cual es evidencia de un proceso inflamatorio en los infantes, se debió a la exposición prenatal al NO2. Esta exhalación fue mayor en aquellos niños cuya vivienda se encuentra más cercana a la carretera.⁵⁶
- **Strickland et al., 2009.** En una investigación, evaluaron los efectos de la contaminación del aire por presencia de SO2, PM10, CO, y NO2, en el surgimiento de malformaciones cardiovasculares en niños nacidos en Atlanta, Georgia, entre el 1ro de enero de 1986 y el 12 de marzo de 2003. Obtuvieron los datos a partir de los archivos del Programa de Defectos Congénitos en Atlanta. Después de revisar 715,500 nacimientos en ese período, los resultados mostraron que existió una correlación entre la exposición a PM10 y el ductus arterioso persistente.^{57, 58}
- **Hofman et al., 2011.** Realizaron un estudio de cohorte prospectivo en Rotterdam, Holanda para evaluar el impacto de la contaminación del aire sobre la presión arterial y complicaciones hipertensivas durante la etapa de gestación. Excluyeron del estudio a madres diagnosticadas como hipertensas. Midieron la presión arterial de 4,853 madres durante el primer trimestre de gestación, 6,361 durante el segundo, y 6,488 en el tercero. Obtuvieron los datos de las concentraciones de PM10 y NO2 de acuerdo con los códigos postales de las madres estudiadas. Los resultados mostraron que la exposición a PM10 se asoció al incremento en el riesgo de desarrollar hipertensión durante el parto. El NO2 por su parte, se asoció a un incremento en la presión sistólica durante el segundo y tercer trimestre de gestación. Al discutir estos resultados, tuvieron en cuenta los niveles normales esperados de presión arterial para las madres según los períodos de gestación analizados.⁵⁹
- **Wiebert et al., 2011.** Investigaron la relación entre el infarto al miocardio y la exposición a algunas partículas contaminantes del aire. Investigaron esta relación a través de trabajadores residentes en Suecia. Para ello, hicieron un estudio de cohorte y obtuvieron una lista de trabajadores del Censo Nacional Sueco de los años 1980, 1985, y 1990. Correlacionaron las características sociodemográficas del grupo seleccionado, con las admisiones hospitalarias durante esos años por causa de infartos al miocardio, obtenidas del registro nacional. El infarto al miocardio se asoció a la inhalación de polvo de cuarzo, niebla de aceite que es producto de la quema de aceite, polvo resultado de la producción de papel, y Benzopireno. La exposición a nubes de aceite y Benzopireno, fueron las que correlacionaron más alto con el infarto al miocardio, fundamentalmente en mujeres.⁶⁰

- **Heinrich et al., 2013.** Realizaron un estudio de cohorte prospectivo para evaluar el impacto de la exposición a NO₂ y PM₁₀ sobre todas las causas de mortalidad en la localidad alemana de Rhine-Westphalia. Se analizaron las causas de muerte de 4,752 mujeres de nacionalidad alemana según la Clasificación Internacional de Enfermedades, en su novena edición (CIE-9), y accediendo a los datos de la agencia de estadísticas de la ciudad. También se hizo un seguimiento de los niveles de PM₁₀ y NO₂ por 18 años, obteniendo el promedio de sus concentraciones anuales. Los resultados mostraron que el NO₂ se asoció a mortalidad por causas cardiopulmonares, incluido el cáncer de pulmón. También se constató un mayor riesgo de mortalidad entre las mujeres que vivían a menos de 50 metros de la carretera.⁶¹
- **Anderson et al., 2014.** Investigaron la relación entre la exposición a la contaminación del aire por partículas PM_{2.5} y O₃, y los padecimientos cardiovasculares. De 2004 a 2009 realizaron mediciones diarias de O₃, PM_{2.5}, humedad, temperatura y velocidad del aire. Las concentraciones de las partículas se vincularon a los códigos postales de aquellas personas que acudieron entre 2004 y 2009 a salas de emergencia por infartos, arritmias, y enfermedades isquémicas. Encontraron una asociación significativa desde el punto de vista estadístico entre las enfermedades cardiovasculares y la exposición a PM_{2.5}. Esto se apreció más en hombres que en mujeres, aunque el efecto aumentó con el incremento de la edad de las personas.⁶²
- **Becerra et al., 2014.** Estudian el papel mediador del “estatus socioeconómico” en la relación entre contaminación del aire por PM₁₀ y mortalidad en la Ciudad de Bogotá, Colombia. Emplean un diseño ecológico de abril de 1998 a diciembre de 2006. Los datos de PM₁₀ los obtuvieron del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá. Sacaron promedios por 24 horas, y obtuvieron las concentraciones para cada uno de los lugares de residencia de las personas diagnosticadas. Obtuvieron los datos de las muertes diarias a partir de la Secretaría de Salud de Bogotá. El mayor riesgo de mortalidad por exposición a PM₁₀ fue encontrado entre personas categorizadas como pertenecientes al nivel socioeconómico bajo. La mortalidad por causas respiratorias fue más significativa en el nivel socioeconómico medio. El nivel socioeconómico alto tuvo la menor cantidad de muertes para todas las enfermedades diagnosticadas en el período estudiado.⁶³
- **Erbach Gregor, junio de 2014.** Reunió un grupo de evidencias fundamentalmente sobre el impacto medioambiental y económico de la extracción no convencional de gas y petróleo en Norteamérica. Al analizar la contaminación del aire como resultado de esta actividad, se menciona la contaminación por presencia de óxidos de nitrógeno, metano⁶⁴ y formaldehídos⁶⁵. Esto como resultado de las actividades de extracción, así como la circulación de maquinarias.⁶⁶
- **Ferrero et al., 2014.** Del 20 al 30 de abril de 2014 revisaron estudios publicados de 1999 a 2014 en idioma inglés y español sobre los efectos del Benceno en la salud humana. Encontraron que el grupo más estudiado ha sido el de niños de 6 a 12 años, fundamentalmente en Europa. Las evidencias sostienen que el Benceno tiene un efecto directo en la tos, los silbidos al respirar, asma, bronquitis, e incremento de infecciones pulmonares en recién nacidos, sobre todo en la sexta semana de vida.⁶⁷
- **Ranzi et al., 2014.** Investigaron los efectos de la contaminación del aire sobre los síntomas respiratorios de niños pequeños. Realizaron un estudio de cohorte prospectivo en dos hospitales obstétricos en Roma, Italia, de junio de 2003 a octubre de 2004.

Realizaron entrevistas por teléfono y de manera presencial casa por casa, con las madres de cada uno de los 708 niños con los que trabajaron. Por un lado, obtuvieron los niveles de NO₂ en el aire según la zona geográfica de residencia de las madres. Por otro lado, realizaron entrevistas con las madres a los seis meses del parto, a los 15 meses, a los cuatro años, y a los siete años. Al utilizar la correlación de Spearman entre los niveles de exposición y los síntomas, encuentran que la presencia de NO₂ correlacionó de modo significativo con la incidencia de asma, tos con flema, otitis, y silbidos al respirar. Esto último mayormente a los siete años.⁶⁸

- **Carey et al., 2015.** Investigan los efectos de la contaminación del aire en la incidencia de la enfermedad obstructiva crónica entre 812,036 personas entre 40 y 89 años residentes de la ciudad de Londres, Inglaterra. Por una parte, consultaron las bases de datos hospitalarias en busca de los diagnósticos entre 2003 y 2007. Por otra parte, consultaron los datos de los niveles de concentración de partículas contaminantes del aire en la ciudad durante los años estudiados. Los resultados mostraron que la presencia de PM₁₀ Y PM_{2.5} correlacionó alto con la presencia de NO₂ Y O₃. La enfermedad obstructiva crónica correlacionó estadísticamente con la exposición a PM_{2.5}, PM₁₀, y NO₂, no así con el O₃.⁶⁹
- **Dicastillo et al., 2014.** Investigaron los efectos de la exposición prenatal y posnatal al NO₂ y el Benceno en el aire sobre la función pulmonar. Seleccionaron un grupo de mujeres embarazadas durante sus visitas ordinarias a los hospitales de Sabadell y Gipuzkoa. 602 y 573 madres, respectivamente. Obtuvieron los datos de las concentraciones de las partículas contaminantes de interés durante el período prenatal, y luego durante el primer año de vida, y los cuatro años y medio. En estos dos últimos períodos emplearon un Espirómetro para medir la función pulmonar de los niños. Los resultados mostraron que un incremento de 1ug/m³ de Benceno y 10 ug/m³ de NO₂ durante la etapa de gestación, correlacionó de modo significativo con déficit del flujo respiratorio a la edad de cuatro años y medio. Altas concentraciones de ambas partículas correlacionaron de modo significativo con disminución en la función respiratoria en el primer año de vida.⁷⁰
- **Hazari et al., 2015**⁷¹. Hacen una revisión de las evidencias que apoyan la relación fisiopatológica entre la contaminación del aire y el corazón. Basados en las evidencias médicas encuentran tres mecanismos fundamentales:
 - A. El contaminante interactúa directamente con la sangre, la pared de vessel (pared de las venas), y causa cambios tanto vasculares como eléctricos.
 - B. El contaminante genera inflamación con incremento de marcadores proinflamatorios, por lo que se desata un proceso oxidativo que incrementa la actividad de los leucocitos y la citoquina.
 - C. El contaminante activa el sistema nervioso autónomo, y altera la función cardiovascular.
- **El País, 2015.** El cambio climático es un tema que se debe tratar a nivel internacional. La contaminación del aire se debe principalmente a la combustión de diésel y carbón, así como, la mala ventilación en los hogares. La reducción de contaminación en el aire reduce morbilidad y mortalidad. Las mayores culpables son las micropartículas PM_{2.5}, estas son dañinas por cáncer e infecciones respiratorias, al entrar a la sangre hay alteraciones vasculares, ataques cardiacos y cerebrales. Afecta desarrollo de niños en el útero. Se recomienda la reducción de CO₂.⁷²

- **Nemati et al., 2015.** Evalúan el riesgo de hospitalizaciones por problemas de salud relacionados a la inhalación de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en la ciudad de Mashhad, Irán durante 2012. Incrementos en las concentraciones de NO₂ se asociaron estadísticamente con hospitalizaciones por Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y problemas cardiovasculares. Nemati et al., (2015) cita como antecedente la investigación de Goodanzi (2008) en la que se encontró que 3.4% de las muertes cardiovasculares por ataques al corazón, se relacionaron con incrementos en la exposición al NO₂ más allá de 60 ug/m³.⁷³
- **Siponen et al., 2015.** Investigaron los efectos de la exposición a PM_{2.5} sobre la inflamación sistémica y la enfermedad isquémica del corazón. Seleccionaron 52 personas de la tercera edad diagnosticadas con enfermedad isquémica del corazón en la ciudad de Kotka, en Finlandia. Se excluyeron personas con VIH, y padecimientos de colitis ulcerosa, y artritis reumatoide en los últimos 6 meses. También se excluyeron a los fumadores. Los casos fueron seguidos del 15 de noviembre de 2005 al 12 de mayo de 2006. Por una parte, midieron las concentraciones de partículas PM_{2.5} en el aire de la ciudad, y por otra tomaron muestras de sangre buscando marcadores de inflamación sistémica. Los resultados mostraron una alta correlación estadística entre la presencia de Mieloperoxidasa⁷⁴, Interleuquina 12 (IL-12), y proteína C reactiva⁷⁵ en la sangre, y la exposición a las emisiones del tráfico, los desechos de la industria del papel, y la combustión de biomasa como principales fuentes de PM_{2.5}.⁷⁶
- **Zarei et al., 2016.** Investigaron el impacto de la exposición a partículas PM₁₀, SO₂, NO₂ y O₃ en el aire, sobre la incidencia del asma. Para ello revisaron las admisiones hospitalarias en cuatro hospitales en la ciudad de Shiraz, en Irán, de 2007 a 2012. Obtuvieron los datos de las partículas contaminantes del Departamento de Protección Ambiental, e hicieron un promedio diario de concentración para cada partícula. Encontraron que hubo una correlación estadística significativa entre la exposición a NO₂, SO₂ Y O₃, y las admisiones mensuales por asma. El NO₂ causó infecciones virales respiratorias y aumento de reacciones alérgicas. Por su parte, el O₃ exacerbó el asma.⁷⁷
- **Girguis et al., 2017.** Realizaron una investigación para conocer los efectos de la contaminación del aire sobre la incidencia de bronquitis y otitis media en niños recién nacidos en Massachusetts entre 2001 y 2008. Encontraron correlación entre la exposición a PM_{2.5} y la presencia de bronquitis tanto un día antes como cuatro antes del examen clínico. Esta correlación se encontró uno, cuatro y siete días antes del examen clínico. Los niños prematuros fueron más sensibles a la exposición a PM_{2.5}.⁷⁸
- **La Jornada, 20 de octubre de 2017.** Trabajo titulado: "Una de cada 6 muertes estuvo relacionada con la contaminación en 2015". Se refieren a investigaciones llevadas a cabo por "organismos internacionales", así como de organizaciones no gubernamentales (ONGs), y otros "40 investigadores" en temas de salud y medio ambiente. Los resultados de sus estudios comentan, sostienen que la contaminación del aire tanto exterior como interior, son responsables de 6.5 millones de muertes cada año a través de enfermedades cardíacas, infartos cerebrales, y cáncer de pulmón. De igual forma, se expone que desafortunadamente este es un problema ignorado en ocasiones porque se ha asociado al necesario desarrollo económico. Por último, exponen que aún faltan partículas contaminantes por identificar.⁷⁹

- **Michikawa et al., 2017.** Realizaron una investigación en Fukuoka, Japón para evaluar los efectos de la contaminación del aire sobre padecimientos respiratorios y cardiovasculares. Entre enero de 2005 y diciembre de 2010 realizaron mediciones de PM10, PM2.5, NO2, O3 Y SO2. En igual período registraron 176.123 consultas en salas de emergencia relacionadas a enfermedades cardiovasculares y respiratorias para personas de 0 a más de 65 años. Se tuvieron en cuenta los diagnósticos asociación estadística entre NO2, SO2, Y PM2.5 y la presencia de enfermedades respiratorias. Las PM10 se asociaron a mayor riesgo de mortalidad tanto en hombres como en mujeres.⁸⁰
- **Milenio Diario, 2017.** El profesor e infectólogo del Hospital Zembrano Hellion del Tecnológico del Tecnológico de Monterrey de Nuevo León, aseguró que la contaminación del aire está relacionada con el aumento de padecimientos respiratorios, situación que empeora con climas fríos.⁸¹
- **Milenio, 2017.** Mario Molina expuso que el cambio climático es una realidad. Las pequeñas partículas en el aire provocan afectaciones en la salud de los ciudadanos, principalmente afectaciones pulmonares en niños y en poblaciones vulnerables. Molina propone impulsar el transporte público, energía sustentable, regular las emisiones de la industria.⁸²
- **Milenio, 2017.** Las precontingencias ambientales pueden provocar Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), la cual ataca las vías respiratorias y puede disparar otras enfermedades. Se sugiere, con la precontingencia no salir antes de que amanezca, darse baños de sol, ponerse vacuna contra la influenza, tener un oxímetro en casa.⁸³
- **Samoli et al., 2016.** Investigaron los efectos entre la exposición a corto plazo a la contaminación del aire por el tráfico, y la enfermedades respiratorias y cardiovasculares de 2011 a 2012. Trabajaron con residentes de Londres con un amplio rango de edad que fue hasta más de 65 años. En el período estudiado obtuvieron los datos de las concentraciones diarias de PM10, PM2.5, O3, NO2, CO, Y SO2. Se calcularon los promedios de las concentraciones para 24 horas. Los resultados mostraron que los Óxidos de Nitrógeno (NOx) y el CO se asociaron más con las admisiones hospitalarias pediátricas por causas respiratorias. El CO también tuvo una fuerte correlación con las admisiones hospitalarias en adultos por causas respiratorias. Las PM10 tuvieron presencia de Zinc y Aluminio, y estas enfermedades respiratorias en todos los grupos etarios.⁸⁴
- **Ubilla. C. et. al., 2017.** Los niños son un grupo particularmente vulnerable en lo que respecta a la contaminación atmosférica. Esta vulnerabilidad radica en el hecho de que están en crecimiento y desarrollo, en factores genéticos y porque suelen realizar actividades al aire libre. A corto plazo, la contaminación atmosférica, se reportan aumento de enfermedades respiratorias, asma y en déficit en el desarrollo pulmonar.⁸⁵
- **Romieu, I., et. al, 1996.** La relación entre la contaminación del aire y la exacerbación del asma infantil se estudió en un grupo de 71 niños (de cinco a siete años) con asma leve que residían en la parte norte de la Ciudad de México. Durante el seguimiento, las medidas ambientales de PM10 (promedio de 24 h) y ozono (1 hora máximo) excedieron con frecuencia los estándares mexicanos para estos contaminantes. La tasa de flujo espiratorio máximo (PEFR) se asoció fuertemente con los niveles de PM10 y marginalmente con los niveles de ozono.

Los síntomas respiratorios (tos, producción de flemas, sibilancias y dificultad para respirar) se asociaron con los niveles de PM10 y ozono. Un aumento de 20 microgramos / m³ de PM10 se relacionó con un aumento 8% en la Enfermedad Respiratoria Baja⁸⁶ entre los niños en el mismo día. Un aumento de 10 microgramos / m³ en la media semanal de PM2.5 micras se relacionó con un aumento del 21% en la presencia de Enfermedad Respiratoria Baja (IC del 95%=1.08-1.35). Se concluyó que los niños con asma leve se ven afectados por los altos niveles ambientales de partículas y el ozono que se observa en la parte norte de la Ciudad de México.⁸⁷

- **Hernández, L., 2000.** El objetivo de la investigación fue analizar la relación entre las concentraciones ambientales de partículas de diámetro $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM10) y de ozono, a través del número diario de consultas al servicio de urgencias, por enfermedades respiratorias agudas y asma, en niños menores de 15 años residentes de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se realizó entre 1998 y 1999 con un diseño de corte ecológico. Los datos atmosféricos fueron obtenidos de la Agencia de Protección al Ambiente, mientras que los referentes a la salud, de los registros médicos de los hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); donde se identificaron el asma y las enfermedades respiratorias. Obtuvieron como resultados, que un incremento en la exposición a PM10 de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio de 24 horas, se relaciona con un incremento de 4.97% en las consultas por asma, con un incremento de 9% cuando se considera la exposición acumulada de cinco días anteriores. Respecto a enfermedades respiratorias con alta incidencia, se encontró un aumento de 2.95% en las consultas a urgencias por cada 20 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ de incremento en el promedio de PM10 para 24 horas de exposición. Se observó que el impacto de PM10 sobre las visitas de urgencia por asma fue más severo en los días en que los niveles de ozono excedían los 49 ppb (nivel de la mediana) en el ambiente.⁸⁸
- **Blackman et al., 2003.** En 2001 realizaron una investigación para evaluar los efectos de la contaminación del aire por PM10 sobre la salud de trabajadores de dos plantas maquiladoras en la Ciudad Juárez y El Paso. Obtuvieron los datos de las emisiones a partir de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Por otra parte, los relacionaron con la cantidad de muertes en ambas maquiladoras: la de fabricación de hierro, y una planta química. La fabricación de hierro fue responsable de muertes prematuras, y admisiones hospitalarias por enfermedades y padecimientos respiratorios.⁸⁹
- **Holguín et al., 2003.** Investigan los efectos de la contaminación del aire en la Ciudad de México sobre la variabilidad en la presión sanguínea de un grupo de 34 personas de la tercera edad. Del 8 de febrero al 30 de abril del año 2000 monitorearon la presión arterial de un grupo de personas reclutadas de forma voluntaria en un hogar de ancianos. Excluyeron personas con arritmias cardíacas, fumadores, así como aquellas que no pudieran firmar el consentimiento informado que emplearon. Tomaron medidas de PM2.5, O₃, NO₂, SO₂ Y CO tanto dentro como fuera del hogar de ancianos. Por otra parte, midieron la presión arterial un día sí y otro no entre 8 am y 1 pm. Los resultados mostraron que la exposición a PM2.5 se asoció a reducción de la frecuencia cardíaca, lo cual se acentuó en personas diagnosticadas con hipertensión. Hubo una relación inversa entre los niveles de PM2.5 y O₃ y la frecuencia cardíaca.⁹⁰
- **Reyna et al., 2003.** Investigaron los efectos de partículas PM10 sobre enfermedades respiratorias de la población urbana residente en Mexicali, Baja California. Obtuvieron los datos de los diagnósticos de asma, neumonía y enfermedades respiratorias agudas en la ciudad de 1997 al año 2000.

También obtuvieron las concentraciones de PM10 durante el período a partir de 6 estaciones de monitoreo. Calcularon promedios semanales de estas concentraciones. Las concentraciones de PM10 sobrepasaron los niveles de 50ug/m³ como promedio anual. Encontraron una correlación significativa entre la exposición a PM10 y las hospitalizaciones por problemas respiratorios en la ciudad. Esta correlación fue más alta con el padecimiento de asma, que, con las infecciones respiratorias agudas, aunque se relacionó con ambas.⁹¹

- **Cadena et al., 2007.** Investigaron los efectos de la contaminación del aire en Ciudad Juárez en la morbilidad infantil. Trabajaron con niños recién nacidos y de 1 a 16 años, todos residentes de Ciudad Juárez, y derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Recogieron los diagnósticos médicos realizados en 2 hospitales de la ciudad del 1ro de julio de 1997 al 31 de diciembre del año 2001. A la par obtuvieron los datos de la contaminación del aire, a partir de la Red de Monitoreo Atmosférico de Ciudad Juárez. Los resultados mostraron que, de 78,330 consultas de emergencia, 44,648 (57%) fueron debido a causas respiratorias. Estas afectaron fundamentalmente a niños de cinco años o menos, a través de asma e infecciones de vías respiratorias superiores, y su presencia se asoció de manera significativa con la exposición a O₃.⁹²

- **Villareal et al, 2008.** De junio de 2003 a junio de 2005 investigaron una cohorte de 158 niños asmáticos y 50 no asmáticos de Iztapalapa, Iztacalco y Netzahualcóyotl en la Ciudad de México, y en edad escolar, para evaluar los efectos de la contaminación del aire sobre la función pulmonar. Al inicio del estudio aplicaron un cuestionario a cada niño para conocer su historia de salud, y los niveles de exposición al humo de tabaco. Durante el período de seguimiento, tomaron medidas de la función pulmonar cada 15 días. Los resultados mostraron que la exposición a PM2.5 durante los 5 días previos a la medición pulmonar correlacionó de manera significativa con el decrecimiento en la capacidad vital forzada tanto en asmáticos como en no asmáticos. Un incremento de 15.5ug/m³ en PM2.5 se asoció estadísticamente con 11% de incremento en la tos, y 6% de incremento en silbidos al respirar. Por su parte, la inhalación de O₃ se asoció con un incremento en la tos.⁹³

- **Cueto et al., 2009.** Investigaron la influencia de O₃, CO, y PM10 sobre la incidencia de infecciones respiratorias agudas en residentes de Mexicali, México. Extrajeron los datos de las concentraciones de estas partículas a través de tres estaciones de monitoreo en la ciudad, entre 2001 y 2005. Relacionaron estas concentraciones con las infecciones respiratorias agudas atendidas en los centros de salud cercanos a estas estaciones. El CO explicó casi 50% de las infecciones respiratorias agudas en el oeste de la ciudad, mientras que el O₃ correlacionó fuerte con las mismas en el centro de la ciudad.⁹⁴

- **Federación de Sociedades Americanas para la Biología Experimental, 2010.** A través de Villareal et al., investigaron los efectos de la contaminación del aire en el corazón de personas jóvenes en la Ciudad de México. Esta investigación fue presentada en un poster en la Conferencia de Biología Experimental, celebrada el 28 de abril de 2010 en Anaheim, California. Se analizaron 21 casos de jóvenes muertos en accidentes en la Ciudad de México. Estos fallecidos tenían más respuestas inflamatorias, lo que fue asociado por los autores con la exposición a la contaminación del aire en la ciudad. En la discusión de los resultados, sostienen que estas afectaciones tienen impacto a largo plazo, una vez que la contaminación es permanente, y la respuesta inflamatoria se vuelve crónica.⁹⁵

- **Federación de Sociedades Americanas para la Biología Experimental, 2010.** A través de Villareal et al., investigaron los efectos de la contaminación del aire en el corazón de personas jóvenes en la Ciudad de México. Esta investigación fue presentada en un poster en la Conferencia de Biología Experimental, celebrada el 28 de abril de 2010 en Anaheim, California. Se analizaron 21 casos de jóvenes muertos en accidentes en la Ciudad de México. Estos fallecidos tenían más respuestas inflamatorias, lo que fue asociado por los autores con la exposición a la contaminación del aire en la ciudad. En la discusión de los resultados, sostienen que estas afectaciones tienen impacto a largo plazo, una vez que la contaminación es permanente, y la respuesta inflamatoria se vuelve crónica.⁹⁶
- **Escamilla et al., 2011.** Evaluaron los efectos de la exposición al CO sobre la función pulmonar de niños en edad escolar residentes en la Ciudad de México. Establecieron una cohorte de 55 niños asmáticos y 40 no asmáticos, y los siguieron por 22 semanas. Realizaron mediciones de la función pulmonar cada 15 días con el Espirómetro. Obtuvieron los datos de las concentraciones de CO a las que estuvieron expuestos los niños durante el período de seguimiento a través de filtros de teflón. Encontraron una relación inversa entre el incremento de CO y el volumen expiratorio forzado, así como la capacidad vital forzada, sobre todo en niños asmáticos.⁹⁷
- **González, G., 2012.** Se estima que en México: el 35% de la carga de la enfermedad tiene un origen ambiental, que de dos a cuatro mil muertes al año tienen que ver con la contaminación atmosférica en ciudades. En 2011 se presentaron 42,857 de emergencias hospitalarias derivadas de enfermedades respiratorias. En el documento se especifica que las zonas industriales concentran el 51% de Dióxido de Azufre, dándose énfasis en ciudades portuarias, siendo las dos con más SO₂ Altamira, Tamaulipas y Tuxpan, Veracruz. En esta última en 2011, la incidencia de enfermedades respiratorias agudas sobrepasa la media estatal Tuxpan 19,471.7, Veracruz 16,942, Nacional 23,549.1). Mientras que para la Otitis aguda la incidencia en dicha ciudad fue más alta que la estatal y la nacional Tuxpan 1,007, Veracruz 421.3 y nacional 593.7.⁹⁸
- **Milenio Diario, 2015.** En Nuevo León hubo un aumento de las enfermedades respiratorias por contaminación en el aire las dos primeras semanas de diciembre de 2015 por un aumento en las partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, esta situación dio como resultado: irritación vías respiratorias, ojos rojos con lagrimeo, obstrucción nasal, moco, flema. Así, hubo un aumento en las consultas en 80%.⁹⁹
- **Altamirano, C., 2016.** Por la cantidad de partículas PM_{2.5} y PM₁₀, Monterrey, Toluca, Salamanca, León, Irapuato y Silao son ciudades más contaminadas que la Ciudad de México. El aire de las grandes ciudades tiene diferentes partículas en concentraciones superiores a las recomendadas por la OMS, lo cual tiene efectos en la salud. Las partículas 2.5, al ser finas llegan al fondo de los pulmones, lo cual causa cardiopatías, neumopatías y cáncer. En tanto que, el Ozono, afecta a quienes tienen asma y reduce la función pulmonar. El dióxido de nitrógeno, por su parte intensifica la bronquitis en niños asmáticos, en adultos aumenta el riesgo de cardiopatías, neumopatía obstructiva crónica y cáncer de pulmón. El dióxido de azufre afecta el sistema respiratorio y causa irritación ocular; este último en combinación con el agua provoca la lluvia ácida al convertirse en ácido sulfúrico. Es así como, hasta el 80% de las muertes prematuras pueden estar relacionadas con la mala calidad del aire.¹⁰⁰

- **Álvarez et al., 2016.** Investigaron los efectos sobre la salud de la contaminación del aire como resultado de la quema de caña de azúcar en el poblado de Córdoba, en Veracruz, México. Durante la cosecha se incrementaron los niveles de PM10 "alrededor" de 41%, PM2.5 en alrededor de 32%, y carbón negro 25%. También se incrementaron los niveles de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Por estas razones, los autores concluyen que la población expuesta se encuentra especialmente vulnerable durante la etapa de cosecha, y en riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias, así como cáncer. Hacen un llamado a que las entidades estatales además de estudiar los efectos en la salud de las partículas PM, también lo hagan sobre los efectos de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.¹⁰¹
- **El País, 2016.** En la Ciudad de México la contaminación del aire provoca un aumento de aproximadamente un 10% de los males respiratorios en toda la población, pero principalmente en los grupos vulnerables: niños, adultos mayores y familias con limitada asistencia médica. Las enfermedades pueden ser neumonía, cáncer de pulmón o cardiovascular, y afectaciones del hígado.¹⁰²
- **León, M., 2016.** De acuerdo con la Asociación Médica del American British Cwdray Hospital, en la Ciudad de México, al sobrepasar los niveles de partículas en el aire recomendadas por la OMS, el 60% de las personas presentarán inflamación crónica y problemas respiratorios. De acuerdo con el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), en la Ciudad de México hay aproximadamente 20,500 muertes al año por infecciones respiratorias y bronquitis asociadas con la contaminación del aire.¹⁰³
- **Milenio 2016.** La Ciudad de México en mayo de 2016 tuvo mala calidad del aire por partículas PM10. Este tipo de contaminante penetra al interior de los pulmones, agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías, neumopatías y cáncer de pulmón. La mayor parte de los contaminantes vienen de las vialidades sin pavimentar en la periferia (Estado de México), seguidas por las vialidades pavimentadas, en específico en donde circulan tractocamiones.¹⁰⁴
- **Campas et al., 2017.** En 2010 investigaron los efectos de la presencia de metales en el aire, sobre la salud respiratoria de residentes de seis ciudades de Sonora. Tomaron muestras del aire cada seis días en las seis ciudades. También obtuvieron los datos de las causas de morbilidad en las mismas ciudades. En el aire de las seis ciudades encontraron la presencia de plomo, níquel y cobre. Estadísticamente, la presencia de infecciones respiratorias agudas correlacionó con la exposición a cobre. La presencia de neumonías y bronconeumonías lo hicieron con la exposición al níquel.¹⁰⁵
- **El Universal, 19 de diciembre de 2017.** Trabajo firmado por Phenélope Aldaz. Aldaz cita a Martín Gutiérrez Lacayo, coordinador ejecutivo de la Comisión Ambiental de la Megalópolis y de la Secretaría de Salud Federal, con relación a los efectos de la contaminación del aire en el Valle de México sobre la salud humana. Como parte de esta cita, se refiere a los efectos sobre la incidencia de asma, y que se está generando un interés sobre síntomas como la depresión.¹⁰⁶
- **Milenio Diario, 2017.** El ozono, el óxido de azufre y el óxido nitrogenado ponen en riesgo a quienes padecen enfermedades respiratorias como el asma bronquial, EPOC y alergias. Los pacientes tienen problemas para respirar y en casos severos pueden llegar al hospital o hasta morir. En el caso del asma bronquial, su prevalencia en México es de 7% a 8% (ocho millones de personas), que, al estar expuestos a la contaminación del aire, agravan sus síntomas; esta misma situación ocurre ante quienes tienen alergias.

Ante esta situación se debe considerar la regulación de las fábricas, reducir el parque vehicular (80% de la contaminación en Zona Metropolitana de Guadalajara), limitar el tránsito de vehículos pesados. Por otro lado, las personas quienes padecen de enfermedades respiratorias deben adoptar medidas preventivas.¹⁰⁷

4.2 Patologías y padecimientos en otros órganos

- **Physicians for Social Responsibility, s/f.** La organización publicó un trabajo titulado: "Hydraulic Fracturing and Your Health: Air Contamination". Es una revisión bibliográfica a partir de la cual se identifican los efectos sobre la salud humana, de la contaminación del aire como resultado de la extracción no convencional de gas. Identifican los efectos sobre la salud de ocho contaminantes. De esta forma, sostienen que la exposición al Benceno puede ocasionar anemia, decrecimiento en el número de glóbulos blancos. A largo plazo puede ocasionar leucemia, y desórdenes reproductivos. El Tolueno puede ocasionar irritación de la piel, los ojos, y del tracto respiratorio. El Etilbenceno puede ocasionar desórdenes en la sangre. Apoyados en las evidencias que citan, también sostienen que el Xileno puede ocasionar a corto plazo irritación nasal, en los ojos, náuseas, e irritación gástrica. Los óxidos de nitrógenos problemas inflamatorios, mientras que el Metano, el Etano y el Propano pueden incrementar la frecuencia cardíaca, y causar vómitos, fatiga e incluso la muerte a largo plazo.¹⁰⁸
- **Pruneda, L., 2012.** La contaminación al interior de los hogares es un problema de salud pública, principalmente para las mujeres. Es así como este estudio, a través de biomarcadores obtenidos por la orina, evaluó la exposición de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y compuestos orgánicos volátiles en 90 mujeres distribuidas en: (i) mujeres que usan combustión de leña (interior) para cocinar y calentar usando fuego abierto tradicional; (ii) mujeres que usan la combustión de leña (al aire libre) para cocinar y calentarse usando fuego abierto tradicional; y (iii) mujeres que usan gas LP como principal fuente de energía. El resultado obtenido es que el primer grupo tiene todos los biomarcadores más altos, teniendo más riesgos en su salud.¹⁰⁹
- **Kei et al., 2014.** Hicieron una revisión bibliográfica acerca de las investigaciones que analizan los efectos de la quema de biomasa sobre la salud de mujeres que laboran bajo techo en la localidad de Kapkokwon, en Kenia. Los resultados mostraron que, con la quema de biomasa, las personas se exponen a CO, SO₂, PM_{2.5} y Benceno. Esta actividad predomina en áreas rurales, y sus efectos pueden provocar dolores de cabeza, dolores de espalda, irritación en los ojos, tos, y exacerbación del asma. El grupo de exposición más vulnerable fue el de mujeres.¹¹⁰
- **Cheng et al., 2015.** Investigaron los efectos en la salud de un programa de intervención para reducir la contaminación del aire bajo techo a través de la actividad de un grupo de mujeres en la población de Gansu, China. Los investigadores midieron los niveles de exposición al PM₄ Y CO durante 24 horas. Posteriormente instalaron hornos de cocción nuevos, y evaluaron nuevamente tanto los niveles de contaminación, como sus efectos sobre la salud de las mujeres. La contaminación por PM₄ disminuyó cerca del 70%, y la presencia de CO decreció en las áreas de la cocina de 3.81 ppm a 3.0ppm. Con ello, bajaron los síntomas de irritación en los ojos, congestión nasal, fiebre de 5.3% a 1.7%, y flema de 6.8% a 3.4%.¹¹¹

- **Concerned Health Professionals of New York y Physicians for Social Responsibility, 17 de noviembre de 2016.** La organización publicó un compendio de hallazgos científicos, médicos y a partir de los medios de comunicación, sobre los efectos y daños provocados por la Extracción no Convencional de Petróleo y Gas. Una de las dimensiones de estos daños está relacionada a la salud humana. Uno de los elementos mediadores del impacto de esta extracción sobre la salud humana es la contaminación del aire. Esta contaminación es resultado fundamentalmente de la quema de diésel, y la presencia de ozono y benceno. Las evidencias citadas muestran que esta contaminación del aire ha provocado crisis asmáticas, problemas en la piel, incidencia de cáncer, hospitalizaciones por problemas cardiovasculares, así como defectos al nacer, y nacimientos prematuros.¹¹²
- **Straumfors et al., 2016.** Estudiaron los efectos respiratorios de la contaminación del aire por aerosoles sobre dos grupos de trabajadores de la producción en el centro y sur de Noruega. En 2008 seleccionaron 68 trabajadores expuestos a granos de polvo y 36 administrativos no expuestos como grupo de control. Todos pertenecientes al turno de la mañana, y con edades entre 16 y 61 años. Lograron reunir un grupo de 177 hombres y 23 mujeres. Tomaron muestras de aire para analizar la presencia de polvo de grano, esporas de hongo, bacterias y endotoxinas. Después de la jornada laboral, cada trabajador incluido fue entrevistado para conocer el uso de los equipos de protección, sus hábitos de fumar o no, así como la presencia de síntomas. El grupo de personas expuestas mostró más problemas de salud que el grupo de no expuestos, porque estuvo también más expuesto a endotoxinas, y esporas de hongos. Los padecimientos más prevalentes fueron la fiebre, respiración entre cortada, la picazón en los ojos, el pecho apretado, y la fatiga. La presencia de endotoxinas se asoció con la tos.¹¹³
- **Qian et al., 2017.** Investigaron los efectos de la contaminación del aire sobre la mortalidad en residentes de Estados Unidos. Obtuvieron los datos de una encuesta nacional. Hicieron un estudio de cohorte, a través del que siguieron 60,925,443 personas de 2000 a 2012. Para ello se apoyaron de los registros de salud del Medicaid y del Medicare, y obtuvieron la fecha de muerte y los códigos postales. Posteriormente, obtuvieron los datos de las concentraciones de PM2.5 y las asociaron a los códigos postales a partir de sus promedios anuales. Encontraron que cada incremento de 10g/m3 de exposición anual a PM2.5, se asoció a un incremento en la mortalidad por todas las causas. Un incremento de 10 ppb en las concentraciones de O3, se vincularon a un aumento de 1.1% en todas las causas de mortalidad durante la temporada de calor. El riesgo de morir por exposición a PM2.5 fue más alto que el de morir asociado a la exposición a O3. Los grupos expuestos más vulnerables fueron los hombres negros, los asiáticos, y los hispanos.¹¹⁴
- **Gworek et al., 2017.** Realizaron una revisión bibliográfica de 234 trabajos que abarcaron desde 1968 a 2015 para conocer los efectos de la contaminación del aire por mercurio sobre la salud humana. Aunque su emisión proviene de los efectos de la radiación solar y la temperatura sobre la superficie del agua, la actividad del hombre también es responsable de volúmenes importantes de mercurio. En este sentido identificaron que las fuentes principales de contaminación del aire por mercurio se encuentran en la combustión de hidrocarburos, la extracción de oro de forma manual o a pequeña escala, así como la fabricación de plásticos, baterías, cemento, crema de cuerpos y carbón. La primera muerte a causa de intoxicación por mercurio fue diagnosticada en 1865. Sus efectos sobre la salud se aprecian en la incidencia de ataxia, constricción de la visión, impedimento de la escucha, y hasta la muerte.¹¹⁵

- **Mireles et al., 2003.** Evaluaron los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de 151,418 personas en la Ciudad de México. De 1996 a 1997 realizaron entrevistas en 74,000 casas ubicadas dentro de un radio de 2 kilómetros alrededor de las estaciones de monitoreo de las que se tomaron los datos sobre la contaminación del aire en el período estudiado. Durante la entrevista indagaron en la historia de salud de las personas, y los síntomas presentes. Encontraron que el SO₂ se vinculó con la irritación de los ojos, cuyo riesgo disminuyó con el incremento de la humedad relativa. El O₃ por su parte, se vinculó a irritación en los ojos, y dolores de cabeza.¹¹⁶
- **Vallejo, M., 2003.** Se realiza una revisión sobre los efectos en la salud de las principales partículas que contaminan el aire. Específicamente en lo que se refiere a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, al ser un valle con una altura de 2,240 m sobre el nivel del mar, la cantidad de oxígeno disminuye un 23% respecto al nivel del mar, lo cual provoca menos eficiencia en los motores de combustión interna, aumenta la concentración de monóxido de carbono, radiaciones y ozono. En la zona del Ajusco, donde hay mayor altura, es en dónde se concentra más la contaminación. Se menciona que, entre 1991 y 1994, la Dirección de Epidemiología hizo un estudio en el cual asoció las altas concentraciones de contaminación con síntomas como: disnea, cefalea, conjuntivitis, irritación de vías respiratorias. Otros estudios indican que (1992-1993, 1996) en donde se observó mayor ausentismo escolar de los niños y mayores enfermedades en vías respiratorias.¹¹⁷
- **Carranza et al., 2017.** Entre abril y mayo de 2015 evaluaron el impacto en la salud, de la exposición a polvos de madera en los talleres de la Escuela de Lavandería del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, México. Esto en Santiago de Querétaro. Analizaron los niveles de PM_{2.5}, y la presencia de otras partículas contaminantes. Luego entrevistaron a docentes y a 20 alumnos. Encontraron que hubo actividades específicas relacionadas a contaminantes predominantes. Los polvos metálicos se relacionaron a las actividades de afilar navajas, y los polvos de madera al trabajo sobre el maple, el cedro, el pino y el ébano. Entre los expuestos, encontraron afectaciones relacionadas a la irritación de los ojos, y otras afecciones relacionadas a la nariz y la piel.¹¹⁸
- **Milenio, 2017.** De acuerdo con la Universidad de Guadalajara, en Pocitlán, Jalisco, las tasas de enfermedad renal son las más alta del mundo, lo cual asocian con la contaminación del aire. Felipe Lozano, investigador de dicha Universidad, afirma que las partículas finas dañan los riñones, lo cual coincide con la alta concentración de partículas PM_{2.5} en dicho municipio, a consecuencia de que los hogares cocinan con leña, riego se lleva a cabo con pesticidas (actividad desarrollada por niños), además de la exposición al glifosato, químico con el cual combaten el lirio de la laguna y que expulsa sus componentes al aire. Las poblaciones con mayor vulnerabilidad asociada con pobreza con las mujeres, las niñas y los niños.¹¹⁹

4.3 Cáncer

- **International Agency for Cancer Research, 2012.** En su informe de prensa número 213, publicado el 12 de junio del mismo año, incluyen en su lista de sustancias con potencial cancerígeno probado (Grupo I), las emisiones del motor diésel. Esto a partir de investigaciones epidemiológicas con trabajadores expuestos, y los efectos de la sustancia sobre la incidencia de cáncer de pulmón. Estas emisiones habían sido categorizadas por la organización en el grupo 2A (Posiblemente cancerígenas) desde 1988.¹²⁰

- **McKenzie et al., 2012.** Investigaron los riesgos para la salud como resultado de la exposición a aire contaminado producto de la extracción no convencional de gas en Garfield County, Colorado, Estados Unidos. Recolectaron muestras de aire entre enero de 2008 y noviembre de 2010 en zonas cercanas a los lugares de extracción no convencional de gas natural. Evaluaron los riesgos para la salud en población residente a menos de media milla del lugar de extracción, y en residentes a media o más de media milla de distancia respecto al lugar de extracción. Los resultados mostraron que el riesgo de cáncer fue mayor entre personas residentes a menos de media milla del lugar de extracción. A menor distancia del lugar, mayor riesgo de desarrollar cáncer. El Benceno fue el principal responsable del riesgo entre todos los residentes cercanos al lugar de extracción. El Etilbenceno fue el segundo causante de riesgo de cáncer entre residentes a menos de una milla del lugar de extracción no convencional.¹²¹
- **El Universal, 28 de diciembre de 2016.** Trabajo titulado: "¿Cómo afecta la contaminación a la salud?" Citan al jefe de Endocrinología y Nutrición del Hospital San Francisco de Asís de Madrid, Alberto García Valdés quien se refiere a algunos efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana. Se mencionan los riesgos de desarrollar cáncer, infertilidad, procesos alérgicos, ansiedad, depresión, así como bajo peso al nacer. Las mujeres embarazadas y los niños pequeños son grupos de alto riesgo.¹²²
- **Parra et al., 2016.** Investigan la capacidad del aire contaminado con hidrocarburos aromáticos para generar mutagenicidad en cepas de *Salmonella Typhimurium* (TA 998 Y TA100), para lo cual emplean el test de Ames. Registraron los niveles de PM2.5 en la autopista internacional que conecta Cúcuta en Venezuela, con San Antonio en Venezuela. Realizaron las mediciones durante agosto de 2013, tomando los niveles cada 24 horas cada tres días. Calcularon el índice de mutagenicidad de la cepa. Los resultados mostraron que los incrementos en los niveles de las partículas PM2.5 aumentaron la respuesta mutagénica de las cepas. Consideran que esto constituye una evidencia de que las personas expuestas a partículas PM2.5 pueden estar en riesgo de desarrollar cáncer.¹²³
- **Excélsior, 9 de junio de 2017.** Trabajo titulado: "Más de 30 enfermedades a causa de la contaminación: INER". El material cita investigaciones y opiniones de expertos sobre los efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana. Una de estas fuentes es la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer, que reconoce la contaminación del aire como un factor de riesgo para el desarrollo de cáncer. También citan la opinión de Sierra Vargas, investigador del Sistema Nacional de Investigadores de México (SNI), quien expone que esta contaminación puede causar dolores de cabeza, irritación de los ojos, tos con flema, y ligero sangrado de la nariz a corto plazo. También puede causar hipertensión, diabetes, y enfermedades respiratorias para las cuales el grupo más vulnerable es el de niños menores de cinco años.¹²⁴
- **Hadei et al., 2017.** Del 21 de marzo de 2015 al 19 de marzo de 2016 evaluaron el efecto a largo plazo de la exposición a PM2.5 sobre la incidencia de cáncer de pulmón entre personas mayores de 30 años residentes en 15 ciudades de Irán. Obtuvieron las concentraciones de PM2.5 del Departamento del Ambiente. Los resultados mostraron que para más del 50% de los días del año, las concentraciones de PM2.5 fueron de 1.8 a 6.7 veces mayores que el límite de 10 ug/m³ permitido por la OMS. Se encontraron 120 casos de muerte por cáncer de pulmón atribuibles a la exposición a PM2.5.¹²⁵

- **International Agency for Cancer Research, 2017.** Esta organización ha publicado una lista en la que clasifica un grupo de sustancias según su potencial cancerígeno. El grupo I incluye las sustancias que tienen un alto poder cancerígeno avalado por las investigaciones y evidencias internacionales. Dentro de este grupo I se incluyen: la contaminación del aire, cuyo potencial fue establecido en 2016, así como otras partículas específicas que pueden contaminarlo como son los casos del Benzo-pireno clasificado en 2012, el cadmio (2012), el polvo de madera (2012), y las emisiones domésticas de carbón, vinculada a este grupo desde 2012.¹²⁶
- **Con fecha 26 de abril de 2006.** El periódico Proceso¹²⁷, así como "El Acta de la Segunda Sesión del Segundo Período de Sesiones ordinarias de la LX Legislatura del Honorable Congreso del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave"¹²⁸ realizada con fecha 24 de mayo de 2006 en Xalapa, coinciden en citar los resultados de una investigación titulada: "Toxicidad por Hidrocarburos y Siniestros Fatales en la zona Sur del Estado de Veracruz". Esta investigación fue realizada por la Dra. Hilda Rodríguez, quien en ese momento laboraba en la jurisdicción sanitaria de la región de Coatzacoalcos, y era asesora de la Comisión de Salud del Senado de la República. Los resultados mostraron que, en los últimos años, se habían detectado enfermedades respiratorias en "1,000 menores de cinco años", y cáncer en "alrededor" de 25 personas a causa de la contaminación producida por los derrames de combustible de las instalaciones de PEMEX.
- **Valdez, B., et. al. 2013.** De acuerdo con el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN), en México, cada año, se presentan alrededor de 10 mil casos de tumores malignos de pulmón. De estos casos, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) afirma que el 15% son provocados por la contaminación atmosférica, la misma agencia afirma que la mala calidad del aire se vincula al desarrollo no tan solo con cáncer pulmonar, sino con tumores malignos de vejiga. En México el 50% de la población está expuesta a contaminantes atmosférica, principalmente quienes viven en ciudad, cerca de industria y en zonas muy transitadas, teniendo mayor impacto en la salud de los niños y mayores de 60 años. Al respecto la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugirió que las ciudades principales del país: Jalisco, Ciudad de México, Veracruz y Nuevo León incluyan los lineamientos de dicha Organización en sus normas oficiales. Por su parte, de acuerdo con la IARC, es responsabilidad del gobierno nacional hacer políticas públicas enfocadas en la reducción de contaminación atmosférica.¹²⁹
- **Senador Raúl Gracia Guzmán, 17 de marzo de 2016.** México, LXIII Legislatura del Honorable Congreso de la Unión. El senador mexicano presentó la Ley Federal para la prohibición de la fractura hidráulica.¹³⁰ Tanto en su texto, como en el texto del documento titulado: "La fractura hidráulica y el proyecto Hidráulico Monterrey VI; un daño irreversible al medio ambiente",¹³¹ caracteriza la extracción no convencional de gas y petróleo, así como sus riesgos. Dentro de los riesgos a la salud relacionados a la contaminación del aire sostiene que "la población que habita cerca de los pozos tiene 66% de probabilidad de padecer cáncer asociado a la contaminación atmosférica".¹³²

4.4 Problemas cognitivos

- **Calderón, L., 2004.** La contaminación del aire es una mezcla de diferentes gases, PM, compuestos orgánicos, etc. Estos componentes provocan una inflamación crónica de los tejidos y provocan la aceleración de una patología similar al Alzheimer, por lo tanto, se sugiere que el cerebro está afectado por la contaminación del aire. La expresión de la ciclooxigenasa-2 (COX2), un mediador inflamatorio, y la acumulación de la forma de 42 aminoácidos de β -amiloide (A β 42), una causa de la disfunción neuronal, principalmente en la corteza frontal y el hipocampo y una mayor acumulación neuronal y astrocítica de A β 42 en comparación con los residentes en las ciudades de baja contaminación atmosférica. Estos hallazgos sugieren que la exposición a la contaminación está asociada con la inflamación cerebral y la acumulación de A β 42, dos causas de la disfunción neuronal que preceden a la aparición de placas neuríticas y marañas neurofibrilares, características de la enfermedad de Alzheimer.¹³³
- **Chen et al., 2013.** Investigaron los efectos de la exposición al humo de tabaco sobre el padecimiento de la demencia en personas menores de 60 años en China. Entrevistaron a las personas en sus casas, y obtuvieron información sobre sus hábitos de fumar, así como el tipo y lugar de exposición. Evaluaron la presencia de demencia a través de un sistema computarizado. Los resultados mostraron una correlación estadística alta entre la presencia de demencia y la exposición al humo de tabaco tanto en fumadores como en no fumadores.¹³⁴
- **Calderón et al., 2014.** Realizan una discusión sobre los efectos de la contaminación del aire sobre el cerebro. Para ello se apoyan tanto de la teoría, como de resultados de investigaciones que han evaluado los efectos de partículas contaminantes sobre el Sistema Nervioso Central. Sostienen que la exposición a PM2.5, PM10, NO₂, CO, O₃ y SO₂ se han asociado de modo significativo con depresión en adultos, sobre todo de la tercera edad. La exposición a estos contaminantes puede provocar procesos inflamatorios crónicos en el cerebro. La presencia de metales en el aire se ha asociado con pérdidas de memoria. Todos estos efectos están mediados por la edad, y el estado de salud previo de la persona.¹³⁵
- **UNICEF, 2017.** A partir de un grupo de evidencias provenientes de varios países la organización confeccionó el informe titulado: "Danger in the air". El documento da cuenta de que cerca de 17 millones de niños alrededor del mundo viven en zonas donde la contaminación del aire sobrepasa los límites establecidos. A través del informe, sostienen que la contaminación del aire daña el cerebro en crecimiento, y sobre todo las PM2.5 pueden entrar al cuerpo con facilidad por su tamaño pequeño, y causar Alzheimer y Parkinson a largo plazo. La exposición a los hidrocarburos aromáticos por su parte puede ocasionar lesiones en la materia blanca del cerebro, causando dificultades en la comunicación entre neuronas, problemas de memoria y aprendizaje, así como déficit de atención e hiperactividad.¹³⁶
- **Calderón, L., et. al., 2003;** Las exposiciones agudas, subcrónicas o crónicas a las partículas PM y otros contaminantes afecta la salud de aquellos que viven en ciudades. La inflamación que se presenta en las vías respiratorias puede llegar al cerebro de estas personas. De igual forma esta contaminación puede causar daño al ADN y se relaciona con el Alzheimer. Para este estudio se analizaron perros expuestos naturalmente a la contaminación de la Ciudad de México. En estos perros se encontraron que el epitelio respiratorio y el olfativo nasal era lo primero que se afectaba.

En los sitios del cerebro donde hubo infiltración de las partículas hubo respuestas inflamatorias. Asimismo, se encontró que los perros expuestos crónicamente a los contaminantes aceleraban una patología similar al Alzheimer, el cual estaba asociado a la inflamación del tracto respiratorio.¹³⁷

- **Calderón, L., 2007.** Las exposiciones a contaminantes pluricárdicos y pastosos se han asociado con inflamación de barreras olfativas y respiratorias. Los habitantes de la Ciudad de México están expuestos a estos contaminantes. “La patogénesis de la enfermedad de Alzheimer (EA) se caracteriza por la inflamación del cerebro y la acumulación de A β 42, que preceden a la aparición de placas neuríticas y marañas neurofibrilares, las características patológicas de la EA. Se sugiere que la exposición sostenida a concentraciones significativas de contaminantes atmosféricos como partículas, puede ser un factor de riesgo para la EA y otras enfermedades neurodegenerativas”.¹³⁸
- **Calderón et al., 2008.** Investigaron el impacto de la contaminación del aire sobre disfunciones cerebrales en niños de Palotitlán y la Ciudad de México. La muestra fue de 23 niños de la Ciudad de México, y 13 de Palotitlán. Luego de tener en cuenta los niveles de contaminación, emplearon la resonancia magnética, y aplicaron la escala de inteligencia de Weschler. Ajustaron los resultados por edad, teniendo en cuenta que esta puede afectar la medición de la inteligencia. Un solo caso de Palotitlán presentó lesión en la corteza blanca, mientras que en el caso de la Ciudad de México este tipo de lesiones se encontró en 13 casos (56.5%). En ambos lugares se encontró padecimiento de neuroinflamación, lo cual según discuten los mismos autores, es un marcador de enfermedades como el Alzheimer y el Parkinson, a largo plazo. Además, los autores encontraron que las lesiones en la corteza blanca han correlacionado con degeneración de los axiomas y la mielina, así como la función del lóbulo frontal. La mielina tiene funciones vitales para el recuerdo, mientras que el lóbulo frontal está implicado en la regulación del comportamiento.¹³⁹
- **Landero, K., et. al., 2014.** La importancia de realizar investigaciones psicológicas sobre la contaminación del aire se debe a sus orígenes y sus posibles efectos. Esto es, primero, porque los contaminantes son generados por actividades antropogénicas diversas y, segundo, porque tienen un severo impacto en la salud de las personas. El objetivo de este estudio realizado en el 2011 fue conocer los elementos que conforman la percepción de la contaminación del aire, sus causas, efectos y control en los habitantes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Se observó que se percibe que el aire está contaminado, con una visión pesimista al futuro. Los habitantes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México identifican a la contaminación del aire como un problema de salud pública y tienen conocimiento de los efectos que puede tener en su calidad de vida. En cuanto a la responsabilidad, aunque se saben involucrados al usar el automóvil, colocan la posibilidad de control en el gobierno y los científicos. La información obtenida en esta investigación es útil para mejorar la efectividad de las campañas de comunicación y, reforzar los programas gubernamentales de prevención y atención a la salud.¹⁴⁰
- **Sáenz et al., 2018.** Investigaron los efectos de la contaminación del aire bajo techo sobre un grupo de funciones cognitivas de 13,023 adultos mayores mexicanos de más de 50 años. Recogieron datos sobre el uso de madera o carbón como material primario para cocinar, y evaluaron un grupo de funciones cognitivas. A partir de la herramienta Cross-Cultural Cognitive Examination, evaluaron las áreas de atención, verbal así como de recuerdo y fluidez verbal. Los resultados mostraron que el uso de estos materiales es más frecuente en zonas rurales. La exposición a contaminación bajo techo se asoció con un pobre rendimiento cognitivo en todas las funciones evaluadas, con excepción del recuerdo.¹⁴¹

4.5 Salud reproductiva y peso al nacer

- **Wang et al., 1997.** Investigaron los efectos de la contaminación del aire en el peso al nacer de niños residentes en Beijing. Realizaron un estudio de cohorte entre 1988 y 1991 con mujeres de cuatro zonas residenciales de la ciudad. Trabajaron con 7,4671 mujeres en período gestacional. Después de obtener concentraciones de partículas contaminantes del aire en el período analizado, emplearon la regresión lineal. Encontraron que la exposición materna al SO₂ durante el tercer trimestre puede provocar bajo peso al nacer. Por cada 100 microgramos/m³ en el incremento de SO₂, se observó una reducción del peso al nacer de 7.3g.¹⁴²
- **Slott et al., 2000.** Durante 1993 y 1994 analizaron los efectos de la exposición al aire contaminado sobre la calidad del esperma en jóvenes de 18 años, residentes de las ciudades Teplice y Prachatice, en República Checa. A través del análisis computarizado del esperma (CASA), analizaron 272 muestras de semen, y las correlacionaron con tres niveles de contaminación (baja, media y alta) obtenidos después de 90 días de mediciones en ambas ciudades. Los resultados mostraron que la alta contaminación correlacionó alto con la baja movilidad del esperma, y el empobrecimiento de su morfología.¹⁴³
- **Olsson et al., 2013.** Investigaron los efectos de la exposición a la contaminación del aire sobre problemas en el parto. Registraron datos sobre los nacimientos en cinco hospitales de Estocolmo entre agosto de 1997 y febrero de 2006, para lo que incluyeron el peso al nacer, la edad de la madre, el tipo de parto, y el diagnóstico médico. Por otra parte, obtuvieron los datos sobre las concentraciones de O₃ y NO_x para el período considerado en la ciudad, a partir de la Administración de Salud y Ambiente de Estocolmo. Empleando la regresión logística, mostraron que altos niveles de O₃ en el primer trimestre de gestación se asociaron con preeclampsia en 5.5% de las madres. 5.2% de los nacimientos pretérmino fueron atribuibles al O₃. Los investigadores explican que esto se puede exacerbar en madres asmáticas.¹⁴⁴
- **La Jornada, 22 de noviembre de 2017.** Trabajo titulado: "Contaminación podría alterar la calidad del semen: estudio". El medio cita una investigación de la revista Occupational and environment Medicine, en la que se investigaron cerca de 6,500 hombres entre 15 y 49 años en Taiwán entre 2001 y 2004. En esta investigación, la exposición a partículas PM_{2.5} se asoció con cambios en la morfología (tamaño y forma) de los espermatozoides. Cada aumento de cinco microgramos de partículas finas en el aire se asoció con una caída del 1.29% de la morfología normal de los espermatozoides.¹⁴⁵

4.6 Mortalidad y esperanza de vida

- **Gutiérrez, E., 2013.** En su artículo titulado: Air quality and infant mortality in México: evidence from variation in pollution concentrations caused by the usage of small-scale power plants (Calidad del aire y mortalidad infantil en México: evidencia de la variación en concentraciones de contaminación causadas por el uso de plantas energéticas en pequeña escala), explica que los bajos ingresos económicos y en el acceso a los servicios de salud en los países de ingresos medios, contribuyen con los efectos adversos de la contaminación en lo que respecta a la salud. El paper explora la relación entre contaminación y mortalidad infantil.

La estrategia empírica utiliza datos únicos que se dan respecto a la contaminación atmosférica y el detalle en el territorio mexicano desde imágenes satelitales; así como, los cambios en la calidad del aire y los factores que pueden afectar los resultados en salud explotando los cambios drásticos en la concentración de contaminación inducidos por la instalación de plantas de energía de pequeña escala existentes México.¹⁴⁶

- **Osorio, A., 2013.** La exposición a partículas suspendidas en el aire (MP) en el aire se asocia con efectos adversos para la salud. Dependiendo de la partícula, la forma en la que impacta en la salud es diferente: El PM2.5 induce citotoxicidad in vitro a través de un mecanismo independiente de endotoxinas que probablemente esté mediado por metales de transición. Por el contrario, la PM10 con niveles relativamente altos de endotoxina induce la liberación de citoquinas proinflamatorias, a través de un mecanismo dependiente de endotoxinas.¹⁴⁷

- **Milenio, 2016.** Declaratoria de diferentes alcaldes respecto al cambio climático, la contaminación del aire y la salud: En el mundo la contaminación del aire produce 3 millones de muertes al año, así como millones de morbilidades; ante esta situación los más vulnerables son los ancianos, los jóvenes y los más desfavorecidos económicamente. La Cumbre de Alcaldes del C40, fue una oportunidad para intercambiar ideas para proyectos e ideas para un aire más limpio; por ello se comprometen a retirar vehículos de diésel para 2025, sustituyendo vehículos eléctricos, híbridos y de hidrógeno, además de invertir en infraestructuras sostenibles. Se comprometen a que los ciudadanos vivan en ciudades saludables.¹⁴⁸

- **Zuk et al., 2006.** El libro titulado: "Impacto de las termoeléctricas de México: un estudio de caso en Tuxpan, Veracruz" recoge los resultados de un estudio en el que evaluaron la mortalidad como resultado de la exposición a PM2.5 en las zonas cercanas a la termoeléctrica Adolfo López Mateos. Justificaron el estudio a partir de investigaciones internacionales sobre los efectos en la salud de la contaminación del aire. Sostienen que los efectos de la contaminación del aire sobre la salud son resultados de la combinación de dos tipos de factores: el nivel de exposición, y la vulnerabilidad de las personas. Grupos vulnerables son niños pequeños, personas de la tercera edad, personas con padecimientos crónicos, y poblaciones en situación de pobreza. Sus resultados mostraron que la presencia de PM2.5 en el aire como resultado de la actividad de la termoeléctrica, es causante de al menos 30 muertes anuales en la ciudad.¹⁴⁹

- **Milenio, 2017.** La Megalópolis (Morelos, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Ciudad de México) está entre las 10 más contaminadas del mundo. Principalmente las zonas más durante todo el año están en el Estado de México en los municipios de Ecatepec, Villa de las Flores, Coacalco, Cuautitlán y Tepotzotlán. De acuerdo con el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, del 10 al 20% de las muertes por problemas respiratorios y cáncer se relacionan directamente con la contaminación del aire. En la Ciudad de México el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) estimó la muerte de 2000 personas por este fenómeno. Se sugiere Recuperación de áreas verdes, automóviles eléctricos.¹⁵⁰

- **Milenio, 2017.** Si la calidad del aire en la Ciudad de México fuera mejor, las personas podrían vivir 124 días más. Esto se debe a que la contaminación provocada por partículas PM10 reduce la expectativa de vida a causa de diferentes enfermedades.¹⁵¹

4.7 Diabetes

- **Brook y Rajagopalan, 2012.** Realizan una revisión bibliográfica sobre los mecanismos biológicos que justifican la asociación clínica entre la contaminación del aire y la diabetes tipo II. Encontraron que las alteraciones producidas en los pulmones a causa de los contaminantes pueden provocar aumento en las respuestas inflamatorias, activar citoquinas, y provocar disfunciones en el sistema inmunológico que alteren la resistencia a la insulina a través del sistema nervioso simpático. Apoyándose en un estudio realizado por ellos mismos en Detroit, observaron que la exposición a partículas PM “fue asociado con empeoramiento de la sensibilidad a la insulina entre adultos saludables en un período de cinco días de exposición”.¹⁵²
- **Coogan et al., 2012.** Realizaron un estudio de cohorte para evaluar los efectos de la contaminación del aire en la incidencia de hipertensión y diabetes en un grupo de 4,204 mujeres negras, residentes en los Ángeles, California. 3,236 de ellas estaban libres de hipertensión, y 3,992 estuvieron libre de diabetes al comienzo del seguimiento en 1995. El seguimiento terminó en 2005, después de evaluar los niveles de exposición a PM2.5 y NOx a través de estaciones de monitoreo cercanas a las zonas de residencia de las mujeres. Los resultados mostraron que tanto PM2.5 como NOx se asociaron tanto a la hipertensión como a la diabetes. La exposición al NOx se relacionó a la presencia de diabetes tipo II e hipertensión, fundamentalmente como consecuencia de vivir cerca de altos flujos de tráfico vehicular.¹⁵³

4.8 Osteoporosis

- **Prada et al., 2017.** Investigaron los efectos de la exposición a PM2.5 y carbón en la incidencia de osteoporosis entre personas mayores de 65 años residentes en Estados Unidos de América. De enero de 2003 a diciembre de 2010 analizaron las consultas hospitalarias por causa de fracturas óseas, y su relación con los niveles de exposición a las partículas de interés. Los resultados mostraron que el mayor número de fracturas óseas fueron mayores en las zonas con mayores niveles de contaminación por presencia de PM2.5. Por otra parte, el decrecimiento en la densidad mineral de los huesos se asoció con un aumento en los niveles de carbón negro.¹⁵⁴

4.9 Bienestar subjetivo¹⁵⁵

- **Dolan y Laffan, 2016.** De marzo de 2012 a abril de 2013 realizaron un estudio sobre el impacto de la calidad del aire en el bienestar subjetivo de 165,000 personas en el Reino Unido. Durante este período, obtuvieron promedios anuales de PM2.5. Consideraron como parte del bienestar subjetivo, la felicidad y la satisfacción. Al encuestar a las personas, encontraron que los daños de PM2.5 se asocian con la salud a través del impacto que tienen sus concentraciones en el bienestar subjetivo de las personas. A partir de la percepción subjetiva de las personas, la presencia de PM2.5 se asoció con baja satisfacción en la vida, y poca felicidad. Esta evaluación estuvo impactada no solo por la exposición en un día, sino por el hecho de vivir expuestos diariamente a las contingencias, y los cambios que implica la contaminación del aire en la vida cotidiana.¹⁵⁶

5. Consideraciones finales: las evidencias científicas a debate

La validez de los resultados de las investigaciones científicas, y por ende la efectividad de las decisiones que se toman para intervenir en problemas de salud asociados a la contaminación del aire, no dependen exclusivamente de las fortalezas de los estudios, sino de la relación que se establece entre fortalezas y debilidades.

En esta lógica, es crucial la pregunta por las fortalezas de las investigaciones científicas consultadas, así como por sus debilidades, y si estas pudieran sesgar o invalidar la confianza en los resultados. Este tipo de datos se apoya en la misma discusión de los resultados de aquellas investigaciones que utilizan este indicador como una herramienta de transparencia y rigor metodológico.

Esta identificación tiene tres funciones vitales: permite reconocer las estrategias de diseño y análisis empleadas, así como sus resultados, conocer aquellas estrategias y procedimientos que pudieran ser llevados a cabo para responder preguntas irresueltas, y que son fundamentales para profundizar en la relación entre contaminación del aire y salud humana, y en última instancia permiten confiar en la validez de los resultados, como una vía para contribuir con la efectividad y pertinencia de las políticas y acciones que se implementen con el objetivo de eliminar los efectos dañinos de la contaminación del aire sobre la salud humana.

5.1 Las fortalezas de las investigaciones sobre la relación entre la contaminación del aire y los efectos sobre la salud humana que permiten confiar en su validez

En las investigaciones consultadas, y según los mismos investigadores las fortalezas son:

- A. Se incluye gran número de participantes en el estudio.^{157, 158}
- B. Mediciones realizadas de forma cercana o en los mismos lugares de residencia de las poblaciones estudiadas.¹⁵⁹
- C. Se tiene en cuenta una gran amplitud espacial de la contaminación.¹⁶⁰
- D. Se han realizado varias mediciones por individuos en el tiempo.¹⁶¹
- E. Se muestran los resultados negativos de la exposición al aire contaminado tanto en el corto como en el largo plazo.^{162, 163}
- F. Se combinan cuestionarios individuales con los diagnósticos realizados por médicos.¹⁶⁴
- G. Se cruzan diferentes herramientas estadísticas en el mismo estudio. Ej. Asociación lineal y no lineal.¹⁶⁵

En un nivel de análisis de las investigaciones en su conjunto también podemos constatar:

- A. Coinciden resultados de investigaciones con diferentes tipos de diseños (transversales¹⁶⁶, cohorte prospectivo¹⁶⁷, cohorte retrospectivo¹⁶⁸).
- B. Hay recurrencia en los resultados en las mismas líneas de investigación.
- C. Los resultados en las investigaciones sobre exposición están sustentados por investigaciones médicas sobre los mecanismos biológicos de relación entre las partículas contaminantes y la salud humana.
- D. Las evidencias se sustentan tanto desde los efectos de la presencia de las partículas, como desde la lógica inversa (los resultados del control de las mismas).

5.2 ¿Las debilidades de las investigaciones anulan la validez de los resultados?

- A. Algunos¹⁶⁹ se refieren a que se han realizado mediciones de partículas contaminantes en lugares y estaciones cercanas a los lugares de residencia de las personas, en lugar de esos lugares en sí mismos. Sin embargo, algunos investigadores^{170, 171} sustentan sus resultados con mediciones realizadas en los mismos lugares de residencia de las personas estudiadas.
- B. En un caso¹⁷² se considera que una debilidad de su estudio es que se necesita analizar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud en otros lugares además de Japón. Más allá de ser una limitación de su propio estudio, esto puede ser considerado una recomendación para incrementar las evidencias, pero no tiene por qué invalidar necesariamente sus hallazgos.
- C. Un grupo de investigadores¹⁷³ considera que es necesario sustentar los resultados teniendo en cuenta los niveles de exposición familiar a la contaminación, y la propia historia del individuo. Sin embargo, a través de una revisión bibliográfica otros¹⁷⁴ han encontrado que la contaminación del aire ha correlacionado significativamente con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, con el apoyo de estudios donde se tuvieron en cuenta variables como la temporada del año, el sexo, la edad, y el hábito de fumar.

6. Conclusiones

6.1 Principales fuentes contaminantes del aire en México

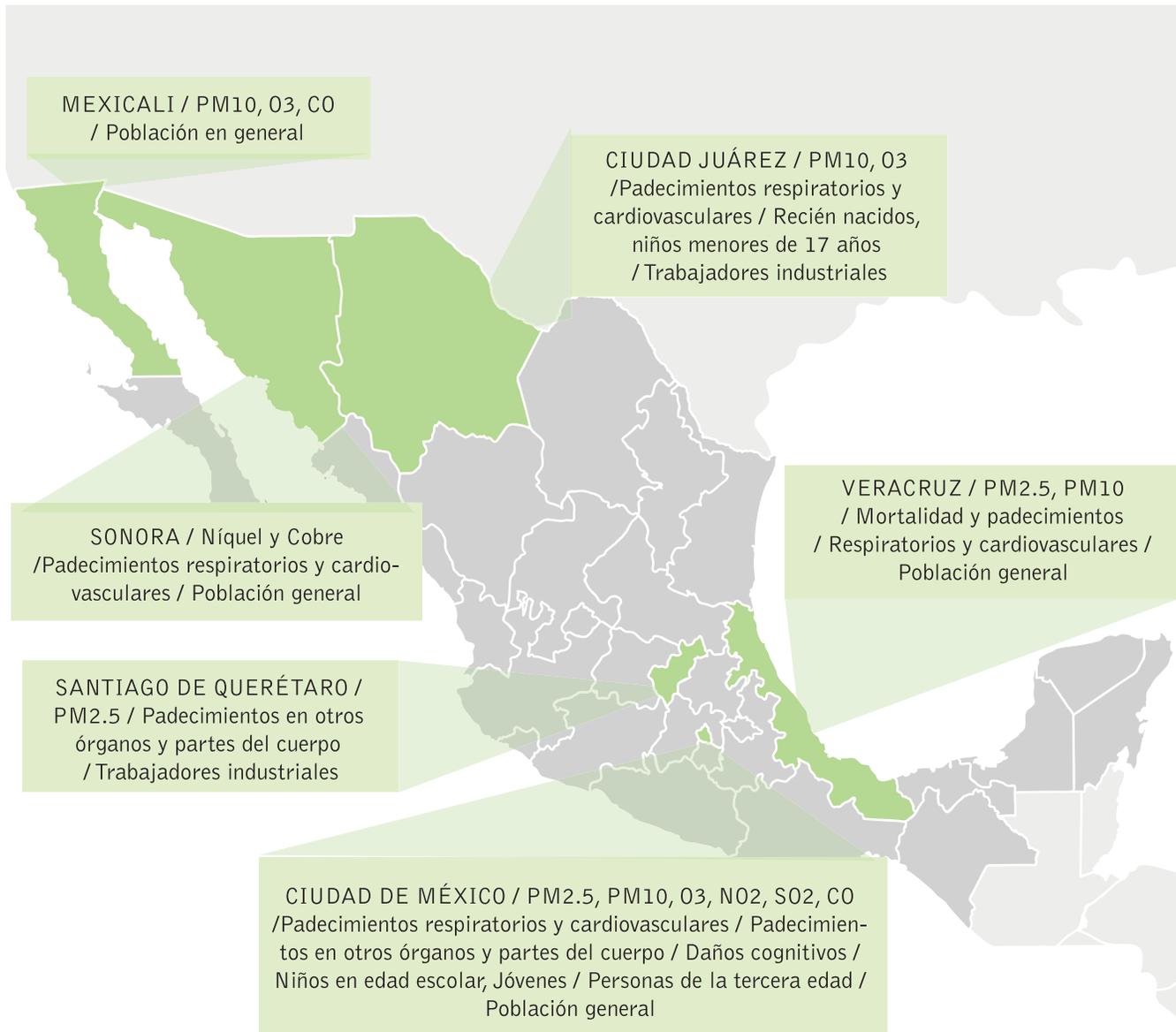
Las tres principales fuentes contaminantes del aire detectadas en México jerárquicamente son: las fuentes de área, las fuentes móviles, y las fuentes fijas. En cuarto lugar, quedan las fuentes naturales.

Las principales actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través de estas fuentes detectadas fueron: los autos y las camionetas, la combustión doméstica, la erosión de caminos no pavimentados, la erosión de los suelos, y la producción de energía eléctrica.

La frecuencia de aparición de estos datos está condicionada directamente por los desequilibrios encontrados en México, con relación a las ciudades, las actividades, las partículas, y los efectos sobre la salud estudiados. Como muestra el siguiente mapa, mientras en algunas ciudades se han encontrado estudios sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud, en otras no aparecen evidencias procedentes de investigaciones publicadas. Este desequilibrio también ocurre con relación a las partículas, los daños a la salud, y las poblaciones estudiadas.

6.2 Mapa de la distribución en la República Mexicana de las partículas contaminantes del Aire

Mapa 1. Distribución en la República Mexicana de las partículas contaminantes del aire/efecto en la salud / y población objetivo, estudiadas en las investigaciones científicas recopiladas



Fuente: Elaboración propia a partir de las investigaciones recopiladas en México sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud.

Este mapa es una herramienta para analizar los desfases o congruencias entre las poblaciones investigadas, y las de mayor vulnerabilidad en lugares específicos; así como entre las principales partículas analizadas, y las principales partículas y fuentes contaminantes en esos lugares. Un ejemplo pudiera ser la pregunta de por qué no se le ha dado prioridad en Veracruz, al estudio de las partículas contaminantes del aire relacionadas a la actividad extractiva, cuando es una zona donde predomina este tipo de actividad.

Otra pudiera ser por qué no se le ha dado prioridad a la investigación sobre los efectos en la salud del uso del carbón o leña para cocinar, en los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca por ejemplo, cuando la combustión doméstica es una de las principales actividades contribuyentes con la contaminación del aire, con impactos dañinos en la salud, y estos tres estados en orden jerárquico, son en los que más se emplea carbón o leña para cocinar, según las estadísticas de la Encuesta¹⁷⁵ Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares, realizada por el INEGI en 2016.

Se encontró que en México, jerárquicamente se han estudiado los efectos de la contaminación del aire sobre la salud, en la Ciudad de México, Ciudad Juárez, y Mexicali. Con menor frecuencia se han investigado estos efectos en Santiago de Querétaro, Sonora, y Veracruz.

Las actividades contaminantes más estudiadas han sido el uso de los autos y camionetas, el empleo del carbón y leña en los hogares, así como actividades industriales como la producción de energía eléctrica, de hierro, y la ganadería. Sin embargo, hay una sub representación en el estudio de la contaminación del aire y sus efectos en la salud, de otras actividades como la quema de desechos, la minería, y la extracción no convencional de gas y petróleo (fracking).

Tal y como sucede a nivel mundial, las partículas contaminantes del aire más analizadas en el caso de México han sido PM_{2.5} y PM₁₀, seguidas del CO y el O₃. No obstante, en los inventarios de emisiones contaminantes registrados en los programas Pro Aire, para ciudades y entidades federativas mexicanas, las emisiones de O₃ no aparecen caracterizadas, por lo que sería provechoso incluirlas.

En México se han encontrado efectos dañinos para la salud relacionados a otras partículas menos estudiadas como NO₂, SO₂, NH₃, níquel, y cobre. Esto pudiera estar relacionado en parte, al vacío de investigaciones científicas que existen sobre áreas que deben ser prioritarias para el caso mexicano, como son el fracking y la minería. Esta última, por ejemplo, es un de las actividades contribuyentes con la contaminación del aire a través del SO₂.

6.3 Efectos de la contaminación del aire sobre la salud

A nivel mundial se han encontrado efectos dañinos sobre la salud de sustancias que tienen una baja frecuencia de aparición entre las investigaciones que se realizan en México. Tales son los casos del Benceno, Etilbenceno, Propano, Metano, Xileno, Tolueno, y Mercurio. Una forma de generar datos sobre algunos de estos contaminantes específicos, e incorporarlos en las políticas y acciones gubernamentales, puede ser desagregar la categoría Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), recogida en los programas Pro Aire en México.

Tal y como sucede a nivel mundial, los efectos de la contaminación del aire sobre la salud más estudiados en México se agrupan dentro de la categoría problemas cardiovasculares y respiratorios. Luego le siguen las categorías problemas cognitivos, y problemas en otros órganos y partes del cuerpo.

La contaminación del aire es un factor potencial de riesgo tanto en el corto como en el largo plazo, en el desarrollo y agudización de eventos de irritación en los ojos, dolores de cabeza, tos, infección de las vías respiratorias, fatiga, inflamación de las vías respiratorias, lesiones en la corteza blanca del cerebro, desarrollo a largo plazo de enfermedades como el Alzheimer, el Parkinson, y la Diabetes.

También puede ser causante de defectos al nacer, osteoporosis, disminución en la calidad del espermatozoide, y en el bienestar subjetivo como resultado de los reajustes en la vida cotidiana producto de la exposición permanente a la contaminación del aire.

La población de niños menores de cinco años, las mujeres embarazadas, y las personas de la tercera edad constituyen los grupos más vulnerables a los efectos de la contaminación del aire sobre la salud. No obstante, estos efectos están mediados por el estado previo de salud de las personas, sus niveles de ingreso, y los niveles de exposición a los contaminantes y por roles de género.

Estas evidencias están sustentadas por estudios longitudinales y transversales, en los que coinciden los resultados, y se han empleado tanto gran número de participantes, como mediciones de los niveles de contaminación realizadas en los mismos lugares de residencia de las personas, o lugares cercanos. Por otra parte, las evidencias acerca de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud están sustentadas por descubrimientos médicos sobre los mecanismos de relación entre la partícula y el daño fisiológico. Por último, se han realizado estudios que muestran tanto los efectos de la exposición a las partículas, como los beneficios en la salud del control de las mismas.

Referencias

1. López Oliva. Determinación social de la salud. Desafíos y agendas posibles. *Divulgação em Saúde para Debate*, Rio de Janeiro, 2013, n. 49, pp. 144-150
2. Restrepo D. Determinismo/indeterminismo y determinación: implicaciones en el campo de la salud pública. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* 2013; 31 (supl 1): S42-S46
3. López, OLIVA, Determinación social de la salud. Desafíos y agendas posibles. *Divulgação em Saúde para Debate*, Rio de Janeiro, Brasil, n. 49, 2013:144-150
4. Conferencia de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ONU. Estocolmo, Suecia, 1972. Disponible en: <https://www.dipublico.org/conferencias-diplomaticas-naciones-unidas/conferencia-de-las-naciones-unidas-sobre-el-medio-humano-estocolmo-5-a-16-de-junio-de-1972/>
5. Giannuzzo, Amelia Nancy. Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. *Sci. stud.*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 129-156, Mar. 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100006&lng=en&nrm=iso>. access on 28 Jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000100006>.
- 6.- Ibídem.
- 7.- Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. Comunicado de prensa. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza, 15 de marzo de 2016. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/>
- 8.- Carnicier, José Manuel, Contaminación Atmosférica. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008. Escuela de Negocios. España. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45259/componente45257.pdf
- 9.- Ibídem.
- 10.- Comunicado de prensa, OMS, Ginebra, Suiza, mayo 2018. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- 11.- Riojas, Horacio; Zúñiga, Pamela. Efectos en la salud por la contaminación atmosférica. OPS/OMS México – INSP, 11 de agosto de 2007. Disponible en: http://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1301-efectos-salud-horacio-riojas&Itemid=493
- 12.- Contreras Gil, Ana María, et. al., Calidad del Aire: Una práctica de vida. Cuadernos de divulgación ambiental, SEMARNAT, México, 2013. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- 13.- Comunicado de Prensa. OMS. Ginebra, 15 de marzo de 2014. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>
- 14.- Op. Cit.
- 15.- Ibídem.
- 16.- Riojas, Horacio; Zúñiga, Pamela, Op. Cit.
- 17.- Las bases de datos revisadas fueron: BioOne, Cambridge Collection, EBSCO, y Oxford Academic.

18. Journal of Environment Pollution and Human Health, Open Journal of Air Pollution, Journal of Pollution Effects and Control, Journal of Atmospheric Pollution, Journal of Epidemiology and Community Health, Journal of Air Pollution and Health, Water, Air and Soil Pollution; Revista de Salud Ambiental, Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Journal of Industrial Pollution Control, Journal of Environment Health Science and Engineering, Occupational and Environmental Medicine, Revista Atmósfera, y The Lancet.
19. El Universal, La Jornada, Milenio, El Economista, Excélsior, El Financiero.
20. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. México, 2017, p. 141. Disponible en: <https://www.juridicas.unam.mx/legislacion/ordenamiento/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicanos#10620>
21. Medio ambiente. Centro de Estudio CESOP. México. Disponible en: http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Eje_tematico/9_mambiente.htm
22. Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, PNUMA, Kenya, 2001. Disponible en: http://www.cinu.org.mx/biblioteca/documentos/des_sost/conv_viena_ozono.pdf
23. Marco jurídico para la protección de la atmósfera y para enfrentar el cambio climático. Diplomado en Derecho Ambiental. Consejo de la Judicatura Federal, México, 2016. Disponible en: <https://www.ijf.cjf.gob.mx/cursos-esp/2016/Diplomadoresambiental/Material/Atm%C3%B3sfera%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>
24. *Ibidem*.
25. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. OMS. Ginebra. 2005. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?ua=1
26. *Ibidem*.
27. Objetivos de Desarrollo Sostenible. ONU México. 2017. Disponible en: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>
28. Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Propuesta (2017). SEMARNAT, México, p.p. 60. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171917/SEMARNAT_-_Estrategia_Nacional_de_Calidad_del_Aire.pdf
29. Convención marco sobre cambio climático. Acuerdo de París. ONU, Ginebra, Suiza, 29 de enero de 2016. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10a01s.pdf>
30. Convenio sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio ambiente en la Zona Fronteriza "Convenio de La Paz", SEMARNAT, México, 1983. Disponible en: http://www.cimacnoticias.com.mx/documentos/cambio_climatico/convenio_sobre_cooperacion_para_la_proteccion_y_mejoramiento.pdf
31. *Ibidem*.
32. Op. Cit. Medio ambiente
33. *Ibidem*.
34. DECRETO promulgatorio del acuerdo entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Diario Oficial de la Federación, México, 25 de enero de 1991. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4701330&fecha=25/01/1991

35. Op. Cit. Medio ambiente
36. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Op. Cit.
37. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente. Diario Oficial de la Federación. México, 28 de enero de 1988. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/l280188.html>
38. Ibídem.
39. Ibíd.
40. Op. Cit., Calidad del Aire: Una práctica de vida.
41. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40. Gobierno de la República-SEMARNAT, México. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06_otras/ENCC.pdf
42. Ibídem.
43. Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Propuesta (2017). SEMARNAT, México, p. 4. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171917/SEMARNAT_-_Estrategia_Nacional_de_Calidad_del_Aire.pdf
44. Op. Cit., Marco jurídico para la protección de la atmósfera y para enfrentar el cambio climático.
45. Wong, T W et al, Air pollution and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Hong Kong, en: *Occup Environ Med*, 1999; n. 56, pp.679-683.
46. Braga, L W et al, Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in Sao Paulo, Brazil, en: *Pediatric Pulmonology*, 2001, 31, pp. 106-13.
47. Ritz, B et al, Ambient Air Pollution and Risk of Birth Defects in Southern California, en: *Am J Epidemiol*, 2002, 1 (155), pp.17-25.
48. Op. Cit. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, 2005.
49. Estudios como los de Korst et al., 1996, a través de estudios de cohorte, han demostrado que los eritrocitos nucleados son marcadores de asfixia fetal, la cual puede causar problemas neurológicos. Para más información se puede consultar: L Korts; J Phelan; M Ahn y G Martin, Nucleated Red Blood Cells: An update on the marker for fetal asphyxia, 1996. Disponible de internet en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8885733>
50. Nouri, K et al., Effects of carbon monoxide air pollution in pregnancy on neonatal nucleated red blood cells. *Paediatr Perinat Epidemiol* 2005, 19(1), pp.27-30.
51. Arden, P y Dockery, D, Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, en: *Journal of the Air & Waste Management Association* 2006, 6, (56), pp. 709-742. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.2006.10464485>
52. Un estudio de cohorte transversal es un tipo de investigación observacional, no experimental. Es temporalmente retrospectivo. Información en: Cruz, Verónica; Moreno, Alejandra. Estudios transversales, en Villa, Antonio, et. al. *Epidemiología y Estadística en Salud Pública*, Mc Graw Hill, México, 2011, p.p. 86-96.
53. Muñoz, D et al., Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición, en: *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 2007, pp. 85-94.

54. "Los biomarcadores son signos físicos o mediciones de laboratorio que sirven como indicadores del proceso fisiopatológico de la enfermedad o de la respuesta de esta a las intervenciones farmacológicas. (...) Un buen biomarcador debería establecer una clara relación con los procesos fisiopatológicos que causan el deterioro clínico, un adecuado nivel de precisión, reproducibilidad, sensibilidad y especificidad, además tener una técnica de medición simple que permita su uso masivo". Así, podemos entender a un marcador inflamatorio es una clase de biomarcador. Información en: Vidal, Alberto, Utilidad de los marcadores inflamatorios en el control del asma pediátrica, Sociedad Chilena de Pediatría, Clínica Las Condes, Santiago, Chile, 7 de julio de 2015. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370410615000662>
55. Barraza, Albino Air Pollution, Airway Inflammation, and Lung Function in a Cohort Study of México City School-children. Children Health. Environmental Health Perspectives, National Instituto of Environmental Health Sciences, EU, junio 2008, volumen 116, número 6
56. Latzin, P et al, Air pollution during pregnancy and lung function in newborns: a birth cohort study, en: Eur Respir J, 2009; 33: 594–603. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19010988>
57. "El ductus arterioso o conducto arterioso es un pequeño vaso que comunica la aorta con la arteria pulmonar. Está normalmente abierto en el feto, pero se cierra justo después del nacimiento (...) La persistencia de este conducto condiciona un 'cortocircuito' entre la circulación sistémica y la pulmonar". Información de: Higuera, Laura; Ductus arterioso. Fundación Española del Corazón, febrero 2015. Disponible en: <http://www.fundacion-delcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/ductus-arterioso-persistente.html>
58. Strickland, M J et al, Ambient Air Pollution and Cardiovascular Malformations in Atlanta, Georgia, 1986–2003, en: Am J Epidemiol, 2009; 169, pp.1004–1014.
59. Hofman, Albert et al., Air Pollution, Blood Pressure, and the Risk of Hypertensive Complications During Pregnancy The Generation R Study, en: Hypertension, 2011, 57, 1-7. Disponible: <http://hyper.ahajournals.org/content/early/2011/01/10/HYPERTENSIONAHA.110.164087>.
60. Wiebert, Pernilla et al, Myocardial infarction and occupational exposure to particles from various sources, en: Occup Environ Med, 2011, 68: A53. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275012073_Myocardial_infarction_and_occupational_exposure_to_particles_from_various_sources
61. Heinrich, J et al, Long-term exposure to NO2 and PM10 and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women, en: Occup Environ Med, 2013; 70, pp.179–186.
62. Anderson, H et al, Spatiotemporal Analysis of the Effect of Ozone and Fine Particulate on CVD Emergency Room Visits in Harris County, Texas, en: Open Journal of Air Pollution, 2014, 3, 87-99. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/ojap.2014.34009>.
63. Becerra, L et al, Effect of socioeconomic status on the association between air pollution and mortality in Bogota, Colombia, en: Salud Pública de México, 2014, 56, pp. 371-378.
64. La investigación de Jun et al., 2013 mostró que la exposición a Metano puede provocar restricción en la función respiratoria, así como Neumonía. Para más información se puede consultar: Jun et al, Acute Respiratory Distress Due to Methane Inhalation, Tuberc Respir Dis (Seoul), 2013, 74(3), pp.120–123. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3617131/>.
65. Kim, Ki-Hyun et al, 2011. Realizaron una revisión bibliográfica sobre los efectos en la salud humana de la exposición a formaldehidos. La exposición a formaldehidos puede provocar sequedad en la piel, dermatitis, tos, e irritación en los ojos. Para más información consultar: Kim, Ki-Hyun et al, Exposure to Formaldehyde and Its Potential Human Health Hazards, Journal of Environmental Science and Health, Part C, 2011 29, 4, pp. 277-299. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/51820816_Exposure_to_Formaldehyde_and_Its_Potential_Human_Health_Hazards.

66. Gregor, Erbach, Shale gas and EU energy security. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2014/542167/EPRS_BRI\(2014\)542167_REV1_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2014/542167/EPRS_BRI(2014)542167_REV1_EN.pdf)
67. Ferrero, Amparo et al, Benzene Exposure and Respiratory Health in Children: A Systematic Review of Epidemiologic Evidences, en: *J Pollut Eff Cont*, 2014, 2: 114. Disponible en: 10.4172/2375-4397.1000114.
68. Ranzi, A et al, Exposure to air pollution and respiratory symptoms during the first 7 years of life in an Italian birth cohort, en: *Occup Environ Med*, 2014, 71, pp. 430–436.
69. Carey, I et al, Long-term exposure to outdoor air pollution and the incidence of chronic obstructive pulmonary disease in a national English cohort. Atkinson RW, en: *Occup Environ Med*, 2015; 72, pp. 42–48.
70. Dicastillo, María et al, Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age, 2015; 70:64–73. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.888.2428&rep=rep1&type=pdf>
71. Hazari, M et al, Role of Autonomic Reflex Arcs in Cardiovascular Responses to Air Pollution Exposure, *Cardiovasc Toxicol* 2015, 15(1): 69–78.
72. García, Patricia et. al., Los beneficios sanitarios de combatir el cambio climático. Opinión. El país. España, 9 de junio de 2016. Disponible en: https://elpais.com/elpais/2015/06/08/planeta_futuro/1433765210_022498.htm
- 73.- Nemati, Fatemeh et al, Health impacts of NO₂ in Mashhad, Iran, en: *Journal of Air Pollution and Health*, 2016; 1(1), pp.15-20.
- 74.- Graziani, F et al, Han encontrado que la Mieloperoxidasa es una enzima marcadora de enfermedad isquémica, que tiene funciones pro-inflamatorias que pueden provocar patogénesis de la arteria coronaria. Para más información se puede consultar: F Graziani et al, Myeloperoxidase: A new Biomarker of Inflammation in Ischemic Heart Disease and Acute Coronary Syndrome. *Mediator of Inflammation*, 2008, pp.1-5.
75. Hay otras evidencias que muestran que la presencia de la proteína c reactiva en la sangre es también un marcador de enfermedad coronaria. Para más información se puede consultar: S Singh et al, C-reactive protein, inflammation and Coronary Heart Disease. *The Egyptian Heart Journal*, 2015, 67, pp. 89-97.
76. Siponen, T et al, Source-specific fine particulate air pollution and systemic inflammation in ischaemic heart disease patients, en: *Occup Environ Med*, 2015; 72, pp.277–283.
77. Zarei, M, et al, Prediction of the Impact of Air Pollution on Rates of Hospitalization for Asthma in Shiraz Based on Air Pollution Indices in 2007-2012, en: *Open Journal of Air Pollution*, 2016, 5, pp. 37-43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/ojap.2016.52004>.
78. Girguis, M S et al, Exposure to acute air pollution and risk of bronchiolitis and otitis media for preterm and term infants, en: *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 2017, 220, pp.1055-1063.
79. La Jornada, 20 de octubre de 2017, Una de cada 6 muertes estuvo relacionada con la contaminación en 2015.
80. Michikawa, T et al, Impact of short-term exposure to fine particulate matter on emergency ambulance dispatches in Japan, en: *J Epidemiol Community Health*, 2015; 69, pp.86–91.
81. Victoria, Félix, Alza de enfermedades y polución están relacionadas: infectólogo. Región. Milenio Diario. 28 de diciembre de 2017. Disponible en: http://www.milenio.com/region/enfermedades_respiratorias-polucion-hospital_zambrano_hellion_0_1091890822.html

82. Jiménez, Gabriela, Advierte Mario Molina por contaminación del aire en NL. Región, Milenio Diario, México 9/11/2017. Disponible en: http://www.milenio.com/region/contaminacion-aire-nuevo_leon-milenio-noticias-monterrey_0_1063693886.html
83. Flores, Pablo, Colegio de Médicos advierte peligros de la contaminación. Región. Milenio Diario, México. 10 de diciembre de 2017. Disponible en: http://www.milenio.com/region/epoc-enfermedades-pulmonares-milenio-noticias-leon_0_1082291818.html
84. Samoli, Evangelia et al, Associations of short-term exposure to traffic-related air pollution with cardiovascular and respiratory hospital admissions in London, UK, en: *Occup Environ Med* 2016; 73, pp. 300–307.
85. Ubilla, Carlos et. al, Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en niños. *Revista Clínica Las Condes* [publicación en línea] 2017. Volumen 28 Issue 1, Enero – febrero. Disponible en: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0716864017300214>
86. La Enfermedad Respiratoria Baja, Lower Respiratory Illnes (LRI) en inglés, se refiere a un conjunto de padecimientos respiratorios que pueden incluir bronquitis, neumonía, o dificultades al respirar.
87. Romieu, I et. al, Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in México City, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, EU, Vol. 154, No. 2, 1 de Agosto de 1996. Disponible en: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.154.2.8756798>
88. Hernández, Leticia; et. al., Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, *Salud Pública de México Instituto Nacional de Salud Pública Cuernavaca, México*, vol. 42, núm. 4, julio-agosto, 2000, p.p. 288-297
89. Blackman, Allen et al, Maquiladoras, Air Pollution, and Human Health in Ciudad Juárez and El Paso. Disponible en: <http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-03-18.pdf>
90. Holguín, F et al, Air Pollution and Heart Rate Variability Among the Elderly in México City, en: *Epidemiology*, 2003; 14, pp.521–527.
91. Reyna, C M, et al, Análisis de la relación del PM10 con las enfermedades respiratorias en la población urbana de Mexicali, Baja California: Un estudio de series de tiempo, en: *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 2003, 2, pp.116-125.
92. Cadena, L et al, Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, en: *Salud Pública de México*, 2007, 49, 27-36
93. Villarreal, A, et al, Air pollution, airway inflammation, and lung function in a cohort study of México City school-children. *Environ Health Perspect*, 2008; 116(6), pp.832-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18560490>.
94. Cueto, Rafael et al, Influencia de los Contaminantes Atmosféricos en las Infecciones Respiratorias Agudas en Mexicali-Baja California, México, en: *Información tecnológica*, 2009, 20 (3), pp.89-100.
95. Federation of American Societies for Experimental Biology, México City air pollution adversely affects the hearts of young people, en: *ScienceDaily*, 28 de abril de 2010. Disponible en: www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100428153256.htm
96. *Ibidem*.
97. Escamilla, MC et al, Elemental carbon exposure and lung function in school children from México City, en: *Eur Respir J*, 2011 38(3), pp.548-52. Disponible en: 10.1183/09031936.00111410.

98. González, Guadalupe, Air Quality and Health Public in México. U.S. - México Marine Emissions Control Technology Seminar Green Expo - México City, México, Comisión de Evidencia y Manejo de Riesgos. COFEPRIS, México, 26 de septiembre de 2012, p.p. 40.
99. Maldonado, Orlando, Incrementan enfermedades por contaminación: Salud, Región, Milenio, 28 de diciembre de 2015. Disponible en: http://www.milenio.com/region/Incrementan_enfermedades_Salud-contaminacion_NL_Salud-enfermedades_Salud_0_654534728.html
100. Altamirano, Claudia. Seis ciudades mexicanas tienen más polución que la capital. El País. España 16 de mayo de 2016. Disponible en: https://elpais.com/internacional/2016/05/16/mexico/1463375507_280215.html
101. Álvarez, Agustín et al, Black Carbon and Particulate Organic Toxics Emitted by Sugarcane Burning in Veracruz, México, en: International Journal of Environmental Science and Development, 2016, 4 (7) pp.290-294. Disponible en: <http://www.ijesd.org/vol7/786-R0011.pdf>
102. Altamirano, Claudia, ¿Cómo afecta la contaminación del aire a la salud? El País. España, 10 de mayo de 2016. Disponible en: https://elpais.com/internacional/2016/04/08/mexico/1460133128_612673.html
103. León, Mariana. Tienen enfermedades respiratorias 6 de 10 en la CDMX, por polución, Nacional. EL Universal, México, 17 de marzo de 2016. Disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/tienen-enfermedades-respiratorias-de-10-en-la-cdmx-por-polucion.html>
104. Domínguez, Pedro, Mala calidad del aire, pero ahora por partículas PM10. Región. Milenio Diario, México. 8 de mayo de 2016. Disponible en: http://www.milenio.com/region/Mala_calidad_del_aire_Valle_de_Mexico-particulas_PM10-calidad_del_aire_salud-cancer_0_733726644.html
105. Campas, Eusebio et al, Calidad del aire respecto de metales (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) y su relación con salud respiratoria: caso Sonora, México, en: Rev. Int. Contam. Ambie, 2017, 33, pp.23-34. Disponible en: 10.20937/RICA.2017.33.esp02.02
106. El Universal, 19 de diciembre de 2017. Partículas en aire agravan los males respiratorios: CAME. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/particulas-en-aire-agravan-los-males-respiratorios-came>
107. Rello, Maricarmen, Contingencias ambientales agravan asma y alergias. Región. Milenio. México, 10 de junio de 2017. Disponible en: http://www.milenio.com/region/asma_bronquial-contaminacion-calidad_aire-salud-milenio_noticias_jalisco_0_972502824.html
108. Physicians for Social Responsibility. s/f, Hydraulic Fracturing and Your Health: Air Contamination.
109. Pruneda, L, Exposure to indoor air pollutants (polycyclic aromatic hydrocarbons, toluene, benzene) in Mexican indigenous women, John Wiley and sons library, Singapur, 2012, pp.140-147.
110. Kei, Robert et al, Assessment of Health Effects Related to the Use of Biomass Fuel and Indoor Air Pollution in Kapkokwon Sub-Location, Bomet Country, Kenya, en: Open Journal of Air Pollution, 2014, 3, 61-69. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/ojap.2014.33007>.
111. Cheng, Yibin et al, Effectiveness of an Indoor Air Pollution (IAP) Intervention on Reducing IAP and Improving Women's Health Status in Rural Areas of Gansu Province, China, en: Open Journal of Air Pollution, 2015, 4, pp.26-37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/ojap.2015.41004>
112. Concerned Health Professionals of New York y Physicians for Social Responsibility, Compendium of scientific, medical, and media findings demonstrating risks and harms of fracking (unconventional gas and oil extraction) (4th ed.), 2016. Disponible en: <http://concernedhealthny.org/compendium/>

113. Straumfors A, et al, Cross-shift study of exposure–response relationships between bioaerosol exposure and respiratory effects in the Norwegian grain and animal feed production industry, en: *Occup Environ Med*, 2016; 73, pp. 685–693.
114. Qian, D et al, Air Pollution and Mortality in the Medicare Population, en: *The New England Journal of Medicine*, 2017, 26 (376), pp.2513-2522.
115. Gworek, B et al, Air Contamination by Mercury, Emissions and Transformations: a Review, en: *Water Air Soil Pollut*, 2017, 228, p.123.
116. Mireles, P et al, Surveillance of Acute Health Effects of Air Pollution in México City, en: *Epidemiology*, 2003; 14, pp. 536–544. 114. Vallejo, Maite, Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la Ciudad de México, *Gaceta Médica de México*, México, 2003, Volúmen 139, No. 1
117. Vallejo, Maite, Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la Ciudad de México, *Gaceta Médica de México*, México, 2003, Volúmen 139, No. 1
118. Carranza, Joaquín et al, Generación de polvos de madera en talleres de la escuela de laudería del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, México, en: *Rev. Int. Contam. Ambie*, 2017, 33 (1), pp. 65-73. Disponible en: <http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.01.06>
119. Rello, Maricarmen, Asocian contaminación del aire con daño renal en Poncitlán. Región, *Milenio Diario*, México. 13 de octubre de 2017, Disponible en: http://www.milenio.com/region/contaminacion-aire-nuevo_leon-milenio-noticias-monterrey_0_1063693886.html
120. International Agency for Cancer Research, Informe de prensa Nro 213, 12 de junio de 2012.
121. McKenzie, L M, et al, Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources, en: *Sci Total Environ*, 2012, 424, pp.79-87. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712001933>
122. El Universal, ¿Cómo afecta la contaminación a la salud?, 28 de diciembre de 2016.
123. Parra, Alfonso, et al, Actividad mutagénica inducida por hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de PM2.5 en un sector residencial de Villa del Rosario-Norte de Santander, Colombia, en: *Rev. Int. Contam. Ambie*, 2016, 32 (4) pp.435-444.
124. Excelsior, Más de 30 enfermedades a causa de la contaminación: INER.9 de junio de 2017.
125. Hadei, Mostafa, et al, Estimation of lung cancer mortality attributed to long- term exposure to PM2.5 in 15 Iranian cities during 2015 – 2016; an AIRQ+ modeling, en: *Journal of Air Pollution and Health*, 2017; 2 (1), pp.19-26.
126. International Agency for Cancer Research. List of Classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, Volumes 1 to 120 a, 2017. Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Table4.pdf>
127. Proceso, 26 de abril de 2006, Veracruz: detectan enfermedades respiratorias por contaminación de Pemex. Disponible en: <http://www.proceso.com.mx/217099/veracruz-detectan-enfermedades-respiratorias-por-contaminacion-de-pemex>
128. Acta de la segunda sesión del segundo período de sesiones ordinarias de la LX Legislatura del Honorable Congreso del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Disponible en: http://www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/63/1/2016-03-17-1/assets/documentos/Ini_PAN_Ley_prohibicion_fracking.pdf

129. Valdez, Blanca, et. al, Contaminación atmosférica causa 15% de los tumores de pulmón. Salud. Milenio Diario, México, 4 de diciembre de 2013. Disponible en: http://www.milenio.com/cultura/Contaminacion-atmosferica-causa-tumores-pulmon_0_202179811.html
130. Gracia, R, La fractura hidráulica y el proyecto Hidráulico Monterrey VI; un daño irreversible al medio ambiente, 2016. Disponible en: <http://revista.ibd.senado.gob.mx/index.php/PluralidadyConsenso/article/viewFile/333/339>.
131. Ibídem.
132. Ibid.
133. Calderón, Lilian, et. al. Brain Inflammation and Alzheimer's-Like Pathology in Individuals Exposed to Severe Air Pollution, Society of Toxicologic Pathology, EU, 32:650-658,2004
134. Chen, Ruoling, et al, Association between environmental tobacco smoke exposure and dementia syndromes, en: Occup Environ Med, 2013, 70, pp.63–69.
135. Calderón, Lilian et al, Air pollution and detrimental effects on children's brain. The need for a multidisciplinary approach to the issue complexity and challenges. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4129915/>
136. UNICEF, Danger in the air, 2017.
137. Calderón, Lilian, et.al. DNA Damage in Nasal and Brain Tissues of Canines Exposed to Air Pollutants Is Associated with Evidence of Chronic Brain Inflammation and Neurodegeneration, Society of Toxicologic Pathology, EU, 2003, p.p. 31:524-238.
138. Calderón, Lilian, et. Al, Pediatric Respiratory and Systemic Effects of Chronic Air Pollution Exposure: Nose, Lung, Heart, and Brain Pathology, Society of Toxicologic Pathology, EU, 35:154-162,2007
139. Calderón, Lilian et al, Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: A pilot study with children and dogs, en: Brain and Cognition, 2008, 68, pp.117–127.
140. Landero, Karina, et. al., Calidad del aire y salud en la Ciudad de México, Revista Latinoamericana de Medicina Conductual / Latin American Journal of Behavioral Medicine, México, vol. 4, núm. 1, enero, 2014, pp. 1-12
141. Saenz, J et al, Indoor air pollution and cognitive function among older Mexican adults en: J Epidemiol Community Health, 2018; 72 pp.21-26.
- 142.- Wang, X, et al, Association Between Air Pollution and Low Birth Weight: A Community-based Study, en: Environmental Health Perspectives, 1997, 105(5), pp. 514-520.
- 143.- Slott, V et al, Semen Quality and Reproductive Health of Young Czech Men Exposed to Seasonal Air Pollution, en: Environmental Health Perspectives, 2000, 108, pp.887-894.
- 144.- Olsson, David, et al, Air pollution exposure in early pregnancy and adverse pregnancy outcomes: a register-based cohort study, en: BMJ Open, 2013, 3(2), pp.1-8 Disponible en: <http://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/3/2/e001955.full.pdf>
145. La Jornada, Contaminación podría alterar la calidad del semen: estudio, 22 de noviembre de 2017.

146. Gutiérrez, E. *Journal of Population Economics*, 2015, 28 : 1181-1207
147. Osornio, Álvaro, et al, Proinflammatory and Cytotoxic Effects of México City Air Pollution Particulate Matter in Vitro Are Dependent on Particle Size and Composition, *Environmental Health Perspectives*, EU, agosto 2003, volumen 111, n.10, pp.1289-1296
148. Hidalgo, Anne, et. al., No más diésel en nuestras ciudades. *El País*. España. 1 de diciembre de 2016. Disponible en: https://elpais.com/internacional/2016/12/01/mexico/1480630651_160668.html
149. Zuk, Miriam, et al, 2006. Impacto de las termoeléctricas de México: un estudio de caso en Tuxpan, Veracruz, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, e Instituto Nacional de Ecología: México.
150. Gudiño, Alejandra. Urgen programas para evitar muertes por esmog. Región. *Milenio Diario*, México. 8 de marzo de 2017. Disponible en: http://www.milenio.com/region/megalopolis-contaminacion-oms-muertes-infantiles-ambiental-milenio-noticias_0_916108453.html
151. Milenio Digital, Si quieres vivir 4 meses más, aléjate de la CDMX. *Tendencias*. Milenio, México. 3 de marzo de 2017. Disponible en: http://www.milenio.com/tendencias/contaminacion_del_aire-vivir_mas-4_meses-cdmx-contingencia-df-universidad_chicago_0_1040896184.html
- 152.- Brook, R y Rajagopalan, S, Air Pollution and Type II Diabetes Mechanistic Insights, *Diabetes*, 2012, 61, pp. 3037-3045.
- 153.- Coogan, P, et al, Air Pollution and Incidence of Hypertension and Diabetes Mellitus in Black Women Living in Los Angeles, en: *Circulation*, 2012, pp.767-773.
- 154.- Prada, Didier et al, Association of air particulate pollution with bone loss over time and bone fracture risk: analysis of data from two independent studies, en: *The Lancet Planetary Health*, 2017; 8 (1) pp.337-347.
- 155.- En la investigación de Paul Dolan y Kate Laffan (2016) el bienestar subjetivo se define a través de dos dimensiones: satisfacción y felicidad. La satisfacción con la vida incluye la satisfacción con las relaciones interpersonales, la situación financiera, el estado de salud, y el área de residencia. La felicidad por su parte, incluye la vivencia de relajación y estrés. La categoría bienestar subjetivo ha sido desarrollada y discutida por Paul Dolan en otros trabajos. En este sentido se puede consultar: Dolan, Paul y Metcalfe, Robert. *Measuring Subjective Wellbeing: Recommendations on Measures for use by National Governments*, en: *Jnl Soc. Pol*, 2012; 41 (2), pp. 409–427
156. Dolan, P y Laffan, K, Bad Air Days: The Effects of Air Quality on Different Measures of Subjective Well-Being, en: *J. Benefit Cost Anal*, 2016; 7(1), pp.147–195.
157. Op. Cit. Effectiveness of an Indoor Air Pollution (IAP) Intervention on Reducing IAP and Improving Women's Health Status in Rural Areas of Gansu Province, China.
158. Op. Cit. Impact of short-term exposure to fine particulate matter on emergency ambulance dispatches in Japan.
159. Op. Cit. Source-specific fine particulate air pollution and systemic inflammation in ischaemic heart disease patients.
160. Op. Cit. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population.
161. Op. Cit. Source-specific fine particulate air pollution and systemic inflammation in ischaemic heart disease patients.
162. Op. Cit. Effect of socioeconomic status on the association between air pollution and mortality in Bogota, Colombia.

163. Op. Cit. Benzene Exposure and Respiratory Health in Children: A Systematic Review of Epidemiologic Evidences.
164. Op. Cit. Association between environmental tobacco smoke exposure and dementia síndromes.
165. Op. Cit. Effect of socioeconomic status on the association between air pollution and mortality in Bogota, Colombia.
166. Se trata de un tipo de diseño en el que se mide o evalúa en el mismo punto en el tiempo, el efecto de una variable sobre otra, en este caso de la exposición a la contaminación del aire sobre la salud.
167. Se trata de un diseño de investigación epidemiológica, en el que se estudia la relación causal entre un factor de riesgo o de exposición, y un problema de salud. Para ello se selecciona un grupo de personas sin el problema de salud, y se dividen en un grupo de aquellos expuestos al factor considerado de riesgo, y otro subgrupo no expuesto al mismo. El objetivo del estudio es darle seguimiento a ambos grupos durante un período de tiempo, para conocer los efectos en la salud, de la exposición al factor considerado de riesgo.
168. Se trata de un diseño de investigación epidemiológica, en el que se estudia la relación causal entre un factor de riesgo o de exposición, y un problema de salud. A diferencia del estudio de cohorte prospectivo, en este caso se parte de un grupo de personas enfermas, y se estudia la relación con los factores de riesgo a los que han estado expuestas en el pasado.
169. Ibídem.
170. Op Cit. Air Pollution and Heart Rate Variability Among the Elderly in México City.
171. Op. Cit. Effectiveness of an Indoor Air Pollution (IAP) Intervention on Reducing IAP and Improving Women's Health Status in Rural Areas of Gansu Province, China.
172. Op. Cit. Impact of short-term exposure to fine particulate matter on emergency ambulance dispatches in Japan.
173. Op. Cit. Benzene Exposure and Respiratory Health in Children: A Systematic Review of Epidemiologic Evidences.
174. Op. Cit. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect.
175. Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, 2016. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares.