

Contaminantes Atmosféricos

Artículos de revisión

Interrelaciones ecológicas,
salud y enfermedad.



Directorio

Subcomité Editorial

Gabriel J. O'Shea Cuevas

Presidente

Daniela Cortés Ordoñez

Secretaria Técnica

Editor

Víctor Manuel Torres Meza

Comité Editorial del CEVECE

Ma. de Jesús Mendoza Sánchez

Luis Anaya López

Leonardo Francisco Muñoz Pérez

Mauricio R. Hinojosa Rodríguez

Víctor Flores Silva

Elsa Esther García Campos

Silvia Cruz Contreras

Araceli Consuelo Hinojosa Juárez

Diseño

Ana Laura Toledo Avalos

Corrección de Estilo

Ma. de Jesús Mendoza Sánchez

INTELIGENCIA EPIDEMIOLÓGICA REVISTA DEL CENTRO ESTATAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA Y CONTROL DE ENFERMEDADES, Año 10, No. 1, enero – junio 2020, es una publicación editada por el Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. Calle Fidel Velázquez No. 805, Col. Vértice, Toluca, Estado de México, C.P. 50150, Tel (722) 2-19-38-87, <http://salud.edomexico.gob.mx/cevece>, ceveceriesgosalud@gmail.com. Editor responsable: Víctor Manuel Torres Meza. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04 – 2011 – 111712513500 – 102, ISSN: 2007-5162, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Número de autorización otorgado por el Consejo Editorial del Gobierno del Estado de México CE: 208/05/03/20. Impresa por Talleres Gráficos Santa Bárbara S. de R.L de C.V., Pedro Cortés 402-1, Col. Santa Bárbara C.P. 50050, Toluca, Estado de México. Este número se terminó de imprimir en julio de 2020 con un tiraje de 300 ejemplares. Fotografías y pictogramas usados de freepik.com, flaticon.com y thenounproject.com.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Contenido

5 **Editorial**

6 **Plomo en Calidad del Aire.**

Mendoza Sanches María de Jesús.

14 **Contaminación Atmosférica y Salud Humana.**

Vargas Hernández Joel Alberto, Hinojosa Juárez Araceli Consuelo, Mendieta Zerón Hugo.

18 **Contaminación por Dióxido de Nitrógeno (NO₂).**

García Campos Elsa Esther, María de Jesús Mendoza Sánchez, Torres Meza Víctor Manuel.

23 **Contaminación por Partículas PM 2.5**

Hinojosa Rodríguez Mauricio Raúl.

29 **El Dióxido de Azufre (SO₂).**

Flores Silva Víctor.

34 **CO y sus Efectos a la Salud.**

Camacho Peralta Lázaro.

42 **Ozono**

Muñoz Pérez Leonardo.

47 **Evaluación Epidemiológica del Impacto de los Contaminantes del Aire en la Salud Infantil.**

Torres Meza Víctor Manuel.

51 **Información para los autores y autoras.**



Editorial

En los últimos años ha habido un importante avance en el conocimiento y comprensión de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud proporcionado por un gran número de trabajos científicos en todo el mundo. Estos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la calidad del aire en la salud de la población y han permitido identificar los principales mecanismos de acción por los cuales la exposición a contaminación atmosférica causa daños en la salud.

El Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CEVECE) estableció un compromiso con el grupo de trabajo del PROAIRE Estado de México para realizar un compendio de esta evidencia sobre los contaminantes criterio del aire y sus efectos en la salud, a través de su Revista Inteligencia Epidemiológica.

Esta publicación es el resultado de una búsqueda exhaustiva de estas evidencias, presentadas por contaminante criterio y los daños a la salud provocados en los seres humanos.

Los principales efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud van desde alteraciones de la función pulmonar, problemas cardíacos y otros síntomas y molestias hasta un aumento del número de defunciones, de ingresos hospitalarios y de visitas a urgencias, especialmente por causas respiratorias y cardiovasculares.

El ProAire Estado de México 2018-2030 se enfoca en la reducción de emisiones de los contaminantes criterio, en especial ozono y partículas suspendidas, de 10 y 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico, ya que son los que presentan una mayor abundancia en el Estado, así sus como efectos más adversos para la salud de la población.

Es un instrumento que servirá, tanto a dependencias como a los ciudadanos del Estado de México, para gestionar durante los próximos doce años la calidad del aire. El documento está integrado por ocho capítulos: 1) Generalidades, 2) Diagnóstico de la Calidad del Aire, 3) Inventario de Emisiones, 4) Impactos sobre la Salud, 5) Participación Ciudadana, Comunicación y Educación Ambiental, 6) Estrategias y Medidas, 7) Opciones de Financiamiento y 8) Fundamento Jurídico.

La aportación de este número a ese documento de política ambiental, señala el compromiso del sistema estatal de salud con el Medio Ambiente y sus determinantes sociales de la salud para mantener poblaciones sanas.



Artículos de revisión

Plomo en Calidad del Aire.

Mendoza Sánchez María de Jesús.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades, Coordinación de Regulación Sanitaria.

Resumen

Se conoce la importancia de los contaminantes criterio en la calidad del aire, y a partir de ello, la necesidad de generar esquemas de monitoreo y medición de su concentración en la atmósfera, sin embargo, aunque el plomo es considerado contaminante criterio, actualmente no forma parte de las estrategias relacionadas con la actualización del marco normativo y tampoco del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA). No obstante, la Organización Mundial de la Salud ha insistido en que la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo es responsable de 4,2 millones de defunciones prematuras que se registran anualmente y que el 91% de esas defunciones prematuras está ocurriendo en países de bajos y medianos ingresos. También ha establecido que no existe un nivel de exposición al plomo por debajo del cual se puede afirmar que no se sufrirán efectos perjudiciales, incluso una concentración sanguínea de 5 µg/dl puede afectar a la inteligencia de los niños y causar problemas de comportamiento y dificultades de aprendizaje. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) señala que los estándares de Pb primario y secundario son 0.15 microgramos por metro cúbico de Pb en partículas suspendidas totales como un promedio de 3 meses, mientras que en México, la NOM-026-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb), dispone que la concentración de plomo, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 1.5 µg/m³ en un periodo de tres meses promedio aritmético.

Summary

The importance of criteria pollutants in air quality is known, and from this, the need to generate monitoring and measurement schemes for their concentration in the atmosphere, however, although lead is considered a criteria pollutant, it is currently not part of the strategies related to updating the regulatory framework and also of the Air Quality Monitoring Systems (SMCA). However, the World Health Organization has insisted that air pollution in cities and rural areas around the world is responsible for 4.2 million premature deaths that are recorded annually and that 91% of those premature deaths are occurring in low and middle income countries. It has also established that there is no level of lead exposure below which it can be stated that no harmful effects will be suffered, even a blood concentration of 5 µg / dl can affect the intelligence of children and cause behavioral problems and difficulties. Learning. The Environmental Protection Agency (EPA) indicates that the standards of primary and secondary Pb are 0.15 micrograms per cubic meter of Pb in total suspended particles as an average of 3 months, while in Mexico, NOM-026-SSA1-1993. "Environmental Health. Criterion to evaluate the quality of the ambient air, with respect to lead (Pb), provides that the concentration of lead, as an atmospheric pollutant, must not exceed the allowable value of 1.5 µg / m³ in an average period of three months arithmetic.

Palabras clave: Calidad del aire, contaminante criterio, plomo, límite permisible.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha manifestado reiteradamente que la calidad del aire que respiramos determina en gran medida la calidad de vida de las personas. Esto porque cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo.¹ De hecho, según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas

rurales de todo el mundo es responsable de 4,2 millones de defunciones prematuras que se registran anualmente. El 91% de esas defunciones prematuras está ocurriendo en países de bajos y medianos ingresos, y las mayores tasas de morbilidad se registran en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS.





Fuente: www.freepik.com

Especialmente respecto al plomo en la atmósfera, enfatiza que según datos del Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria, de la Universidad de Washington en Seattle, Estados Unidos de América, se estimó que para 2017 la exposición al plomo causó 1,06 millones de defunciones y la pérdida de 24,4 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad, debido a sus efectos en la salud a largo plazo. La mayor carga corresponde a los países de ingresos bajos y medianos. Además, el Instituto estimó que en 2016, la exposición al plomo ocasionó el 63,2% de los casos idiopáticos de insuficiencia del desarrollo intelectual, así como el 10,3%, el 5,6% y el 6,2% de la carga mundial de cardiopatía hipertensiva, cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares, respectivamente.

Aunque actualmente se habla de la calidad del aire como un derecho que tienen todas las personas en el planeta, lo que usualmente se conoce son sus expresiones, por lo que es necesario recordar que el aire que respiramos contiene alrededor de mil compuestos diferentes y que los principales elementos que se encuentran en el aire son nitrógeno, oxígeno e hidrógeno, sin los cuales, la vida en la Tierra sería imposible. Entonces, la calidad del aire está determinada por su composición. La presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones son los principales factores determinantes de la calidad del aire y por ello, se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes, la presencia de microorganismos o la apariencia física.²

A nivel mundial, la historia de la humanidad ha registrado diferentes periodos de contaminación atmosférica que impactan

en la salud humana, como el ocurrido en el año de 1952 con la llamada niebla tóxica londinense que ocasionó cerca de 4 mil fallecimientos; y de igual modo el deterioro de los bosques europeos por la lluvia ácida en los años cincuenta y sesenta del siglo XX.

La ONU refiere que la contaminación atmosférica continúa ocasionando estragos en la salud de los seres humanos afectando al 90% de la población mundial, además de ser responsable de la muerte prematura de siete millones de personas cada año, entre ellos 600.000 niños. El relator especial sobre los derechos humanos y el medio ambiente calificó en 2018 a la contaminación atmosférica como “asesino silencioso” y resaltó que no recibe la atención adecuada “ya que estas muertes no son tan trágicas como las causadas por desastres o epidemias”.

Según diversas estimaciones, la contaminación del aire urbano provoca 370.000 muertes prematuras en Europa. El Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, apunta que en realidad, nadie se muere por contaminación, sino que agrava enfermedades existentes y, si no se toman medidas, esto podría empeorar en los próximos años.

Por grupos vulnerables, el informe sobre Contaminación de aire y Salud Infantil, presentado en la primera Conferencia Mundial de la OMS sobre Contaminación del Aire y Salud en octubre de 2018 enfatizó que la contaminación del aire afecta el desarrollo neurológico, como indican los resultados de pruebas cognitivas, y dificulta el desarrollo psíquico y motor en este sector de la





población, perjudicando la función pulmonar de los niños, incluso a niveles bajos de exposición.

Los niveles de contaminación atmosférica registrados en los últimos años, sobre todo en las zonas urbanas del mundo, han resaltado la necesidad de que los gobiernos locales y nacionales, instrumenten medidas tendientes a lograr una disminución importante de los elementos químicos presentes en el aire que respiran las poblaciones y que determinan estados de salud masivos.

Algunos de los contaminantes del aire, comúnmente conocidos son: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de azufre (SO₂), Ozono (O₃), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Asbestos, Plomo (Pb), Benceno (C₆H₆) y el Material Particulado de diversas dimensiones (PM), entre otros que también pueden causar efectos tóxicos.

El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad. Se distribuye por el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado y los riñones; se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. Para evaluar el grado de exposición humana, se suele medir la concentración de plomo en sangre. Por ello, la OMS ha establecido que no existe un nivel de exposición al plomo por debajo del cual se puede afirmar que no se sufrirán efectos perjudiciales, incluso una concentración sanguínea de 5 µg/dl puede afectar a la inteligencia de los niños y causar problemas de comportamiento y dificultades de aprendizaje. Cuanto mayor es el nivel de exposición, más aumentan la diversidad y la gravedad de los síntomas y efectos asociados; no obstante, la exposición a este contaminante es prevenible.

Hoy en día, existen Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) que se instalan en las grandes ciudades del mundo, con el fin de integrar redes que permiten la medición de los llamados contaminantes criterio. Su objetivo es conocer, con niveles aceptables de confiabilidad, la calidad del aire con respecto a estos contaminantes específicos y formular, con base en los datos obtenidos, las estrategias de control y las medidas oportunas y adecuadas para una efectiva gestión ambiental.

Los contaminantes criterio son aquellos elementos normados que deben responder a límites máximos permisibles de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población y los ecosistemas. Se miden de manera continua y son básicamente: ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas en suspensión (PM₁₀, PM_{2.5}) y plomo (Pb).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) señala que el plomo se puede encontrar en todas las partes de nuestro medio ambiente: el aire, el suelo, el agua e incluso dentro del hogar, de hecho, gran parte de la exposición proviene de actividades humanas, incluido el uso de combustibles fósiles, el uso anterior de gasolina con plomo, algunos tipos de instalaciones industriales y el uso anterior de pintura a base de plomo en los hogares. Se puede emitir al medio ambiente desde fuentes industriales y sitios contaminados, como las antiguas fundiciones de plomo. Si bien los niveles naturales de plomo en el suelo oscilan entre 50 y 400 partes por millón, las actividades de minería, fundición y refinación han resultado en aumentos sustanciales de este contaminante en el medio ambiente, especialmente cerca de los sitios de minería y fundición.³

Cuando el plomo se libera al aire desde fuentes industriales o aviones con motor de encendido por chispa, puede viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo, donde generalmente se adhiere a las partículas de tierra.

Para proteger la salud pública y el medio ambiente, en Estados Unidos de Norte América, la Ley de Aire Limpio faculta a la EPA para dictar los Estándares Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS) para seis contaminantes comunes, incluido el plomo. También trabaja con agencias estatales, locales y tribales de calidad del aire para cumplir con estos estándares. Los monitores de calidad del aire ubicados en todo el país miden cuánto plomo hay en el aire exterior, de modo que la EPA rastrea las tendencias de calidad del aire para el plomo utilizando datos de esta red de monitores.

La EPA también utiliza los datos de monitoreo para determinar qué áreas no cumplen con los estándares nacionales de plomo, de tal suerte que al identificar un área que continuamente registra niveles de contaminación del aire superiores a los estándares, se le puede designar como en "incumplimiento" y formar parte de la lista de áreas de incumplimiento actuales para el plomo. Si un área se designa en esta categoría, su Estado debe hacer un plan denominado Plan de Implementación Estatal (SIP), para limpiar el área contaminada y mantenerla limpia.

La Ley de Aire Limpio incluye al plomo en su lista de contaminantes tóxicos del aire (también conocidos como contaminantes peligrosos del aire) y a través de esta Ley, la EPA establece límites llamados NESHAP (Estándares Nacionales de Emisión para Contaminantes Peligrosos del Aire) para fuentes industriales que emiten cantidades significativas de uno o más de los contaminantes tóxicos del aire. La mayoría de los NESHAP limitan el plomo como parte de un grupo de metales peligrosos





contaminantes del aire, pero los NESHAP para la fundición de plomo primaria y secundaria establecen límites específicos.

En México, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) informa que hasta diciembre del año 2016 existían en México 34 SMCA administrados por alguna autoridad gubernamental, ya fuera estatal o municipal. Estos SMCA estuvieron distribuidos en 30 entidades federativas siendo Quintana Roo y Baja California Sur los únicos estados que no poseen actualmente un SMCA en su territorio. En su conjunto, estos SMCA agrupan un total de 241 estaciones de monitoreo o muestreo que cuentan con instrumentos para medir la concentración en aire ambiente de, al menos, uno de los siguientes contaminantes: partículas suspendidas (PM10 y/o PM2.5), ozono (O3), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono (CO). Estas 241 estaciones de monitoreo estuvieron repartidas en un total de 100 ciudades y zonas metropolitanas.

Aunque el Plomo no es un elemento que frecuentemente se monitorea a través de los SMCA, es necesario reiterar que las altas concentraciones de plomo en el ambiente pueden provocar problemas en el desarrollo físico y mental de los niños, ya que se genera una disminución de las capacidades de coordinación y mentales, así como daños en hígado, sistema nervioso y carencia de glóbulos rojos. Pero también causa daños duraderos en los adultos, como incremento del riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. En las embarazadas, la exposición a concentraciones elevadas de plomo puede ser causa de aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer, y provocar malformaciones leves en el feto.⁴

Cuando se habla del Plomo como contaminante del aire, usualmente se le asocia a los vehículos automotores que usan gasolina con plomo, sin embargo en muchos países, como en México, desde los años 90 ya no se producen gasolinas con plomo; y por otra parte, existen fenómenos naturales que se generan en la superficie o en el interior de la Tierra –como el caso de las erupciones volcánicas, que también producen emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles–, que contribuyen a la contaminación.

La región centro del país, integrada por la Ciudad de México y los estados de Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala, acumula poco más de 39 millones de habitantes, según datos del INEGI para 2015, lo que representa cerca del 33% de la población mexicana. Como consecuencia de la intensa actividad económica y la dinámica urbana y poblacional de esta región, se presentan problemas de calidad del aire que se reflejan en el incumplimiento frecuente de las normas de calidad del aire.

Discusión

Desde el punto de vista normativo y atendiendo a la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, se concede que no solamente se refiere a la ausencia de afecciones o enfermedades y en tal sentido, la existencia de factores externos a la fisiología humana, conocidos como determinantes, y específicamente aquellos que se encuentran en el medio ambiente, incluyen necesariamente a la calidad del aire.

En tal contexto, y reconociendo que el derecho a la salud es un derecho humano internacionalmente aceptado desde 1948 en diversos tratados internacionales de contenido vinculante para México, la legislación mexicana establece que el derecho a la salud comprende factores que pueden contribuir a una vida sana y que el Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales denomina “factores determinantes básicos de la salud”. Uno de estos factores es contar con un medio ambiente salubre, por lo que se puede afirmar que el aire como elemento básico parte del medio ambiente, es a su vez un factor determinante de la salud, y su buena o mala calidad incide directamente en el cumplimiento de este derecho.

Por otra parte, existe evidencia científica, como el estudio sobre Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular, realizado en Venezuela en el año 2008 que refuerzan la tesis de que existe contaminación por transporte atmosférico de metales pesados a gran escala debido a su capacidad de asociación a masas de aire; por efectos de la recirculación de los vientos, y que dichos metales tienden a depositarse en áreas alejadas a su fuente de origen. Ello porque se encontró en general que el Pb no excedió el estándar de calidad del aire establecido para Venezuela, pero su concentración promedio en la zona de emisión fue de 1.13 µg/m³, muy cercano al límite diario permitido en Venezuela y por la EPA y así mismo, el análisis estadístico demostró la adecuada selección de la zona de monitoreo, confirmando que la principal fuente de emisión de los contaminantes es el parque automotor.

Y si bien los combustibles de origen carbónico actualmente están siendo procesados libres de plomo, no debe soslayarse que la actividad industrial y el tráfico automotor cumplen un rol importante en la formación de partículas y participan directa e indirectamente en la formación de aerosoles secundarios; en consecuencia, la concentración de partículas en áreas urbanas podría ser alta comparada con áreas no urbanas. Lo anterior no obstante que el principal elemento presente en las emisiones vehiculares en Venezuela –hasta el año 2005– fue el Pb, debido a que hasta esa fecha fue utilizada la gasolina con plomo y





posteriormente su uso se restringió como ocurrió en Japón desde 1975 y desde 1995 en los Estados Unidos de América y otros países de Europa; en virtud de ello, las concentraciones de este elemento han decrecido drásticamente en zonas urbanas.

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-166-SEMARNAT-2014, Control de emisiones atmosféricas en la fundición secundaria de plomo, consideró necesario establecer límites en la concentración de este contaminante a la atmósfera, toda vez que entre las emisiones que es preciso controlar y reducir, se encuentran las que provienen de aquellas actividades en las que se maneja el plomo, ya que éste es un elemento que es tóxico, persistente y bioacumulable, por lo que es necesario llevar a cabo la prevención y el control de estas emisiones, pues ello contribuirá a evitar el deterioro de la calidad del aire. De modo que la NOM establece como límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera, aplicables a la fundición secundaria de plomo en fuentes fijas existentes, el de 14 mg/m³ a la entrada en vigor de la NOM (marzo del 2015), 2 mg/m³ a partir del cuarto año posterior a la entrada en vigor de la NOM (marzo del 2019) y de 0.2 mg/m³ f a partir del octavo año posterior a la entrada en vigor de la NOM (marzo 2023).

De igual modo señala que los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera, aplicables a la fundición secundaria de plomo en fuentes fijas nuevas, debe ser de 0.2 mg/m³ f con una frecuencia de medición de 4 veces/año.

Conviene en este punto, citar lo expresado por los artículos 116, 117 y 119 fracción I y I Bis de la Ley General de Salud, que regulan las normas, medidas y actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente; pues en ellos se dispone que le corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia, desarrollar investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que para la salud de la población origine la contaminación del ambiente, y así mismo, formular programas para la atención y control de los efectos nocivos del ambiente en la salud. De modo tal que, aunque la NOM precitada puntualiza que la vigilancia del cumplimiento de los límites permisibles de plomo en este aspecto, es responsabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, ya sea ejerciendo la revisión documental o mediante pruebas realizadas por ella misma; resulta necesario llevar a cabo un trabajo conjunto ahora a través de la Secretaría de Salud, respecto de los efectos en la salud humana, de la presencia de tales concentraciones de este contaminante en el aire, que además de determinar su calidad, podrían ser

indicadores de la salud de una colectividad pero sobre todo, de las tendencias en daños a la salud que se generan por la exposición de las poblaciones a este contaminante.

En el desarrollo de los programas y estrategias que los gobiernos nacionales y locales generan en torno a la calidad del aire, el componente en materia de Salud Pública debe ser la piedra angular que obligue a los gobernados, a su cumplimiento, pues la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre y la prevención y el control de enfermedades no transmisibles, como son las originadas por la contaminación atmosférica, se erigen de acuerdo con las fracciones XIII y XVI respectivamente del artículo 3 de la Ley General de Salud como materia de salubridad general, esto es, que existe un interés superior para hacer efectivo el derecho a la salud en ese amplio sentido del completo equilibrio bio-psico-social y no solo la ausencia de enfermedad, máxime si el sector salud encuentra en el Saneamiento Básico, el sustento legal para el ejercicio de actividades preventivas promovidas entre la comunidad, así como las de Fomento Sanitario entre los fabricantes de productos y prestadores de servicios sujetos de control sanitario, justamente para garantizar el cumplimiento de normas que no tienen más interés que el de la protección de la salud humana.

En noviembre del año 2019, la SEMARNAT publicó la nueva Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la Obtención y Comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, cuya vigencia inició a los 90 días naturales posteriores a su publicación, es decir, el pasado 18 de febrero de 2020, teniendo como objetivo fundamental, informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición. Pero no obstante que la NOM reitera las definiciones contempladas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), relativas a calidad del aire, contaminantes y concentración, establece que aplicará para los contaminantes criterio, excepto para el plomo (Pb).

Ante esta determinación de la autoridad federal para excluir de la comunicación de riesgos al plomo, se entendería que no es un elemento que pudiera determinar la calidad del aire y que en consecuencia, no implica un riesgo para la salud; de hecho, en el Estado de México opera desde 1993 una red automática de monitoreo atmosférico para la zona metropolitana del valle de Toluca (RAMA de la ZMVT), con el propósito de medir de manera permanente los principales contaminantes atmosféricos y parámetros meteorológicos como ozono, bióxido de azufre,





bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas suspendidas fracción respirable PM10, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, precipitación pluvial, presión atmosférica, temperatura y radiación solar pero no al Plomo, en el área con mayor densidad poblacional dentro del valle y con esta información, conocer la calidad del aire en la misma.

De conformidad con lo dispuesto por la Ley General de Salud, en México, la Secretaría de Salud es el órgano responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud y con ello establecer los límites permisibles de concentración de los contaminantes en la atmósfera, buscando proteger la salud humana. Así es como han nacido las normas oficiales mexicanas para calidad del aire, que establecen concentraciones aceptables para la población en términos de los riesgos que los contaminantes representan para la salud humana. En los últimos diez años, la autoridad sanitaria ha pugnado por homologar los límites máximos permisibles de los contaminantes criterio fijados para México, con los emitidos por la OMS, lo que ha permitido actualizar algunas de estas normas de calidad del aire, sin embargo, la correspondiente al plomo, la Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con

respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de Plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población", aunque sigue vigente para el año 2020, fue publicada el 23 de diciembre de 1994, lo que evidencia su inoperancia actual, en virtud de que esta Norma continúa asumiendo que una de las maneras como se ha utilizado al plomo de forma particularmente frecuente es como tetraetilo de plomo (antidetante de las gasolineras) y de ahí su vertimiento a la atmósfera, no obstante conceder que el plomo es uno de los metales pesados más difusamente distribuidos en toda la superficie de la Tierra y consecuentemente el riesgo de exposición de la población en general es muy variado. En tal sentido, dispone que la concentración de plomo, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de tres meses promedio aritmético, como protección a la salud de la población susceptible.

En contraste la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) con base en su revisión de los criterios de calidad del aire para el plomo (Pb), el 16 de septiembre de 2016 emitió la decisión de retener las normas existentes de 2008 sin revisión, lo que deja los estándares de Pb primario y secundario en 0.15





microgramos por metro cúbico de Pb en partículas suspendidas totales como un promedio de 3 meses.

Solo para insistir en la importancia de la presencia del plomo en la calidad del aire, se mencionan algunos de los efectos a la salud causados por el plomo: envenenamiento infantil con plomo, que continúa siendo un gran problema de salud ambiental en los Estados Unidos. El plomo puede entrar al organismo si las personas se llevan a la boca las manos u otros objetos cubiertos con polvo de plomo; comen partículas de pintura o tierra que contengan plomo: respiran el polvo de plomo (especialmente durante las renovaciones que alteran las superficies pintadas).

El plomo es aún más peligroso para los niños que para los adultos porque los bebés y los niños pequeños se llevan las manos y otros objetos a la boca con frecuencia. Dichos objetos pueden estar cubiertos de polvo que contiene plomo. El cuerpo en crecimiento de los niños absorbe más plomo. A esta edad el cerebro y el sistema nervioso de los niños son más sensibles a los efectos dañinos del plomo. Si no es detectado temprano, los niños con altos niveles de plomo en sus cuerpos pueden sufrir daño al cerebro y al sistema nervioso, problemas de comportamiento y de aprendizaje (como hiperactividad), crecimiento retardado, problemas con el sentido del oído, dolores de cabeza.

Pero también las personas adultas pueden padecer los efectos dañinos del plomo, al presentar problemas reproductivos (en hombres y mujeres), presión alta e hipertensión, desórdenes nerviosos, problemas de memoria y concentración y dolores musculares y articulares.

Conclusiones

Como ha quedado evidenciado, la calidad del aire que respiramos resulta fundamental para el sano desarrollo de los pequeños y pequeñas pero también de las personas adultas, sobre todo en las comunidades urbanizadas en las que la gran modernidad ha ocasionado el consumo desmedido de combustibles fósiles; el modelo consumista no repara en el daño ambiental que se provoca tan solo cuando se realizan modificaciones a las infraestructura urbana, favoreciendo el desprendimiento de partículas de plomo aunado al escaso interés por parte de la sociedad civil organizada y las autoridades sanitarias y ambientales para identificar la necesidad de contar con marcos normativos actualizados y acordes a la actual evidencia científica, sobre todo respecto de los límites en sus concentraciones, que los hacen menos peligrosos para los biosistemas que habitan en sitios con tal problema.

Es necesario que el Sistema Estatal de Salud, en el que quedan incluidas la autoridades en materia ambiental y el sector académico, generen trabajo coordinado que favorezca la investigación en materia de calidad del aire y los límites de cada contaminante criterio incluido el plomo, que demuestren generar el menor impacto posible en la salud de la población.

De igual modo es necesario que el sistema estatal de vigilancia epidemiológica, incluya un capítulo específico en materia de salud ambiental y daños a la salud por contaminación atmosférica, a fin de recabar la información suficiente que permita generar modelos epidemiológicos relativos a las tendencias que siguen los padecimientos relacionados con la calidad del aire, y con ello estar en posibilidad de tomar decisiones que constituyan políticas públicas para la protección de la salud de los mexicanos.

La Secretaría de Salud del Estado de México debe continuar participando en la elaboración, operación y evaluación de los Programas locales y regionales de calidad del aire, que coordinadamente elabore la autoridad ambiental estatal, con objeto de consolidar un sistema de vigilancia epidemiológica que aborde los problemas de salud derivados de la presencia de contaminantes como el plomo, por su incidencia en la calidad del aire como resultado de las actividades humanas.

Es fundamental que la Secretaría de Salud, incluida en el PROAIRE 2018-2030, analice la necesidad de realizar estudios de cohorte o metaanálisis, que son los recomendados por la OMS para evaluaciones de impacto en la salud humana, de las zonas de mayor densidad de población vulnerable en el Estado, por ser justamente aquellas en donde se encuentra la mayor concentración de centros de servicios para la educación, salud y asistencia social, y que así mismo, se refieran principalmente a grupos vulnerables.

Es necesario que la Secretaría de Salud diseñe un programa de capacitación específico en materia de salud ambiental y que aborde a la calidad del aire, a fin de establecerlo como obligatorio para el personal de la salud de los sectores público, social y privado, tendiente a visibilizar la necesidad de considerar a este determinante de la salud, como un elemento fundamental en el interrogatorio a todo paciente, que a su vez, quede asentado en expediente clínico y forme parte de la información en salud para el estudio de casos y posterior evidencia científica.





Referencia bibliográfica

1. OMS. Calidad del aire y salud. 02/Mayo/2018. Disponible en [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
2. LENNTECH. La biblioteca de preguntas relacionadas con el aire. <https://www.lenntech.es/faq-calidad-del-aire.htm#ixzz6NW7NcM7u>
3. EPA. Aprenda acerca del Plomo. <https://www.epa.gov/lead/learn-about-lead>
4. OMS. Intoxicación por plomo. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
5. Machado, Ananí y cols. Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. Venezuela 2008. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v24n4/v24n4a3.pdf>

Bibliografía

- OMS. Calidad del aire y salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- COFEPRIS. Clasificación de los contaminantes del aire ambiente. Consultado [23 marzo 2020] Disponible en <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/2-clasificacion-de-los-contaminantes-del-aire-ambiente>
- SEMARNAT. Calidad del aire: una práctica de vida. México 2013. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- OMS. Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- SEMARNAT. Principales Factores de Riesgo para la Salud Humana. México Diciembre 2017. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/salud-ambiental>
- LENNTECH. La biblioteca de preguntas relacionadas con el aire. <https://www.lenntech.es/faq-aire-y-salud.htm#ixzz6NWUsl1cj>
- SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (pb). Valor normado para la concentración de plomo (pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población". DOF. 23 de diciembre de 1994. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4780245&fecha=23/12/1994
- EPA. Normas nacionales de calidad del aire ambiente (NAAQS) para plomo (Pb). <https://www.epa.gov/lead-air-pollution/national-ambient-air-quality-standards-naaqs-lead-pb>



Contaminación Atmosférica y Salud Humana.

Vargas Hernández Joel Alberto,² Hinojosa Juárez Araceli Consuelo,¹ Mendieta Zerón Hugo.²

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades, Coordinación de Regulación Sanitaria.¹
Universidad Autónoma del Estado de México.²

Resumen

La contaminación atmosférica tiene un fuerte impacto en la salud de las personas, así como afecta de forma importante los aspectos económicos de las sociedades humanas, sin dejar a un lado la alteración que está provocando en el clima del planeta y sus ecosistemas.

Palabras Claves: Contaminación atmosférica, Salud.

Summary

Air pollution has a strong impact on people's health, as well as significantly affect in the economic issues of human societies, without leaving aside the alteration it is causing in the planet's climate and ecosystems.



Fuente: www.freepik.com

Introducción

A la humanidad se le está comparando como una fuerza geológica capaz de provocar cambios globales. Como especie, hemos modificado nuestro entorno natural durante muchas generaciones, para tener mejores condiciones de supervivencia

y desarrollo. Sin embargo, la afectación humana en el medio ambiente es palpable, tal como la contaminación del aire y del agua, la acidificación de los océanos, el cambio en el uso de la tierra, la pérdida de biodiversidad, entre otros. Muchos de





estos cambios ambientales, provocados por el hombre, están interconectados de manera tal que pueden perturbar el complejo sistema que posee el planeta de formas insospechadas.^{2,3,14,15,19}

Desde mediados del siglo pasado, la humanidad ha venido transformando el entorno de forma exponencial, tal que muchos de estos cambios no tienen precedentes y en algunos casos pueden considerarse como irreversibles. Uno de los ambientes donde la humanidad ha provocado cambios está en la atmósfera. La contaminación atmosférica puede provocar un efecto indeseable en los humanos, animales o la vegetación. Este tipo de contaminación es un fenómeno en que la concentración de ciertos tipos de sustancias, que se encuentran presentes en la atmósfera, están por encima de sus niveles normales; provocando alteraciones en la calidad del aire. La contaminación del aire puede tener, además, un fuerte impacto en la salud de la humanidad, así como en términos económicos para la sociedad.¹⁶

La contaminación atmosférica es un problema que ha acaparado una creciente atención, tanto a nivel nacional como internacional. La preocupación pública ha ido aumentando, logrando que muchos países tengan regulaciones cada vez más estrictas respecto a las emisiones de contaminantes a la atmósfera, derivadas de las actividades humanas.

Por otro lado, muchas de las sustancias presentes en el aire también proceden de fuentes naturales (plantas, animales y ciertas actividades naturales), las cuales provocan contaminación. Por ejemplo: los animales exhalan dióxido de carbono; las plantas en descomposición producen metano, la actividad volcánica expulsa cantidades importantes de dióxido de azufre.

Contaminación atmosférica y salud

El término contaminación atmosférica se puede delimitar a la circunstancia donde en la atmósfera se encuentran presentes ciertos compuestos o sustancias en concentraciones que son perjudiciales para el hombre y/o el medio ambiente.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que aproximadamente 3.7 millones de muertes prematuras en todo el mundo, serán debido a la exposición por contaminación atmosférica cada año. Siendo que para 2050 esta mortalidad prematura podría duplicarse, además de que la contaminación atmosférica podría considerarse como la causa principal de mortalidad prematura.^{7,10,12}

Los efectos en la salud humana, por la contaminación atmosférica, van desde cuestiones subclínicas y/o con cierta sintomatología, hasta una mayor morbilidad y mortalidad (fig. 1). La exposición,

tanto aguda como crónica, a contaminantes presentes en el aire, de acuerdo con diferentes investigaciones, se ha asociado positivamente con enfermedades respiratorias y cardiovasculares; así como a cáncer de pulmón.^{1,10,17}

Sin embargo, existe evidencia en diversas investigaciones, tanto epidemiológicas como toxicológicas, que no hay una sola

fuentes de contaminación atmosférica a la que se le pueda atribuir exclusivamente todos los efectos en salud humana reportados.^{4,13}

La contaminación ambiental puede afectar la salud humana en algunas de las siguientes formas:⁵

- La exposición alta o intensiva a materiales o agentes tóxicos pueden causar efectos agudos inmediatos sobre la salud.
- El bajo nivel de exposición a materiales o agentes tóxicos pueden causar alguna enfermedad aguda o crónica mucho después de la exposición.
- Las exposiciones prolongadas pueden causar algún cambio genético.
- Una menor resistencia a infecciones.
- Producir irritación, molestias o incomodidad.
- Contribuir al agravamiento de alguna enfermedad existente.
- Provocar condiciones que eviten el bienestar físico, mental o social.



Figura 1. Representación piramidal del efecto en la salud asociada con la contaminación del aire.⁹

El cambio producido en las concentraciones de diferentes sustancias en la atmósfera, contaminación del aire, también resulta en un aumento de otras enfermedades relacionadas, lo que conlleva a una reducción en la esperanza de vida y a un aumento en el gasto en la atención de la salud: elevando los costos en la calidad de vida de las personas.⁶





La contaminación atmosférica representa, de igual forma, una amenaza para el medio ambiente, que está afectando a una gran cantidad de ecosistemas a través de diversos procesos (ejemplo: acidificación) (Fig. 2) que puede conducir a una pérdida de biodiversidad y finalmente detrimento del ecosistema.⁸

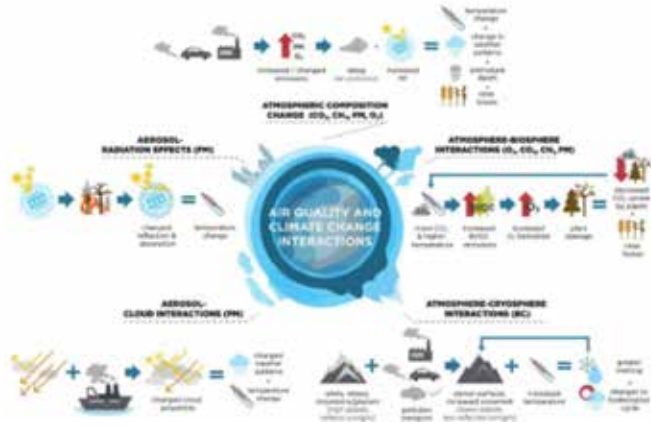


Figura 2. Resumen de las principales categorías de interacciones de la calidad del aire, cambio climático y su retroalimentación.²¹

Dentro de la historia humana reciente, los países con economías más desarrolladas son los considerados como mayores contaminadores en el mundo. Sin embargo, las políticas y las fuertes regulaciones iniciadas en la década de 1980 han llevado a una reducción importante de la contaminación atmosférica, principalmente en estos países, mejorando significativamente la calidad del aire. Por otro lado, los países en vías de desarrollo han visto un rápido incremento de sus niveles de contaminación del aire en las últimas décadas derivado del crecimiento económico y los bajos controles regulatorios. Muchos de estos países (por ejemplo, China, India) tienen un gran número de centros urbanos importantes con aire altamente contaminado. Impulsados por las preocupaciones en salud pública, se espera que estos países en desarrollo reviertan sus tendencias de emisiones contaminantes para garantizar un aire más limpio a sus ciudadanos. Sin embargo, el éxito de estas políticas es incierto y depende mucho de los esfuerzos de cada país. Para los años venideros, se espera que existe una gran diferencia en emisiones totales siendo muy probable que esa diferencia equivalga a millones de vidas salvadas cada año.¹⁸



Fuente: www.freepik.com





Referencias bibliográficas

1. Beelen R, and 75 et al., 2014. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: An analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *The Lancet* 383: 785-795. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)62158-3.
2. Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415(6867), 23-23.
3. Crutzen, P. J. (2006). The "anthropocene". In *Earth system science in the anthropocene* (pp. 13-18). Springer Berlin Heidelberg.
4. Delfino, R.J., C. Sioutas, and S. Malik, Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect*, 2005. 113(8): p. 934-46.
5. Giroult P, 1984. Human Exposure to Chemicals from Multiple Media and Through Multiple Pathways. *Journal of Clinical Investigation*, Vol 39.
6. Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, Herry M, Horak Jr F, Puybonnieux-Texier V, Quénel P, Schneider J, Seethaler R, Vergnaud JC, Sommer H., 2010. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet* 356: 795-801. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02653-2.
7. Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A., 2014. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 525: 367-371. DOI: 10.1038/nature15371.
8. Lovett GM, Tear TH, Evers DC, Findlay SEG, Cosby BJ, Dunscomb JK, Driscoll CT, Weathers KC., 2009. Effects of Air Pollution on Ecosystems and Biological Diversity in the Eastern United States. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1162: 99-135. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04153.x.
9. OMS, Organización Mundial de la Salud, 2006. Air Quality Guidelines. Global Update 2005.
10. OMS, Organización Mundial de la Salud., 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report. 309 pp.
11. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development., 2012. Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction; OECD Publishing: Paris (France). 350 pp. DOI: 10.1787/9789264122246-en.
12. Pope, C.A., 3rd and D.W. Dockery, Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc*, 2006. 56(6): p. 709-42.
13. Revkin A. (1992) *Global warming: understanding the forecast* (American Museum of Natural History, Environmental Defense Fund, Abbeville Press, New York, NY).
14. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... & Nykvist, B. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
15. Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons.
16. Shah ASV, Langrish JP, Nair H, McAllister DA, Hunter AL, Donaldson K, Newby DE, Mills NL., 2013. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet* 382: 1039-1048. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60898-3.
17. Smith, S. J., Aardenne, J. V., Klimont, Z., Andres, R. J., Volke, A., & Delgado Arias, S. (2011). Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850–2005. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(3), 1101-1116
18. Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1938), 842-867
19. Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., & Folke, C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
20. von Schneidmesser E, Monks PS, Allan JD, Bruhwiler L, Forster P, Fowler D, Lauer A, Morgan WT, Paasonen P, Righi M, Sindelarova K, Sutton MA., 2015. Chemistry and the Linkages between Air Quality and Climate Change. *Chemical Reviews* 115: 3856-3897. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00089.



Contaminación por Dióxido de Nitrógeno (NO²).

García Campos Elsa Esther, María de Jesús Mendoza Sánchez, Torres Meza Víctor Manuel .

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Resumen

El NO₂ y diversos óxidos de nitrógeno en el aire exterior contribuyen a la contaminación de partículas en el aire y también a las reacciones químicas que produce el ozono. Este contaminante se forma de los combustibles fósiles como el carbón, petróleo, gas o diesel cuando se quema a altas temperaturas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere que es uno de los seis contaminantes atmosféricos más importantes, por lo que exhorta a monitorearlo y vigilar el cumplimiento de los límites establecidos para proteger la salud de los seres vivos. Estudios clínicos en animales y ambientales, han demostrado que el NO₂ es un gas tóxico que ocasiona daños importantes al organismo. El NO₂ también puede formarse en espacios intramuros cuando se queman combustibles fósiles como la madera o el gas natural. Los estándares internacionales señalan que no se debe exceder de 40 µg/m³ media anual y/o 200 µg/m³ media de una hora. En la actualidad derivado de la pandemia por el COVID19 y como parte de las medidas de distanciamiento social, el resguardo y no uso de la flota vehicular y la industria, en varios países europeos y en China principalmente se han estudiado los niveles de NO₂ encontrando una disminución significativa de este contaminante, con la consecuente mejora en la calidad del aire para las poblaciones.

Palabras clave: contaminación ambiental por NO₂, contaminación del aire exterior por NO₂, contaminación del aire interior por NO₂, guía de contaminantes criterio de la OMS, enfermedades derivadas de No₂, nasa y NO_x.

Summary

NO₂ and various nitrogen oxides in the outdoor air contribute to the contamination of particles in the air and also to the chemical reactions that ozone produces. This pollutant is formed from fossil fuels such as coal, oil, gas, or diesel when burned at high temperatures. The World Health Organization (WHO) mentions that it is one of the six pollutants that calls for monitoring and respecting the indicated standards to protect the health of living beings, it has been shown in clinical, animal and environmental studies that it is a toxic gas that causes significant damage to the body. NO₂ can also form indoors when fossils such as wood or natural gas are burned. International standards mention that it should not exceed 40 µg / m³ annual mean and / or 200 µg / m³ average one hour. Currently derived from the pandemic by COVID19 and as part of the social distancing measures, the protection and non-use of the vehicle fleet and industry, in several European countries and in China, they have mainly studied the levels of NO₂ where it has been seen a very significant decrease in this pollutant, improving air quality for the populations.

Desarrollo

El grupo de óxidos de nitrógeno son compuestos de nitrógeno y oxígeno, a veces conocidos colectivamente como gases No_x. Los dos óxidos de nitrógeno más comunes y peligrosos son el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno. El óxido nitroso es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, generalmente emitido desde el escape de los vehículos motorizados y la quema de carbón principalmente de las plantas de energía eléctrica, e incluso de emisiones provenientes de la producción de cigarrillos, de estufas de gas, calentadores de queroseno, leña y silos en el proceso de ensilaje.

Este contaminante reacciona con la luz solar y otros químicos para formar el conocido como smog, que no es otra cosa más

que la combinación de humo, niebla y diversas partículas que se encuentran en la atmósfera de lugares con elevados índices de contaminación. El fenómeno se produce cuando el aire se estanca por un periodo extendido de alta presión y las partículas contaminantes quedan flotando en las capas atmosféricas inferiores por su mayor densidad.^{1,2}

La Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de Norteamérica, informa que el NO₂ y otros NO_x interactúan con el agua, el oxígeno y otros químicos en la atmósfera para formar lluvia ácida, esto es preocupante porque la lluvia ácida daña ecosistemas sensibles como lagos y bosques. Por ejemplo, la contaminación por nitrógeno en aguas costeras





Fuente: www.freepik.com

es en parte, responsable de la disminución de las poblaciones de peces y mariscos en algunas áreas. Aunque la agricultura y las aguas residuales generan contaminación por nitrógeno, gran parte del nitrógeno producido por la actividad humana que llega a las aguas costeras proviene de la atmósfera.³

Los efectos al medio ambiente por este grupo de NO_x se refieren también a la destrucción de la capa de ozono atmosférico, además contribuyen a la aparición del efecto invernadero cuando reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles.⁴

El Dióxido de Nitrógeno (NO₂) se utiliza como indicador para el grupo más grande de óxidos de nitrógeno. Se le ha clasificado como uno de los contaminantes criterio porque forma parte de los principales contaminantes que afectan a la salud humana y a los ecosistemas. Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), como contaminante atmosférico, el NO₂ es la fuente principal de los aerosoles de nitrato, que constituyen una parte importante de las PM_{2.5} y, en presencia de luz ultravioleta, del ozono y así mismo reitera que las principales fuentes de emisiones antropogénicas de NO₂ son los procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos y barcos).

Para la OMS resulta necesario el estudio y abordaje de la problemática que constituye la contaminación atmosférica, toda

vez que las personas que viven en países de ingresos bajos y medianos soportan desproporcionadamente la carga de la contaminación del aire de exteriores, pues el 91% de los 4,2 millones de muertes prematuras por esta causa se producen en países de ingresos bajos y medianos, principalmente de las Regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS. Las últimas estimaciones de la carga de morbilidad reflejan el importantísimo papel que desempeña la contaminación del aire en las enfermedades cardiovasculares y las muertes. Cada vez hay más pruebas que demuestran los vínculos entre la contaminación del aire ambiente y el riesgo de enfermedad cardiovascular, incluidos estudios realizados en zonas muy contaminadas.

La OMS estima que en 2016, aproximadamente el 58% de las muertes prematuras relacionadas con la contaminación atmosférica se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, mientras que el 18% de las muertes derivaron de enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infecciones respiratorias agudas, y el 6% de las muertes relacionadas al cáncer de pulmón.

Especialmente respecto al NO₂, la OMS refiere que en concentraciones de corta duración superiores a 200 mg/m³, es un gas tóxico que causa una importante inflamación de las vías respiratorias. Estudios epidemiológicos han revelado que



los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada al NO₂. La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO₂ registradas (u observadas) actualmente en ciudades europeas y norteamericanas.

La evidencia existente menciona que entre los daños a la salud asociados con NO₂, los relativos a los sistemas respiratorio y visual son particularmente usuales, causando aparición de enfermedades respiratorias crónicas y cerebrovasculares, tos y asfixia, náuseas, dolor de cabeza, dolor abdominal y dificultad para respirar. Los efectos atribuidos a altas concentraciones de contaminantes en el aire se asocian con mutaciones congénitas, daño en el desarrollo fetal, disminución de la fertilidad femenina, hinchazón de garganta, corazón dilatado e incluso la muerte.⁵

Otro estudio demostró que las personas con cáncer de pulmón estaban en mayor riesgo si se exponían a la presencia de NO₂, ozono y otros contaminantes del aire exterior. Así mismo se ha relacionado con daño cardiovascular, menor peso al nacer en los recién nacidos y riesgo de muerte prematura.^{6,7,8,9,10}

Ante el surgimiento a finales del año 2019 de un nuevo coronavirus denominado SARS COV-2 que para marzo del año 2020 ya había ocasionado que se decretara a la enfermedad COVID-19 como una pandemia que ha paralizado al mundo, el conocimiento paulatino del comportamiento de este padecimiento y su probable relación en el medio ambiente, está llevando al análisis de los resultados clínicos de pacientes muertos con resultado positivo a COVID19; ya que al tratarse de una enfermedad respiratoria aguda que puede provocar neumonía con síntomas como fiebre, tos y disnea, la presunción de que pudiera inferirse al síndrome de tormenta de citoquinas también conocido como hipercitoquinemia como causa fundamental de muerte, está siendo apoyada por el Instituto Italiano de Salud y otros autores. Por lo tanto, asociando a la exposición a larga duración de NO₂ en países con altas concentraciones de contaminantes atmosféricos ambientales, es muy probable que este determinante ambiental contribuya a las muertes por COVID19.¹¹

Lo inesperado de esta pandemia y que ya se ha mencionado en otros estudios, es que los satélites de monitoreo de contaminación de la NASA y la Agencia Espacial Europea (ESA) han detectado disminuciones significativas de dióxido de nitrógeno (NO₂) en China, obviamente como resultado de la desaceleración





económica que siguió al brote de coronavirus.¹² De hecho, se fortalece esta observación a través de los nuevos datos que el satélite Copernicus Sentinel-5P revelan respecto a la disminución de la contaminación del aire, específicamente para las concentraciones de dióxido de nitrógeno, sobre el norte de Italia, dado el bloqueo nacional impuesto para evitar la propagación del nuevo coronavirus.¹³

La propia OMS ha reiterado que se debe incluir a la contaminación del aire, en el abordaje de todos los factores de riesgo de las enfermedades a fin de proteger la salud pública, porque la mayoría de las fuentes de contaminación del aire exterior están más allá del control de las personas, lo que hace evidente la necesidad de contar con políticas públicas locales y nacionales que impacten en sectores fundamentales como es el del transporte, la gestión de residuos energéticos, la construcción y agricultura, entre otros. En el esfuerzo de lograr consensos que permitan homologar la medición, monitoreo y evaluación de la calidad del aire, la OMS emitió en el año 2005. Las Directrices sobre Calidad del Aire, con el fin de ofrecer orientación general relativa a umbrales y límites para contaminantes atmosféricos clave que entrañan riesgos sanitarios, incluidos los parámetros para NO₂.

Estas Directrices son de aplicación a nivel mundial y se basan en la evaluación, realizada por expertos, de las pruebas científicas vigentes concernientes a los denominados contaminantes criterio: partículas (PM), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂). Actualmente se encuentran en proceso de revisión y la publicación de la versión actualizada estaría prevista para 2020.

Conclusión

Dada la evidencia mostrada sobre el riesgo a la salud y el conjunto de los NO_x como parte de los contaminantes atmosféricos del aire exterior e interior y donde estudios epidemiológicos han confirmado la relación existente entre la exposición y diversas enfermedades como el asma, el deterioro pulmonar y enfermedades respiratorias en población vulnerable como niños y adolescentes, así como problemas cardiovasculares, cerebrovasculares y otros más complejos como los congénitos y el riesgo de muerte prematura, existe la necesidad de que en México se actualicen los límites permisibles de contaminantes atmosféricos y de igual modo se generen estrategias para asegurar el cumplimiento inherente a los límites recomendados por la OMS con el fin de disminuir principalmente las emanaciones originadas por vehículos motorizados y la industria.

La participación del Estado en la generación y/o actualización de normas y regulaciones en materia de calidad del aire, debe

garantizar el derecho de la población a un ambiente sano en el que se desarrollen no solo las actividades productivas, educativas y sociales de la población, sino la vida misma, al protegerse a la salud como un bien fundamental de las personas que están expuestas de manera continua e involuntaria a los contaminantes atmosféricos.

La participación comunitaria en la problemática de la calidad del aire debe comprender al conocimiento de estrategias relativas al monitoreo atmosférico, sobre todo en las zonas urbanas, para identificar aquellos contaminantes que repercuten en la salud humana y ambiental, así como las medidas que deben adoptarse para contribuir a la disminución de su generación y el impacto en poblaciones vulnerables.

Es fundamental la inclusión del sector académico en el estudio de la carga de la enfermedad por presencia de NO₂ en el aire, incluyendo su contribución en nuevos padecimientos como es la COVID-19 y para lo cual, el sistema de salud estatal debe garantizar la existencia de recursos que permitan el uso de información epidemiológica de calidad, la infraestructura en esquemas de vigilancia centinela y la capacidad operativa para el estudio de brotes y aplicación de pruebas de laboratorio, en su caso.





Referencias bibliográficas

1. Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado: 2014. Actualizado: 2016. DEFINICION.DE. Disponible en <https://definicion.de/smog/> Consultado [14 mayo 2020].
2. OMS. "Guías de Calidad del Aire". Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=8957016CD35A42C1B3ACF5DB23FBA25C?sequence=1
3. EPA. "Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution". Disponible en: <https://www.epa.gov/no2-pollution>
4. Air Pollution Information System. "Nitrogen Oxides (NO_x)" Disponible en: http://www.apis.ac.uk/overview/pollutants/overview_nox.htm
5. American Lung Association. "Nitrogen Dioxide". Disponible en: <https://www.lung.org/clean-air/outdoors/what-makes-air-unhealthy/nitrogen-dioxide>
6. Sociedad Española de Alergología e inmunología Clínica. "Contaminación Ambiental y Asma Infantil". Disponible en: <https://www.seaic.org/profesionales/blogs/alergia-infantil/contaminacion-ambiental-y-asma-infantil-estamos-perjudicando-a-nuestros-ninos.html>
7. Hamra GB y cols. "Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis". Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25870974>
8. Collar P. y cols. "Short-term effects of nitrogen dioxide on hospital admissions for cardiovascular disease in Wallonia, Belgium". Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29288056>
9. Stieb DM. "Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis". Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22726801>
10. Richard W. Atkinson y cols. "Long-term Concentrations of Nitrogen Dioxide and Mortality" Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5991178/>
11. Elsevier. "Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality" Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720321215>
12. NASA. "Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China". Disponible en: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china>
13. The European Space Agency. Coronavirus: nitrogen dioxide emissions drop over Italy", Disponible en: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/03/Coronavirus_nitrogen_dioxide_emissions_drop_over_Italy



Contaminación por partículas PM 2.5

Hinojosa Rodríguez Mauricio Raúl.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades, Coordinación de Regulación Sanitaria.

Resumen

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estimó que 1 de cada 9 muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica (WHO, GBoD 2016). Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son material particulado (PM), que pueden inducir la reacción de la superficie y las células de defensa.

Los efectos que las partículas PM2.5, causan en la salud de las personas han estado históricamente asociados a enfermedades de tipo respiratorio y más recientemente también se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca ocupa el primer lugar a nivel nacional en contaminación por partículas suspendidas en el aire.

Por lo anterior, se hace necesario presentar evidencia a las autoridades del Medio Ambiente en el Estado de México sobre las afectaciones a la salud por exposición a partículas PM 2.5 como la OMS, que señala en su documento "Health Effects of particular Matter", sus estimaciones mundiales: el 3% de las muertes cardiopulmonares y el 5% de las muertes por cáncer de pulmón están asociadas a la exposición a estas partículas.

Summary

The World Health Organization estimated 1 in 9 deaths worldwide is the result of conditions related to air pollution (WHO, GBoD 2016). The most relevant air pollutants for health are particulate matter (PM), which can induce the reaction of the surface and defense cells.

The effects the PM2.5 particles cause in people's health have historically been associated with respiratory diseases and more recently, their effects on cardiovascular diseases have also been analyzed and demonstrated. According to the National Institute of Ecology and Climate Change, the Metropolitan Area of the Valley of Toluca ranks first in the nation for contamination by particles suspended in the air.

Therefore, it is necessary to present evidence to the authorities of the Environment in the State of Mexico on the health effects of exposure to PM 2.5 particles such as the World Health Organization (WHO), who indicates in its document "Health Effects of particular Matter", their estimates worldwide: 3% of cardiopulmonary deaths and 5% of deaths from lung cancer are associated with exposure to these particles.

Introducción

La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud humana en las Américas (WHO, 2016). La Organización Mundial de la Salud estimó que 1 de cada 9 muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica (WHO, GBoD 2016). Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son material particulado (PM), que pueden inducir la reacción de la superficie y las células de defensa.

La mayoría de estos contaminantes son el producto de la quema de combustibles fósiles, pero su composición puede variar según sus fuentes.

El material particulado es uno de los seis contaminantes criterio, de acuerdo con la EPA (United States Environmental Protection Agency por sus siglas en inglés) del aire respirable presente en la atmósfera de nuestras ciudades en forma sólida o líquida, las partículas PM2.5 están constituidas por aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2,5 micrómetros, es decir, son 100 veces más delgadas que un cabello humano, su origen está principalmente en fuentes de carácter antropogénico como las emisiones de los vehículos diesel.

A pesar de que no se miden en muchas ciudades, las partículas en suspensión de menos de 2,5 micras (PM2.5) parecen ser un





Fuente: www.freepik.com

mejor indicador de la contaminación urbana que las que se venían utilizando como las PM10 y los efectos que tienen sobre nuestra salud son muy graves, por su gran capacidad de penetración en las vías respiratorias.

Los efectos que las partículas causan en la salud de las personas han estado históricamente asociados a enfermedades de tipo respiratorio y más recientemente también se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular.

Las partículas PM2.5, por tanto, se pueden acumular en el sistema respiratorio y están asociadas, cada vez con mayor consistencia científica, con numerosos efectos negativos sobre la salud en los grupos más sensibles (niños, ancianos y personas con padecimientos respiratorios y cardiacos) pues corren más riesgo de padecer los efectos negativos de este contaminante.

Los efectos a la salud a corto plazo que resultan de la exposición a la contaminación del aire incluyen picazón en los ojos, la nariz y la garganta, sibilancias, tos, falta de aire al respirar, dolor en el pecho, dolores de cabeza, náuseas e infecciones respiratorias

superiores (bronquitis y neumonía). También exacerba el asma y el enfisema.

Los efectos a largo plazo incluyen cáncer de pulmón, enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias crónicas y alergias en desarrollo. La contaminación del aire también se asocia con ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares.

La contaminación por partículas también se relaciona con casos de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), crisis en asmáticos y aumento del riesgo de infarto al miocardio, entre otras.

Científicos en Canadá y los EE. UU., encontraron que la exposición a largo plazo a PM2.5 aumentó significativamente no solo las posibilidades de problemas cardiopulmonares sino también la mortalidad por cáncer de pulmón.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca ocupa el primer lugar a nivel nacional en contaminación por partículas suspendidas en el aire.





Las partículas penetran directamente al aparato respiratorio sin ser capturadas por sus mecanismos de limpieza, las partículas PM2.5 pueden penetrar hasta los alvéolos pulmonares.

Los riesgos a la salud asociados con las partículas en el área pulmonar son mucho mayores que el riesgo por las partículas que se quedan en la garganta.

El aumento en las concentraciones de partículas PM2.5 generalmente se ha relacionado con el incremento de visitas a servicios de urgencias, acrecentamiento de sintomatología respiratoria, hospitalización por incremento de los padecimientos respiratorios, bronquitis aguda en niños, bronquitis crónica en adultos y muerte prematura, principalmente en menores de edad y personas de la tercera edad.

Existe una relación entre el aumento de enfermedades respiratorias y el número de muertes asociadas con la exposición a partículas; ahora se cuenta con mayor evidencia sobre el efecto que tienen las partículas en el incremento de la mortalidad en relación con otros contaminantes.

Además un estudio sobre los trabajadores en los Estados Unidos en la industria del transporte de carga por carretera determinó que existe cada vez mayor riesgo de sufrir de cáncer del pulmón con el mayor número de años en el trabajo (Garshick et al., 2008).

Otro estudio sobre la inhalación de humo de diésel por adultos sanos no fumadores, encontró un aumento en la presión sanguínea y en otros disparadores potenciales de ataques al corazón y de embolias (Krishnan et al., 2013).

En un estudio efectuado por el Instituto de Efectos en la Salud (HEI, por sus siglas en inglés) en China se encontró que la contribución en la mortalidad por las fuentes de emisión de PM2.5 se atribuían en 21% a la quema de carbón en industrias, seguido de 19% a la quema de biomasa para calentamiento doméstico (HEI 2017).

Las personas que viven o trabajan cerca de caminos, puertos, patios de ferrocarril, terminales de autobuses o centros de distribución de camiones de carga pueden sufrir un alto nivel de exposición (US EPA, 2002; Krivoshto et al., 2008). Las personas que pasan una cantidad de tiempo significativo cerca de caminos muy transitados también pueden sufrir un alto nivel de exposición.

Discusión

Se ha encontrado que los tomadores de decisiones en contaminación del aire en Europa, utilizan métodos de evaluación de impacto en la salud, lo que les permite considerar esta

evidencia para incrementar en aproximadamente 20 meses la esperanza de vida, si la exposición a PM 2.5 a largo plazo se reduce a los niveles anuales de la OMS. Los niveles de PM 2.5 en exteriores son más propensos a elevarse en días con poco o nada de viento o mezcla de aire.

Los últimos trabajos científicos sugieren que este tipo de contaminación, y particularmente las partículas procedentes del tráfico urbano, está asociado con incrementos en la morbi-mortalidad de la población expuesta y al creciente desarrollo del asma y alergias entre la población infantil. Estas partículas de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) que los que componen. Todo ello hace que la evidencia científica esté revelando que las partículas PM2.5 tienen efectos más severos sobre la salud que las más grandes (PM10). Asimismo, su tamaño hace que sean más ligeras y por eso, generalmente, permanecen por más tiempo en el aire. Ello no sólo prolonga sus efectos, sino que facilita su transporte por el viento a grandes distancias.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), autoridad estatutaria independiente bajo la Ley de Protección del Medio Ambiente de 2017 de Australia, junto con el Departamento de Salud y Servicios Humanos, desarrollaron un sistema de siete categorías para el aire ahumado, con base en las concentraciones de PM2.5. Estas son:

- Baja, de 0 a 8.9 concentraciones de partículas PM2.5.
- Moderada, de 9.0 a 25.9.
- Insalubre para personas sensibles, de 26.0 a 39.9.
- Insalubre para todos, de 40.0 a 106.9.
- Muy insalubre para todos, de 107.0 a 177.9.
- Peligroso (alto), más de 177.9.
- Peligroso (extremo), más de 250.

La Agencia estableció los Estándares de Calidad del Aire Ambiental para PM 2.5 desde 1997 y los revisó en 2006 y en 2012 su última versión, mismos que se establecieron para proteger la salud pública.

A pesar de la evidencia contundente a favor de la relación causal entre la exposición a partículas finas (PM2.5) y efectos en la mortalidad y morbilidad, se ha establecido gradualmente que no solo las concentraciones del contaminante están vinculadas con el grado de impacto, sino también la composición de éstas partículas. Los principales constituyentes de las PM2.5 son los sulfatos de amonio, nitratos de amonio, materia orgánica carbonácea, carbono elemental y materia de corteza (EPA 2006). El nivel de riesgo individual está determinado también por diversos





factores que incluyen: la predisposición genética, edad, estado nutricional, presencia y severidad de condiciones cardíacas y respiratorias, y el uso de medicamentos; así como la actividad y el lugar de trabajo. En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de 5 años, las personas de la tercera edad (mayores de 65 años) y las personas vulnerables con enfermedades cardíacas, respiratorias, con diabetes y asmáticas.

La evidencia identificada para PM_{2.5} y sus efectos en mortalidad a largo plazo es la más amplia y consistente. En el estudio de Hoek et al (2013) se realizó un meta-análisis de los estudios epidemiológicos publicados hasta ese año sobre efectos a la mortalidad general, cardiovascular y respiratoria por exposición a largo plazo de PM_{2.5}, incluyendo análisis de la cohorte de la Sociedad Americana contra el Cáncer (ACS, por sus siglas en inglés) y nuevos estudios realizados en regiones como Asia. Los valores promedio y el intervalo de confianza (IC) del meta-análisis indicaron un incremento de 6% en el riesgo de mortalidad por causas generales (IC 95%: 4-8%) y de 11% (IC 95%: 5-16%) por causas cardiovasculares en la población mayor a 15 años.

El indicador de la materia particulada de diésel es diferente a otros indicadores de la contaminación del aire en CalEnviroScreen, en especial PM_{2.5}, que incluye carcinógenos conocidos, tales como el benceno y el formaldehído (Krivosht et al., 2008) y el 50% o más de las partículas se encuentran dentro del rango de ultra finas (US EPA, 2002).

Tenemos así que las emisiones provenientes de Fuentes Puntuales en el Estado de México en el año 2016 para PM 2.5 fueron 495 (tons/año) de fuentes estatales y 2,045 (tons/año) de fuentes federales mientras que las emisiones provenientes de fuentes en el Estado de México en el año 2016, de material particulado PM 2.5 fueron 15,435 (tons/año) de la quema de combustibles de fuentes estacionarias; de fuentes industriales ligeras y comerciales: 1,320 (tons/año); fuentes misceláneas 3,939 (tons/año) y fuentes agropecuarias 8,711 (tons/año).

El consumo energético del 2016 fue de 377.4 PJ (pentajoules), del cual, el 40.8% corresponde a las fuentes móviles (el doble que el de la industria), de este porcentaje, la gasolina representa el 68% del gasto energético y al diésel el 24%.





El análisis por tipo de contaminante indica que la combustión doméstica es la mayor emisora de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, su contribución se encuentra entre 34% y 42%, respectivamente, con respecto al total del contaminante. Esto se debe a que el combustible evaluado fue la leña principalmente, seguido por el gas L.P. En segundo lugar, encontramos las quemadas agrícolas con un 20% para PM₁₀ y 24% para PM_{2.5} dado que al igual que la leña, la quema de biomasa de residuos agrícolas emite altas cantidades de partículas de hollín como resultado de una combustión incompleta. Las ladrilleras participan en ambos tipos de partículas, mientras que los autobuses contribuyen a la emisión de PM_{2.5}.

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), se encontró que durante la época invernal, de noviembre a febrero, es común que se presenten inversiones térmicas debido a que el aire frío y caliente de la atmósfera se invierten. Esto impide la dispersión de contaminantes durante las primeras horas del día. Por esta razón, en las mañanas de invierno es frecuente observar una espesa capa de contaminación formada por las partículas suspendidas; además, la contribución de las fuentes puntuales por Jurisdicción en material particulado PM_{2.5} es del 22% de fuentes fijas Estatales y del 78% de fuentes fijas federales.

Un balance general indicó que el aumento de emisiones al 2030 se encuentra entre el 7 y el 19% dependiendo del contaminante. Aunado al notable aumento en las emisiones provenientes de fuentes móviles, se presenta un incremento en las emisiones PM_{2.5} que es de casi un 40% para el 2030.

De acuerdo con el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de México ProAire 2018-2030, en la entidad, los impactos evitables que se atribuyen a la contaminación atmosférica son de 94,098 IRA (Infecciones Respiratorias Agudas), 4,356 egresos cardiovasculares y 4,120 egresos respiratorios. La Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca tiene mayores impactos acumulados (en el escenario OMS) debido a que hay una mayor cobertura de población en esta zona metropolitana.

Actualmente, el análisis de las incidencias que se puede evitar en cuanto a la carga de morbilidad considera los efectos a corto plazo como Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), Egresos Hospitalarios por Causas Cardiovasculares y Respiratorias, debido al consenso que se tiene sobre su causalidad con los contaminantes analizados del PROAIRE y a que se cuenta con información epidemiológica de soporte para su análisis.

Conclusiones

Por lo anterior, se requieren acciones tanto de mitigación como de adaptación por lo que es importante tomar medidas congruentes más allá de la situación de emergencia que sirvan para reducir la contaminación en el mediano y largo plazo, en particular las emisiones generadas por el sector transporte que es el mayor consumidor de combustibles fósiles con más del 60% de la energía de una Ciudad, y que se relaciona con las mayores emisiones de partículas (PM_{2.5}) y otros contaminantes criterio.

En el Estado de México, se necesita un mayor control y en algunos casos, evitar el crecimiento urbano y se requiere revisar la NOM-015 que regula el uso de fuego en las prácticas agrícolas. Son necesarios más estudios epidemiológicos locales como evidencia para tomar medidas drásticas que mitiguen las afectaciones a la salud de la población especialmente en niños menores de 5 años que se encuentran en desarrollo.

Aun cuando existe un Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Estado de México, es necesario contar con un instrumento (Protocolo de Actuación) en el que se definan con claridad las formas de colaboración, corresponsabilidad y participación de los tres órdenes de gobierno, empresas, organizaciones sociales y la población en general, en las acciones de prevención y atención de contingencias ambientales relacionadas con el tráfico de vehículos e incendios forestales.

Es necesario presentar suficiente evidencia a las autoridades del Medio Ambiente en el Estado de México sobre las afectaciones a la salud por exposición a partículas PM_{2.5} como la Organización Mundial de la Salud (OMS), que señala en su documento "Health Effects of particular Matter", que estima que mundialmente, el 3% de las muertes cardiopulmonares y el 5% de las muertes por cáncer de pulmón están asociadas a la exposición a estas partículas.





Referencias bibliográficas

1. Contaminación del Aire Ambiental. OPS. 26 de octubre de 2019 https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es
2. Qué son las partículas PM2.5 y cómo afectan nuestra salud. 25 de octubre de 2019. <https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>
3. Contaminación en la Ciudad de México. Octubre 25 de 2019 <https://tec.mx/es/noticias/santa-fe/salud/contaminacion-en-cdmx-como-afectan-particulas-pm25-y-las-de-ozono>
4. International Association of Medical Assistance to Travelers (IAMAT) 2016. Conejos de Salud del País México. 25 de octubre de 2019. <https://www.iamat.org/country/mexico/risk/air-pollution>
5. International Association of Medical Assistance to Travelers (IAMAT) 2019. La contaminación del aire. México. 24 de octubre de 2019. <https://www.iamat.org/risks/air-pollution>
6. Hablemos de temporada de partículas. Comisión Ambiental de la Megalópolis. 25 de octubre de 2019 <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/hablemos-de-temporada-de-particulas?idiom=es>
7. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Los efectos en salud por la contaminación del aire. 25 de octubre de 2019. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/394/cap4.pdf>
8. Calidad del aire: PM 2.5. 26 de octubre de 2019. <https://oehha.ca.gov/media/downloads/calenviroscreen/report/ces3reports spanish.pdf#page=37>
9. Observatorio Ciudadano de la Calidad del Aire (OCCA) OCCA: Incendios muestran insuficiencias en la capacidad de reacción de autoridades y revelan los rezagos históricos para mejorar la calidad del aire. 26 de octubre de 2019 <https://elpoderdelconsumidor.org/wp-content/uploads/2019/05/b-pronunciamiento-occa-ante-contingencia-ambiental-zmvm.pdf>
10. FDA 2018. Area Contingency Planning (ACP) https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-08/documents/acp_handbook_8-28-18v2.pdf
11. Programa de Gestión para Mejora la Calidad del Aire en el Estado de México. PROAIRE. 2018 – 2030.



El dióxido de azufre (SO₂).

Flores Silva Víctor.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Resumen

El dióxido de azufre en la actualidad está considerado como uno de los principales precursores de la contaminación atmosférica, el cual se origina comúnmente por la combustión del carbón y el petróleo en las centrales termoeléctricas, las refinerías, la fundición de metales, los hornos, los motores diésel o las calderas de calefacción. Así mismo, de manera natural, el dióxido de azufre tiene su origen en las erupciones volcánicas u oceánicas (fumarolas). Si se la compara con las emisiones causadas por el ser humano (antropogénicas), su proporción es menor, pues se estima que el SO₂ de origen natural representa el 25% de la totalidad que llega a la atmósfera.

Por lo tanto, si partimos de la premisa que establece que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad uno de los factores de riesgo más importante para la salud de la población mundial, en este artículo se hace una revisión bibliográfica de la forma en que el dióxido de azufre está contribuyendo en la contaminación del medio ambiente y de la manera en que está poniendo en peligro la salud de la población.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, dióxido de azufre, riesgos a la salud.

Summary

Sulfur dioxide is currently considered one of the main precursors of air pollution, which is commonly caused by the combustion of coal and oil in thermoelectric plants, refineries, metal smelters, furnaces, diesel engines or heating boilers. Likewise, naturally, sulfur dioxide originates from volcanic or oceanic eruptions (fumaroles). When compared to human-caused emissions (anthropogenic), its proportion is lower, since it is estimated that SO₂ of natural origin represents 25% of the total that reaches the atmosphere.

Therefore, if we start from the premise that air pollution currently constitutes one of the most important risk factors for the health of the world population, this article makes a bibliographic review of the way in which dioxide of sulfur is contributing to the contamination of the environment and the way it is endangering the health of the population.

Introducción

En la actualidad vivimos en un medio ambiente invadido por un gran número de radiaciones y productos tóxicos que alteran nuestro entorno y terminan por dañar la salud; sin que nos demos cuenta van ocasionando que nuestro organismo se mantenga en un estado de constante adaptación. Sencillamente, la mayoría de las ocasiones no los podemos ver ni tocar, pero están en el medio ambiente y sus efectos son acumulativos. Al principio nos provocan pequeños síntomas cuya causa no logramos explicarnos, pero a la larga terminan desencadenando enfermedades graves, muchas de ellas degenerativas.

Por lo anterior se debe considerar que el medio ambiente en que vivimos afecta de manera directa a nuestra salud. Podemos estar afectados, sin saberlo, por productos químicos dispersos en el aire, en el agua o en el subsuelo, representando un constante y permanente riesgo para la salud.

Además, debemos estar conscientes que estamos saturados de radiaciones artificiales por el inevitable avance de la tecnología y cada día la cantidad de tóxicos que nos agreden es mayor.

Todos estos factores representan un riesgo constante que terminan dañando nuestros sistemas vitales. La mayoría de la población desconoce este problema y no puede hacer nada por combatirlo. No debemos pasar por alto que la salud es un derecho fundamental del ser humano y un instinto de todo ser vivo.

Entre estos agentes químicos podemos señalar al dióxido de azufre (SO₂), del cual haremos un estudio en el presente artículo, con el propósito fundamental de analizar e identificar la forma en que afecta a la salud de la población al encontrarse disperso en el aire, y que junto con otros agentes ocasionan las contingencias





ambientales en diversas ciudades de nuestro país y del mundo en general.

Definición

Existen diversas definiciones sobre el dióxido de azufre, sin embargo, para este artículo solo mencionaremos una de las más representativas.

El Instituto para la Salud Geoambiental (2013), en su artículo "El dióxido de azufre SO₂", nos menciona que el dióxido de azufre es un gas incoloro, irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0,3 a 1,4 partes por millón (ppm) y es perfectamente distinguible a partir de 3 ppm -partes por millón-. Su densidad es el doble que la del aire. No es un gas inflamable, ni explosivo y tiene mucha estabilidad, es muy soluble en agua y en contacto con ella se convierte en ácido sulfúrico. Consiste en un átomo de azufre y dos de oxígeno.

Es necesario mencionar que, durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Estos sulfatos forman parte del material particulado PM₁₀. En presencia de humedad el dióxido de azufre forma ácidos en manera de aerosoles y se produce una parte importante del material particulado secundario o fino (PM_{2.5}). El SO₂ es el responsable de la lluvia ácida.

De igual forma, es preciso señalar que tanto la exposición a sulfatos como a los ácidos derivados del SO₂, representan graves riesgos para la salud, al pasar directamente al sistema circulatorio humano a través de las vías respiratorias.

No debemos omitir señalar que, el SO₂ se produce por la combustión de materiales fósiles con un alto contenido en azufre, como el petróleo o el carbón, y también se genera en muchos procesos de la industria química. En forma líquida es un buen disolvente, y se utiliza también como conservante en algunos alimentos.¹

Consideraciones

El dióxido de azufre reviste una serie de propiedades que es importante conocer y analizar, entre las cuales podemos encontrar las siguientes:

El SO₂ no es inflamable, no es explosivo y es relativamente estable. Su densidad es más del doble que la del aire ambiental (2.62 g L⁻¹ a 25°C y 1 atm (Lide, 2003), y es altamente soluble en agua [85 g L⁻¹ (Gangolli, 1999)]. En contacto con membranas húmedas SO₂ forma ácido sulfúrico (H₂SO₄), que es responsable

de fuertes irritaciones en los ojos, membranas mucosas y piel (Komarnisky et al, 2003).

Cabe señalar que con regularidad la concentración de SO₂ en fumarolas volcánicas diluidas es < 10 ppm, tan poco como 10 km con viento a favor desde su origen, comparado con el antecedente troposférico de 0.00001-0.07 ppm (Brimblecombe, 1996; Oppenheimer et al., 1998). Suponiendo que el gas tuviera vida media de 6 a 24 horas, entonces solo el 5% del gas emitido está presente en la atmósfera baja después de 1 a 4 días (Brimblecombe, 1996; Finlayson-Pitts and Pitts, 1986; Porter et al., 2002).²

Riesgos para la salud

Los daños a la salud ocasionados por el dióxido de azufre varían de persona a persona, debido en gran medida al estado de salud de cada una de ellas, por lo que cabe señalar que a unas las afecta más que a otras. De igual manera influye el tiempo y cantidad a la que estén expuestas las personas a este elemento como lo analizaremos a continuación.

Iniciaremos por mencionar que el dióxido de azufre es irritante a los ojos, garganta y vías respiratorias. La sobre exposición en el corto tiempo causa inflamación e irritación, provocando ardor en los ojos, tos, dificultades respiratorias y sensación de tensión en el pecho. Las personas asmáticas son especialmente sensibles al SO₂ (Baxter, 2000) y pueden reaccionar ante concentraciones tan bajas como 0.2 a 0.5 ppm. Los vulcanólogos que sufren de asma pueden advertir efectos adversos a concentraciones sustancialmente más bajas de las que afectan a los demás colegas. Una exposición prolongada o repetida a concentraciones bajas (1-5 ppm) puede ser peligrosa para personas con enfermedades cardíacas o pulmonares previas. Mientras los efectos sobre la salud de variadas concentraciones han sido documentados por diferentes investigadores y organizaciones, una muestra de los umbrales por efectos a la salud se describe en la tabla siguiente.

Efectos sobre la salud por exposición respiratoria al dióxido de azufre (Baxter, 2000; Nemery, 2001; NIOSH 1981; Wellburn, 1994)

Límite de exposición (ppm)	Efectos sobre la salud
1-5	Umbral de respuesta respiratoria al ejercicio o respiración profunda en individuos sanos
3-5	El gas es fácilmente detectable. Caída de la función respiratoria en reposo y resistencia a la corriente de aire
5	Aumento de la resistencia en individuos sanos
6	Inmediata irritación en ojos nariz y garganta
10	Empeora la irritación en ojos, nariz y garganta





10 - 15	Umbral de toxicidad por exposición prolongada
20+	Parálisis o muerte después de exposición prolongada
150	Máxima concentración que puede ser resistida durante algunos minutos por individuos sanos

También se ha demostrado que la presencia de altos niveles de SO₂ en el ambiente puede causar diversos problemas de salud en niños (Ware et al., 1986). Aun así, los estudios realizados en el Mt. Sakurajima no indican una correlación entre la prevalencia de asma en niños y la exposición prolongada a los gases volcánicos (Uda et al., 1999).

Incidentes de mortalidad y morbilidad asociados con las emisiones de SO₂ volcánico en el siglo XX (BGVN 16:09; Hayakawa, 1999; Ng'Walali et al., 1999)

Volcán	Fecha	Morbi-mortalidad	Datos adicionales
Aso, Japón	12/02/1989	1 muerto	Turista varón de 66 años
Aso, Japón	26/03/1990	1 muerto	Turista
Aso, Japón	18/04/1990	1 muerto	Turista varón de 78 años
Aso, Japón	19/10/1990	1 muerto	Turista mujer de 54 años
Hudson, Chile	11/10/1991		Vapores azufrados en el valle
Kilauea, Hawaii	1993	1 muerto	Turista con sensibilidad al azufre murió en el estacionamiento del cráter del Halemaumau
Aso, Japón	29/05/1994	1 muerto	Turista mujer de 69 años
Aso, Japón	23/11/1997	2 muertos	Turistas varones de 62 y 51 años. Antes de su muerte hubo nivel 5 ppm

Cabe mencionar que la mayoría de los incidentes conocidos relacionados con SO₂ venenoso ocurrieron en el Volcán Aso, en Japón, como se pueden observar en la tabla anterior; en donde 7 personas murieron en los años registrados, y 59 fueron hospitalizadas por inhalación de gas volcánico de SO₂, entre enero de 1980 y octubre de 1995. Más de la mitad de los muertos tuvieron antecedentes asmáticos. Siguiendo sus autopsias, se redujeron los criterios de niveles de SO₂ para evacuación y se dieron alarmas estrictas sobre los riesgos de exposición a los visitantes, para proteger a los asmáticos y con enfermedades respiratorias (Ng'Walali et al., 1999).

Así mismo, se sabe que, en otras regiones, la gente que vive o trabaja cerca de volcanes que emiten SO₂, puede estar desprevenida con relación al riesgo de los gases. Por ejemplo, niveles medios de SO₂ en el Lago Furnas, en Azores, en la caldera del volcán activo, dan mediciones de 0.115 ppm. Fue registrado en un área donde los turistas y los habitantes locales utilizan las fumarolas para cocinar y es varias veces más alto que cualquier lineamiento anual conocido, y más alto que la mayoría

de los lineamientos de nivel para 1 – 24 horas. Los niveles en el centro de la Villa Furnas (y también en la caldera) tienen un rango de 0.070 – 0.085 ppm (Baxter et al., 1999), también más alto que cualquier lineamiento de nivel anual.²

El SO₂ no es inflamable, pero a altas presiones puede llegar a explotar. Su inhalación puede provocar asfixia, tos, falta de respiración, dolor de garganta, estornudos, rinorrea, dificultad en la respiración, disnea, cianosis, dolor de pecho, traqueítis, bronquitis, náuseas, fatiga, vómitos, broncoconstricción, neumonitis, edema en la laringe/glotis, edema en las vías respiratorias superiores u obstrucción e incremento de la resistencia de la circulación del aire. En altas concentraciones (a partir de 100 ppm) puede llegar a causar la muerte por edema pulmonar, acidosis sistémica o paro respiratorio. También es un irritante corrosivo de los ojos, aunque es poco común que en estado gaseoso produzca lesiones.³

De igual forma, el dióxido de azufre (SO₂) también se ha asociado a problemas de asma y bronquitis crónica, aumentando la morbilidad y mortalidad en personas mayores y niños. Los asmáticos y las personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) y con problemas cardíacos son los más sensibles a los efectos del SO₂.

Es necesario considerar que la concentración de SO₂ en períodos promedio de 10 minutos no debería superar los 500 µg/m³. Los estudios indican que un porcentaje de las personas con asma experimenta cambios en la función pulmonar y síntomas respiratorios tras períodos de exposición al SO₂ de tan sólo 10 minutos.

Los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en que los niveles de SO₂ son más elevados. En combinación con el agua, el SO₂ se convierte en ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación.⁴

La contaminación del aire por el SO₂ tiene los siguientes efectos en los seres humanos: turbidez corneal, dificultad para respirar, inflamación de las vías respiratorias, irritación de ojos, daños en la garganta, alteraciones psíquicas, edema pulmonar, insuficiencia cardíaca, colapso circulatorio... El dióxido de azufre también está asociado con el asma, bronquitis crónica, morbilidad y la alta mortandad en ancianos y niños.⁵

Se debe tener bien presente que el dióxido de azufre es uno de los gases más peligrosos para la salud y el medio ambiente, y prácticamente la totalidad de las emisiones de esta sustancia a la





Fuente: www.freepik.com

atmósfera son de origen humano. El principal origen de este gas es la industria (42,4%), seguido por la obtención y transformación de energía (31,4%) y la combustión de los motores de los vehículos (15,6%).

Y que de igual manera, el dióxido de azufre tiene unos efectos peligrosos para la salud, tanto inmediatos (irritación de las vías respiratorias y dolor de cabeza), como a largo plazo (enfermedades cardíacas y pulmonares). Sobre el medio ambiente, es uno de los gases más nocivos, pudiendo afectar a grandes extensiones de terreno con fenómenos como la lluvia ácida o la contaminación de aguas y suelos.⁶

Riesgos para el medio ambiente

Así como afecta la salud humana el dióxido de azufre también representa un riesgo para el medio ambiente como se explica a continuación.

El SO₂ es higroscópico, es decir, cuando está en la atmósfera reacciona con la humedad y forma aerosoles de ácido sulfúrico y sulfuroso que luego forman parte de la llamada lluvia ácida.

El proceso es el siguiente: al subir a la atmósfera también reacciona con el ozono o el oxígeno creando trióxido de azufre. Este componente reacciona con la humedad produciendo ácido sulfúrico, que acidifica el pH del agua provocando lluvia ácida. La intensidad de formación de aerosoles y el período de permanencia de ellos en la atmósfera depende de las condiciones meteorológicas reinantes y de la cantidad de impurezas catalíticas (sustancias que aceleran los procesos) presentes en el aire. Pero en general, el tiempo medio de permanencia en la atmósfera asciende a unos 3-5 días, de modo que puede ser transportado hasta grandes distancias. Tanto los óxidos de azufre como el ácido sulfúrico están relacionados con el daño y la destrucción de la vegetación, deterioro de los suelos, materiales de construcción y cursos de agua.⁷

Conclusiones

Como resultado de este análisis de información, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El dióxido de azufre se emite espontáneamente en la Naturaleza por vulcanismo y procesos de combustión. El impacto ambiental





generado por el ser humano proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles sulfurados (carbón, petróleo, gas natural, etc.) de la industria eléctrica e instalaciones de calefacción a distancia, del hogar y del tránsito vehicular.

Los compuestos que contienen azufre están presentes en la atmósfera natural no contaminada. Estas sustancias provienen de la descomposición bacteriana de la materia orgánica, de los gases volcánicos y otras fuentes. Sin embargo, la contribución en el balance total de SO₂ resulta muy pequeña en comparación con las producidas en los centros urbanos e industriales como resultado de las actividades humanas.

El dióxido de azufre se utiliza para fines muy diversos, por ejemplo, como agente reductor en metalurgia, como frigorígeno en la Industria del frío, como desinfectante y blanqueador, para la conservación de sustancias alimenticias, como decolorante y fumigante. El dióxido de azufre es uno de los compuestos más importantes de la industria química. 98% del SO₂ técnico se utiliza para la producción de trióxido de azufre como precursor del ácido sulfúrico.

En altas concentraciones el dióxido de azufre puede ocasionar dificultad para respirar, humedad excesiva en las mucosas de las conjuntivas, irritación severa en vías respiratorias e incluso al interior de los pulmones por formación de partículas de ácido sulfúrico, ocasionando vulnerabilidad en las defensas.

El dióxido de azufre es causante de enfermedades respiratorias como broncoconstricción, bronquitis y traqueítis, pudiendo llegar a causar broncoespasmos en personas sensibles como los asmáticos, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes y la muerte; si bien los efectos señalados dependen en gran medida de la sensibilidad de cada individuo, los grupos de la población más sensibles al dióxido de azufre incluyen a los niños y ancianos, a los asmáticos y a aquellos con enfermedades pulmonares crónicas como bronquitis y enfisema.

Por todo ello, conocer la forma en cómo las personas se ven afectadas por las emisiones de óxido de azufre puede ser útil en la prevención de la exposición que llevaría a consecuencias perjudiciales.

Referencias bibliográficas

1. Instituto para la Salud Geoambiental (2013). El dióxido de azufre SO₂. Disponible en <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>. Consultado 21 de octubre del 2019.
2. The International Volcanic Health Hazard Network. Dióxido de azufre (SO₂). Disponible en <https://www.ivhnn.org/es/guidelines/guia-sobre-gases-volcanicos/dioxido-de-azufre>. Consultado el 22 de octubre del 2019
3. Georgina. Riesgos del dióxido de azufre para la salud y el medio ambiente. Disponible en <http://vidanatur.com/riesgos-del-dioxido-de-azufre-para-la-salud-y-el-medio-ambiente>. Consultado el 22 de octubre del 2019.
4. ECODES. Impactos sobre la salud de la contaminación atmosférica. Disponible en <http://www.ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176117/Impactos-sobre-la-salud-de-la-contaminacion-atmosferica>. Consultado el 23 de octubre del 2019.
5. García Liñán, Salvador. Daños del azufre a los seres humanos. Disponible en <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/danos-del-azufre-a-los-seres-humanos>. Consultado el 23 de octubre del 2019.
6. Sector Asegurador. La contaminación del aire y los riesgos para la salud – Todo lo que tienes que saber. Disponible en <https://www.sectorasegurador.es/contaminacion-aire-riesgos-para-la-salud/>. Consultado el 22 de octubre del 2019.
7. Georgina, et. al.



CO y sus efectos a la salud.

Camacho Peralta Lázaro.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Resumen

El Monóxido de Carbono está considerado dentro de los contaminantes con alto grado de peligrosidad para la salud si se está expuesto en periodos prolongados. Específicamente en los seres humanos se han demostrado repercusiones a la salud por medio de la contaminación en la sangre ya que compite con la absorción de oxígeno; las exposiciones accidentales de manera prolongada derivan en la muerte por envenenamiento, ya sea al interior de hogares que utilizan carbón o biomasa o por la combustión que ocasionan vehículos o instrumentos a base de hidrocarburos.

Medir y tener referencia de los niveles diarios de este contaminante auxilia a saber cuánto tiempo en qué periodos puede ser más peligroso para las actividades humanas en México las unidades de monitoreo también registran los niveles de este contaminante y de acuerdo a la norma se han establecido los siguientes límites: 100 mg/m³ (90 ppm) para 15 minutos, 60 mg/m³ (50 ppm) para 30 minutos, 30 mg/m³ (25 ppm) para una hora y 10 mg/m³ (10 ppm) para 8 horas. Estos valores aseguran que las concentraciones de carboxihemoglobina (COHb) estén por debajo del 2.5%, lo cual se ha demostrado protege la salud de adultos con problemas cardiacos, así como el desarrollo fetal.

Summary

Carbon Monoxide is considered among the pollutants with a high degree of danger to health if it is exposed to prolonged periods, specifically in humans, repercussions to health have been demonstrated through contamination in the blood as it competes with oxygen absorption; Prolonged accidental exposures lead to death from poisoning, either inside homes using coal or biomass or from combustion caused by hydrocarbon-based vehicles or instruments.

Measuring and having a reference of the daily levels of this pollutant helps to know how long in which periods it can be most dangerous for human activities. In Mexico, the monitoring units also record the levels of this pollutant and, according to the standard, it has been recommended the following limits: 100 mg / m³ (90 ppm) for 15 minutes, 60 mg / m³ (50 ppm) for 30 minutes, 30 mg / m³ (25 ppm) for one hour and 10 mg / m³ (10 ppm) for 8 hours. These values ensure that carboxyhemoglobin (COHb) concentrations are below 2.5%, which has been shown to protect the health of adults with heart problems, as well as fetal development.

Introducción

Identificar cuáles son los efectos a la salud por la exposición a contaminantes como el CO nos pueden llevar a mejorar las políticas públicas ambientales y a actualizar y mejorar los instrumentos técnicos tanto para medir y registrar estos eventos, como para prevenir las acciones que deben de llevarse a cabo si una o varias de las mediciones que reportan los sistemas de monitoreo en la Ciudades del país muestran incrementos o largos tiempos de exposición. Hoy en día la calidad del aire de las principales ciudades de la República Mexicana tienen altos índices de contaminantes. Los objetivos por el desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), exigen que los tomadores de decisiones en las políticas públicas, como de los gobernantes, la iniciativa privada y la sociedad participen de manera conjunta para la solución de los

problemas generalizados en medio ambientes, salud y bienestar, ciudades y comunidades sostenibles y las acciones por el clima. El compromiso lo han adquirido la mayoría de los gobiernos, desde el ámbito federal hasta los municipios y alcaldías. Los instrumentos directores de todos estos ámbitos se han alineado, cada vez los gobiernos se comprometen más a llevar a cabo programas, proyectos y acciones que mejoren la calidad de vida de sus habitantes y del medio ambiente en sus territorios hasta el 2030. Por lo que es necesario exista un análisis sobre la situación actual de los sistemas de monitoreo de contaminantes, qué nos revelan los datos acumulados, cómo estamos ocupando esta información para el futuro y cómo se relaciona esto con la salud pública y con las acciones para mejorar el medio ambiente.





La contaminación es la incursión de un factor externo dentro de un ambiente natural que causa inestabilidad, desorden, daño o malestar en un entorno dado, en el medio físico o en un ser vivo.¹

El contaminante puede ser una sustancia química o energética, como sonidos, calor o luz. El elemento contaminante puede ser una sustancia extraña, energía o sustancia natural. Si es de origen natural se considera contaminante cuando excede los niveles normales aceptados. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio y, por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana; ejemplo: el efecto invernadero; no así, como en el caso de la contaminación por los gases que emanan de un volcán en erupción.²

¿Qué es la contaminación del aire?

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. (OMS)

La contaminación del aire, se puede definir como la presencia en la atmósfera de uno o más elementos, en cantidad suficiente, con ciertas características y una permanencia determinada, que pueda causar efectos indeseables tanto en el ser humano, la vegetación, los animales, las construcciones y los monumentos. Estos elementos pueden ser polvo, olores, humos o vapor.

La Norma oficial mexicana NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO)", se publicó un 23 de diciembre de 1994, han pasado 26 años y esta norma sigue vigente hasta la fecha, a la letra la Norma dice lo siguiente:

"El efecto dañino potencial principal de este contaminante lo constituye su afinidad para combinarse con la hemoglobina dando lugar a una elevada formación de carboxihemoglobina y como consecuencia, disminuye la cantidad de oxihemoglobina y por ende la entrega de oxígeno a los tejidos.

El riesgo de la exposición al CO varía desde el efecto de pequeñas cantidades atmosféricas en individuos que padecen deficiencias circulatorias (siendo particularmente susceptibles los enfermos con angina de pecho, así como aquellos con arterioesclerosis), hasta una intoxicación aguda por inhalación de grandes cantidades del contaminante en espacios cerrados y/o

en un lapso de tiempo corto."³

El riesgo a la salud que se asume bajo la exposición a este tipo de contaminante indica una relación entre la cantidad, el lugar y el tiempo a la exposición del CO, por lo que de acuerdo al sistema de medición especificado en la misma norma establece que:

"La concentración de monóxido de carbono, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11.00 ppm o lo que es equivalente a 12,595 µg/m³ en promedio móvil de ocho horas una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible"

La manera en que se mide el nivel de concentración de monóxido de carbono es por medio de Espectrometría de Absorción en el Infrarrojo, y el procedimiento es el siguiente: para conocer la cantidad de CO, se pasa la muestra de aire en una cámara, donde es incidida por radiación infrarroja, en el extremo opuesto de la cámara se encuentra un detector de radiación infrarroja, esta medición se compara con una medición que se lleva a cabo en otra cámara con aire cero (libre de CO), ambas mediciones se restan y el resultado es la cantidad de CO presente en la atmósfera (este método también es llamado por correlación en el infrarrojo).

Normas de calidad de aire vigentes		
CONTAMINANTE	Concentración y tiempo promedio de exposición	Para protección de la salud de la población susceptible
MONOXIDO DE CARBONO	11 ppm Promedio móvil de 8 horas.	1 vez al año

Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono, o CO, es un gas incoloro e inodoro que se forma cuando un combustible que contiene carbono no se quema completamente, es sumamente estable, con una vida media promedio en el aire de dos meses.⁴

De manera natural el monóxido de carbono se forma por la quema de biomasa y la oxidación de compuestos orgánicos como metano (CH₄), que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica.

Es un componente de los gases de escape de los vehículos automotores. Las concentraciones más elevadas se encuentran en áreas con mucho tránsito. Es un contaminante típicamente urbano. La principal fuente de emisión antropogénica son los motores de combustión interna y la combustión incompleta de sustancias como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera que se emplean en chimeneas, calderas, calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman





combustible, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores a keroseno. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden.

Este contaminante presenta un fuerte gradiente espacial, por lo que las concentraciones presentes en microambientes como en las banquetas de calles con intenso tránsito vehicular y en el interior de vehículos privados y públicos son mucho mayores que las concentraciones medidas simultáneamente en las estaciones fijas de análisis continuo. **Esto significa que a pesar de que no excede la norma a nivel de estación, puede haber un número considerable de personas que se ven expuestas a niveles peligrosos de este contaminante.**⁵

El CO es altamente tóxico para los seres humanos y otras formas de vida aeróbicas; inhalado en pequeñas cantidades puede producir hipoxia, daño neurológico y posiblemente la muerte. Aún en concentraciones pequeñas como de 400 ppm en el aire, el CO puede ser fatal. **Una característica peligrosa está relacionada a que carece de olor, lo cual da lugar a que no sea detectado por el olfato del ser humano. Los primeros síntomas del envenenamiento por CO pueden ser mareo y dolor de cabeza, seguidos de inconsciencia, falla respiratoria y muerte.**

Lo anterior se explica porque el oxígeno se distribuye en el cuerpo gracias a la hemoglobina de la sangre, la hemoglobina tiene una gran afinidad por el monóxido de carbono más que por el oxígeno, por lo que, en presencia de monóxido de carbono, la hemoglobina transportará monóxido de carbono a la sangre en lugar de oxígeno (Carboxihemoglobinemia). Una exposición prolongada al monóxido de carbono puede reducir la cantidad de oxígeno usado por el cerebro hasta el punto en que la víctima queda inconsciente y puede sufrir daño cerebral o muerte por hipoxia (asfixia).

Individuos con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, anemia o hemoglobina irregular pueden experimentar efectos de salud más severos o pueden padecer efectos a niveles de exposición más bajos en comparación con individuos menos susceptibles. Los niños pueden ser más vulnerables debido a que respiran más rápido porque sus pulmones se están desarrollando. En personas sanas la exposición a CO puede afectar la visión o la agilidad mental.⁶

De acuerdo con las Guías de calidad del aire de la OMS para Europa (WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition,



Fuente: www.freepik.com





2000) las concentraciones ambientales medidas en las zonas urbanas dependen en gran medida de la densidad de los vehículos de combustión, y están influenciadas por la topografía y las condiciones climáticas. En las calles, la concentración de monóxido de carbono varía mucho según la distancia del tránsito vehicular; también está influenciado por la topografía y las condiciones climáticas. En general, la concentración es más alta en el lado de sotavento del "cañón de la calle", y hay una fuerte disminución en la concentración desde el pavimento hasta el nivel de la azotea.

Las concentraciones de monóxido de carbono medidas en estaciones de monitoreo de sitios fijos parecen reflejar exposiciones personales a corto plazo de varios grupos de población urbana. Cortese y Spengler (15^o) informaron que en un grupo de viajeros que viven en el área metropolitana de Boston en los Estados Unidos, las concentraciones personales promedio de 1 hora medidas por analizadores portátiles fueron 1.3-2.1 veces las concentraciones medidas por analizadores de sitio fijo. Además, en Washington DC y Denver en los Estados Unidos (16^o) y en Helsinki en Finlandia (17^o) no hubo una asociación significativa entre los niveles personales de exposición de 1 hora y las concentraciones de monóxido de carbono correspondientes medidas en estaciones de monitoreo de sitio fijo. Sin embargo, los datos de monitoreo de sitios fijos pueden reflejar exposiciones de la población algo menores en tiempos promedio más largos, como 8 horas (15, 16, 18^o).

Evaluación de la exposición

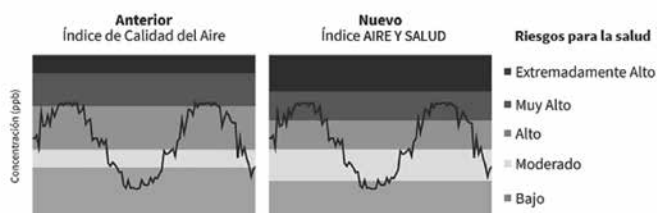
Las concentraciones globales de fondo de monóxido de carbono varían entre 0.06 mg / m³ y 0.14 mg / m³ (0.05–0.12 ppm). En entornos de tráfico urbano de grandes ciudades europeas, las concentraciones promedio de monóxido de carbono de 8 horas son generalmente inferiores a 20 mg / m³ (17 ppm) con picos de corta duración por debajo de 60 mg / m³ (53 ppm). Las concentraciones de monóxido de carbono dentro de los vehículos son generalmente más altas que las medidas en el aire ambiente exterior. Los datos de calidad del aire de las estaciones de monitoreo de sitios fijos parecen reflejar exposiciones a corto plazo bastante pobres de varios grupos de población urbana, pero parecen reflejar mejores tiempos promedios más largos, como 8 horas.

En aparcamientos subterráneos y de varios pisos, túneles de carretera, arenas de hielo cerradas y otros microambientes interiores, en los que los motores de combustión se utilizan en condiciones de ventilación insuficiente, los niveles medios de monóxido de carbono pueden elevarse por encima de 115 mg / m³ (100 ppm) durante varias horas, con valores máximos de corta duración que pueden ser mucho más altos. En hogares con aparatos de gas, se han medido concentraciones máximas de monóxido de carbono de hasta 60–115 mg / m³ (53–100 ppm). El humo ambiental del tabaco en viviendas, oficinas, vehículos

y restaurantes puede elevar la concentración promedio de monóxido de carbono de 8 horas a 23–46 mg / m³ (20–40 ppm).

Ahora bien, entendiendo las características del CO en la salud de los seres humanos y los efectos adversos bajo la exposición a grandes cantidades o por largos periodos de tiempo, en México al igual que en la mayoría de los países con grandes zonas urbanas y grandes concentraciones de vehículos automotores a base de hidrocarburos, se han tenido que implementar medidas necesarias para poder monitorear y crear un método de evaluación para medir la concentración de contaminantes en el aire, en México se creó el Índice de Calidad del Aire IMECA; y hace poco, el 18 de febrero de 2020, entró en vigencia la NOM-172-SEMARNAT-2019, que establece los lineamientos para el cálculo y difusión del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud ("Índice AIRE Y SALUD"), con el objetivo de informar de manera clara y oportuna el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las recomendaciones para reducir la exposición de los grupos sensibles y la población en general.

El Índice AIRE Y SALUD, suple al Índice de Calidad del Aire (NADF-009-AIRE-2017) antes conocido como IMECA, hay similitudes y diferencias entre ambos índices.



De acuerdo con la Red Automática de Monitoreo Atmosférico RAMA el límite considerado satisfactorio para cada uno de los contaminantes atmosféricos, se representa con un valor de 100 puntos, que corresponde al valor que establecen las normas de calidad del aire para cada uno de los contaminantes.

Obtención del "Índice AIRE Y SALUD" para monóxido de carbono (CO)		
Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de monóxido de carbono (CO) promedio móvil de ocho horas (ppm)
Buena	Bajo	8.75
Aceptable	Moderado	>8.75 y 11.00
Maia	Alto	>11.00 y 13.30
Muy Mala	Muy Alto	>13.30 y 15.50
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>15.50





¿Cómo se calcula?

A continuación, se presentan las fórmulas (algoritmo) para calcular el Índice, a partir de concentración de los contaminantes, ya sea en partes por millón (ppm) y/o en microgramos por metro cúbico (μ/m^3).

Monóxido de Carbono (CO)		
INTERVALO	INTERVALO DE CONCENTRACION ppm	ECUACIONES
0 - 50	0 - 5.50	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
51 - 100	5.51 - 11.00	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
101 - 150	11.01 - 16.50	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
151 - 200	16.51 - 22.00	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
>200	>22.00	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$

En el Zona Metropolitana del Valle de México que lo integran 59 municipios del Estado de México conurbados a las 16 alcaldías de la ciudad de México y un municipio del estado de Hidalgo, se ha dispuesto de un Sistema de Monitoreo Atmosférico que en su conjunto está conformado por cuatro subsistemas (RAMA, REDMA, REDMET y REDDA), un laboratorio para el análisis fisicoquímico de muestras (LAA) y un centro de procesamiento y difusión de datos (CICA).

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) utiliza equipos continuos para la medición de dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono, PM10 y PM2.5. Está integrada por 34 estaciones de monitoreo y cuenta con un laboratorio para el mantenimiento y calibración de los equipos de monitoreo.

MES	FECHA	HORA	ACO	ATI	CHO	FAC	FAR	INN	LLA	LPR	MON	NEZ	SAG	TLA	TLI	VIF	XAL
E N E R O	09/01/2020	8				2.3		0	2.2	3.7	2.4	2.3	2.3	1.8	1.4		2.4
	09/01/2020	9				2.4		0.1	2.4	2.6	2.1	1.3	1.9	2.4	2.8		3.5
	09/01/2020	10				1.6		0.2	1	1.9	1	1.5	0.8	1.2	2.3		2.4
	10/01/2020	8				2		0.1		2.2	0.9	3.4	2	2.3	1.4		3.1
	10/01/2020	9				2.2		0.1		3	2.3	4.6	3.7	2.2	2.1		2.4
	13/01/2020	8				1.3		0.1	2.1	2.2	2	2.5	1.9	1.5	1.9		2.4
	13/01/2020	9				1.5		0.2	1.9	3.8	1.9	1.7	2.2	2.5	1.9		3
	22/01/2020	8		1.7		2.4	0.9	0	1.6	3.3	1.6	2.8	1.2	2.1	2.4	2.2	2.2
	22/01/2020	9		1.4		1.9	1.8	0.1	0.7	4.3	2.4	3.3	1.4	2.7	2.1	3	3.3
	22/01/2020	10		1.3		2.2	0.9	0.1	0.8	2.2	1.2	3.4	1.5	1	1.8	1.3	2.1
	23/01/2020	8		0.8		1.9	1.5	0.1	2.1	2.4	0.6	2.2	3.3	2.4	2.1	2.6	3.1
	23/01/2020	9		0.5		1.7	2.1	0.1	2.2	2.1	1.4	2.7	3.3	2.9	2.7	3.6	2.7
	25/01/2020	8		1.1		1.2	1.1	0	1	2.4	0.9	1.1	0.9	1.3	1	0.2	3.2
	28/01/2020	8		1.3		2.7	2	0.1	2.4	1.2	0.7	2.6	2.3	1.5	2.4	1.7	5.4
	28/01/2020	9		1.1		2.7	1.7	0.1	2.4	1.1	1.2	2.6	2.2	1.7	2.8	1.9	3.1
F E B R E R O	07/02/2020	9		1.9		2.8	0.9	0	2.6	4	1.9	1.6	2.8	2.9	1.3	1.7	2.9
	09/02/2020	8		0.5		0.6	1.2	0	1.1	2	1	1.3	1.1	0.7	0.9	0.9	3.3
	10/02/2020	8		1.9		3.4	1.4	0.1	2.8	2.6	2.8	2.6	2.1	1.7	1.3	2.1	3
	10/02/2020	9		2.1		2.3	1.2	0.1	2.4	2.2	2.5	2.5	1.9	1.7	1.4	2.1	3
	11/02/2020	8		1.2		3.6	1.4	0.1	2.6	2.7	2.3	1.7	2.7	1.8	1.4	2	3.2
	11/02/2020	9		0.8		2.3	1.3	0.2	3.1	2.9	2	2.6	1.8	1.5	1.6	1.7	3.4
	17/02/2020	9		0.8		2.1	0.8	0.1	1.3	3.4	2	2.5	1.6	1.7	1.8	1.5	1.9
	18/02/2020	8		2		2.7	1.5	0.1	2.6	3.2	2	2	1.9	1.7	1.4	1.7	2.7
	18/02/2020	9		1.7		2.2	1	0.1	3.9	4	2.1	2.9	2.7	2.1	1.6	1.4	2.9
	19/02/2020	8		1.3		2.9	0.9	0.1	2	3.8	1.1	1.9	2.2	1.5	1.2	2.5	3.1
	19/02/2020	9		1.8		2.6	1.1	0.1	2	3.3	1	1.4	1.6	2.4	1.4	1.8	3.4
	25/02/2020	8		0.5		2.8	1.8			1.1	0.9	2.2	2	1.7	1.3	1.9	3.1
	MARZO	02/03/2020	8		1.7		2.9	1.1	0.1	2	2.6	2	2.1	1.6	1.8	1.5	2
03/03/2020		8		1.4		3.3	0.9	0.1	2.7			1.5	2	1.8	1.7	2.1	2.6

Elaboración propia CEVECE 2020 con información de la Bases de datos - Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) recuperada de: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aKBh%27>





Para este artículo se recabó la información de estaciones de monitoreo y se seleccionaron en el caso de las mediciones del Monóxido de carbono en la ZMVM aquellas que reportaron los niveles más altos durante el principio de este año 2020; primero se identificó que la mayoría de los incrementos según las mediciones oscilan entre las 8 y las 10 de la mañana en algunas estaciones de medición del Valle de México, que los meses donde los registros de medición de CO son más altos es entre los meses de enero, febrero y principios de marzo, aún y cuando de acuerdo al Intervalo de Concentración Ppm que se establece para este contaminante en el semáforo verde con valores que se encuentran entre 0 - 5.50 como establece la norma, pareciese que está muy lejos de llegar a niveles preocupantes.

El único registro que llega a ser mayor y cercano al límite de los 5.51 para ser color amarillo es el que registra la estación de Xalostoc en el municipio de Ecatepec de Morelos en el Estado de México, esta estación reportó el registro más alto en los primeros 4 meses del año 2020 con un registro de 5.4 ppm el día 28 de enero, es notable que en esta estación se registran la mayoría de mediciones "altas" pero de acuerdo con la Norma muy por debajo de los niveles que afecten a la salud de los habitantes.

De las estaciones de monitoreo localizadas en las alcaldías de la CDMX la estación localizada en Santiago Acahualtepec en la alcaldía de Iztapalapa es otra estación que registra los niveles más "altos" dentro del límite permitido en Monóxido de Carbono. El registro en esta estación es constante sobre todo en el mes de febrero y su medición máxima fue el 10 de enero de 2020 con 4 ppm.

MES	FECHA	HORA	AJM	BJU	CAM	CCA	CUA	HGM	IZT	MER	MGH	MPA	PED	SAC	SFE	UAX	UIZ	TAH	
ENERO	09/01/2020	8	0.1	0.7	2.6	0.9	1.1		1.6	2.6	1.9	0.1	1.2	3.2	0.5	0.9		1.7	
	09/01/2020	9	0.3	0.9	2.2	1.3	1.6		2.3	2.1	1.4	0	1.8	3.7	0.4	0.8		2.2	
	09/01/2020	10	0.5	0.9	1.8	1.3	1		2.6	1.6	0.7	0.2	1	3.5	0.5	0.5		0.5	
	10/01/2020	8	0.2	1.7	2.5	0.9	0.3		1.6	3.1	1	0.1	0.6	4	0.4	0.8		1.5	
	10/01/2020	9	0.4	1.3	2.5	1.3	0.3		1.1	1.2	0.9	0.1	0.9	3.4	0.4	0.9		1.3	
	13/01/2020	8	0.1	1.4	3.1	0.5	0.3		2.3	1.9	1.8	0.1	0.6	2.9	0.4	1	1.5	1.3	
	13/01/2020	9	0.3	1.1	2.8	1.2	0.5		2.6	2	1.4	0.2	0.9	3.3	0.1	1.2	2.4	1.2	
	22/01/2020	8	0.1	1.9	3.1	0.9	0.2	1.3	2.1	1.9	3.1	0.1	0.8		0.2	1	1.5	1.2	
	22/01/2020	9	0.3	1.6	2.6	1.9	0.3	1.3	2.2	1.9	2.8	0	1		0.3	1.3	1.8	1.5	
	22/01/2020	10	0.5	1.1	2	1.4	0.1	0.7	2.7	2	1.5	0.1	1.2		0.1	1.1	0.6	0.7	
	23/01/2020	8	0.1	0.7	2.5	0.9	0.4	0.6	1.1	1.3	0.7	0.1	1.1		0.4	1.4	0.7	0.8	
	23/01/2020	9	0.4	1	2	1.9	0.3	0.8	1.6	1.9	1.2	0.2	1.5		0.3	1.3	1.2	1.1	
	25/01/2020	8	0.3	1.1	1.3	0.6	1	1.1	1.7	1.3	0.7	0.1	0.9		0.6	1	1.3	0.5	
	28/01/2020	8	0.1	1.2	3	1.2	0.7	0.9	1.3		1.1	0	0.8		0.5	1.2	1.1	0.5	
	28/01/2020	9	0.3	1.5	2.3	1.6	0.2	1.2	1.5		2.1	0	1		0.4	0.8	1.5	1.6	
	FEBRERO	07/02/2020	9		2.1	2	2	1.1	2.4	1.6	1.9	1.8	0.2	2	3.5	0.6	1.5	1.5	1.6
		09/02/2020	8		0.9	1	0.2	0.1	0.8	0.9	1.6		0.1	0.4	1.4	0.3	0.7	0.8	0.6
		10/02/2020	8		1	2.4	0.9	1	1.1	2.2	2		0.2	1	3.3	0.5	0.8	1.9	1.5
10/02/2020		9		1.2	2	1.3	0.6	1.8	2	1.3		0.2	0.9	3.3	0.4	0.8	1.4	1	
11/02/2020		8		1.6	1.8	1	1.6	1.6	2	2	2.4	0.2	1.2	3	0.6	0.9	1.8	1.4	
11/02/2020		9		1.1	1.6	1	0.9	1.8	2.4	1.8	1.7	0.3	0.7	3	0.5	1.4	2.7	2.1	
17/02/2020		9		1.3	1.3	1.2	0.4	1.5		1.8	2.1	0.1	1.4	3.6	0.4	1.1	1.6	1.1	
18/02/2020		8		1.4	1.7	1.1	1.4	1.4		1.6	1.7	0.1	1.7	3.4	0.6	1	1.3	2.4	
18/02/2020		9		1.4	1.8	2.3	1.3	1.3		1.8	1.8	0.2	1.5	3.5	0.6	0.8	1.9	1.8	
19/02/2020		8		1.6	2.1	1	1.1	1.2		1.5	2.3	0.1	1.1	2.6	0.8	1.3	2.2		
19/02/2020		9		1.8	2.3	1.8	0.7	1.7		1.8	2.3	0.2	1.1	3.1	0.7	0.9	1.1		
25/02/2020	8		1.5	2.2	0.9	0.2	1	1	1.9	1.3	0.1	0.4	1.7	0.4	0.7	1.5	0.8		
MARZO	02/03/2020	8	0.2	1	3.5		0.4	0.7	1.4	2.1		0.4	0.7	2.2		0.9	1.1	1	
	03/03/2020	8	0.3	1.3	2.1	0.9	0.2	0.6	0.7	2.6	1.3	0.1	0.8	2.3		1	1.6	1.3	

Elaboración propia CEVECE 2020 con información de la Bases de datos - Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) recuperada de: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aKBh%27>

Las guías de calidad del aire de la OMS para Europa exponen que una situación a observar con este contaminante (CO) es que si los sistemas de monitoreo son en unidades de medición fija, tal es el caso de nuestro sistema de monitoreo, se corre el riesgo de que las concentraciones de monóxido de carbono no sean completamente acertadas y que los niveles más altos estén entre el piso y la altura máxima en azoteas de acuerdo al tipo

de calles, que estas concentraciones son más peligrosas en estacionamientos cerrados, túneles y en concentraciones de vehículos automotores en movimiento o generando combustión, algo muy frecuente en las zonas urbanas del centro del país y en específico para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), por lo que posiblemente, en los embotellamientos vehiculares durante los meses mencionados en el Valle de México es posible





Fuente: www.freepik.com

que sea más riesgoso y más frecuente que durante el horario de 7:00 am a 10:00 am puedan existir altos riesgos de intoxicación o malestares en personas con problemas respiratorios agudos, mujeres embarazadas, adultos mayores y menores de edad.

El documento¹¹ Study of Personal Exposure to Carbon Monoxide in Denver Colorado ha sido también seleccionado para un análisis comparativo con la situación actual del Valle de México ya que en este estudio se manejaba la siguiente hipótesis:

“los datos de monitoreo de sitios fijos pueden no proporcionar una indicación precisa de la exposición personal dentro de una población urbana, que es una función tanto de la ubicación geográfica (es decir, del centro frente a los suburbios) como de los entornos físicos inmediatos (es decir, en interiores y exteriores). Se pueden desarrollar mejores estimaciones de exposición personal al equipar a un gran número de sujetos con monitores portátiles y diarios de actividad. Si los sujetos se seleccionan adecuadamente, sus exposiciones pueden extrapolarse a la población urbana más grande.”

Los resultados de este estudio arrojaron las siguientes conclusiones: En general, los patrones diurnos para la exposición fueron similares en forma a los de los datos de sitios fijos, aunque los patrones de exposición contenían picos de mediodía que faltaban en los patrones de sitios fijos.

“En general, este estudio sugiere que 1) la metodología propuesta por la EPA para usar monitores personales para estimar la exposición de la población al CO en poblaciones urbanas es sólida, 2) las exposiciones al CO en microambientes asociados con vehículos automotores son más altas que las exposiciones en microambientes no asociados con motores vehiculos, y 3) Las exposiciones a CO en los microambientes definidos para este estudio no están fuertemente correlacionadas con las concentraciones de CO registradas simultáneamente en monitores de sitio fijo.”

La parte que debemos de mejorar en este tipo de sistemas de monitoreo más allá de la actualización o modernización de sistemas de medición o recolección de muestreos, es qué acciones debemos tomar previendo rebasar los límites permitidos o cuando estos llegan a situaciones peligrosas, estos semáforos son indicadores de que por CO no hay peligro al día de hoy.

A manera de conclusión se puede afirmar entonces que los sistemas de medición para el monóxido de carbono son adecuados para el valle de México, que la exposición del CO siempre tendrá riesgo de afectaciones a la salud no solamente a grandes cantidades del contaminante sino a una exposición prolongada en el largo plazo, personas que fuman, quienes utilizan combustibles de biomasa para la cocción de alimentos





al interior de sus domicilios o en lugares cerrados así como todas aquellas actividades que se realicen en lugares con poca ventilación como estacionamientos subterráneos, túneles, minas etc. Hay grupos más vulnerables que otros, como las personas susceptibles a infecciones respiratorias agudas, infecciones respiratorias graves y mujeres embarazadas.

Es un gran avance que los distintos sectores y secretarías que conforman al Gobierno del Estado de México logren unir esfuerzos y tener programas como el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México Pro-aire 2018-2030. Sin embargo, las acciones que deben de llevarse a cabo por parte de todas las autoridades no lograrán materializarse y verse reflejadas en una mejoría al medio ambiente y en la salud de los mexicanos, si la sociedad civil no acata y participa de manera activa en los planes y programas. Hoy está demostrado que la participación de todos los sectores es necesaria para cumplir con los objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos y todas como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.

Referencias bibliográficas

1. Merriam-Webster Online Dictionary [Internet]. Springfield, Massachusetts: Merriam-Webster, Incorporated; © 2012. Pollution. [cited: 11 August 2009]. Available from: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/pollution>
2. Conde Williams, Aurelia de la Caridad. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 51(2), 226-238. Recuperado en 24 de mayo de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200011&lng=es&tlng=es.
3. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/021ssa13.html>
4. <http://rama.edomex.gob.mx/caracteristicas>
5. Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT
6. <http://rama.edomex.gob.mx/caracteristicas>
7. 15. CORTESI, A.D. & SPENGLER, J.D. Ability of fixed monitoring stations to represent personal carbon monoxide exposure. Journal of the Air Pollution Control Association, 26: 1144– 1150 (1976).
8. 16. AKLAND, G.G. ET AL. Measuring human exposure to carbon monoxide in Washington, D.C. and Denver, Colorado, during the winter of 1982-1983. Environmental science and technology, 19: 911–918 (1985)
9. 17. ALM, S. ET AL. Personal exposures of preschool children to carbon monoxide: roles of ambient air quality and gas stoves. Atmospheric environment, 28: 3577–3580 (1994).
10. 18. LIU, J.-J. ET AL. Predicting personal exposure levels to carbon monoxide (CO) in Taipei, based on actual CO measurements in microenvironments and a Monte Carlo simulation method. Atmospheric environment, 28: 2361–2368 (1994).
11. En este estudio se pidió a 454 sujetos que llevaran un Monitor de Exposición Personal (PEM) y un diario de actividades durante dos períodos de muestreo consecutivos de 24 horas y que proporcionaran una muestra de aliento al final de cada período de muestreo. Cada participante también completó

un cuestionario detallado de antecedentes. Se analizaron los resultados del cuestionario y aproximadamente 900 días-sujeto de PEM y datos del diario de actividad para determinar si factores como el microambiente y la presencia de fuentes de CO en interiores afectan significativamente la exposición personal al CO. Además, la exposición de toda la población de Denver se extrapó de las exposiciones registradas por los participantes en el estudio

12. Johnson, T. STUDY OF PERSONAL EXPOSURE TO CARBON MONOXIDE IN DENVER, COLORADO. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/4-84/014 (NTIS PB84146125), 1984.

Bibliografía Citada y Consultada

- Merriam-Webster Online Dictionary [Internet]. Springfield, Massachusetts: Merriam-Webster, Incorporated; © 2012. Pollution. [cited: 11 August 2009]. Available from: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/pollution>
- Conde Williams, Aurelia de la Caridad. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 51(2), 226-238. Recuperado en 24 de mayo de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200011&lng=es&tlng=es.
- World Health Organization (WHO). (2000). Air quality guidelines for Europe. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/who-air-quality-guidelines-for-europe,-2nd-edition,-2000-cd-rom-version>
- Johnson, T. Study Of Personal Exposure To Carbon Monoxide In Denver, Colorado. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/4-84/014 (NTIS PB84146125), 1984.
- Velasco, E., Segovia, E., González, R., & Ramos, R. (2018). Cómo construir una gestión de la calidad del aire eficiente, justa y transparente.
- DEL AIRE, Índice de Calidad; A LA SALUD, Riesgos. SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. <http://www.apta.com.mx/apta2008/ce/dof/descargapdf/2019/11Noviembre/20191120/smar19112010-4.pdf>
- INECC. (2010). Procedimiento para obtener indicadores de la Calidad del Aire. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/625/procedimiento.pdf>
- RAMA. (2018). ¿Qué es el IMECA? Recuperado de <http://rama.edomex.gob.mx/contaminacion-atmosferica/imeca>
- ProAire 2018 – 2030, (2018) Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México. GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE. http://proaire.edomex.gob.mx/proaire_edomex
- [http://rama.edomex.gob.mx/sites/rama.edomex.gob.mx/files/files/NOM-172-SEMARNAT-2019\(1\).pdf](http://rama.edomex.gob.mx/sites/rama.edomex.gob.mx/files/files/NOM-172-SEMARNAT-2019(1).pdf)
- <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/indices-de-calidad-del-aire-documento.pdf>



Ozono.

Muñoz Pérez Leonardo F.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Resumen

Cuando el ozono se sitúa en la capa más baja de la atmósfera y supera ciertos niveles, deja de ser el gas protector de la vida en el planeta para convertirse en un peligroso contaminante. A diferencia de otros contaminantes que son emitidos directamente por sus fuentes, el ozono surge a partir de otros productos, principalmente óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, en presencia de abundante luz solar, por lo que se le define como contaminante secundario. El ozono troposférico es un potente oxidante que produce efectos adversos en la salud humana. Diversos estudios muestran que altas concentraciones de ozono tienen efectos desfavorables en la función respiratoria, causando la inflamación pulmonar, insuficiencia respiratoria, asma y otras enfermedades broncopulmonares.

Summary

When ozone is located in the lowest layer of the atmosphere and exceeds certain levels, it ceases to be the protective gas of life on the planet to become a dangerous pollutant. Unlike other pollutants that are emitted directly from its sources, ozone arises from other products, mainly nitrogen oxides and hydrocarbons, in the presence of abundant sunlight, which is why it is defined as a secondary pollutant. Tropospheric ozone is a powerful oxidant that produces adverse effects on human health. Various studies show that high concentrations of ozone have adverse effects on respiratory function, causing lung inflammation, respiratory failure, asthma, and other



Fuente: www.freepik.com





Introducción

La contaminación atmosférica se ha venido incrementando tanto a nivel mundial como en países de América Latina. En México, la calidad del aire se ha visto afectada por la presencia de múltiples contaminantes (partículas, dióxido de nitrógeno, ozono, etcétera), lo que representa un serio problema de salud pública y deteriora la calidad de vida de sus habitantes. Cada vez son más las personas expuestas a concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos que representan un riesgo alto de sufrir daños irreversibles en su salud, lo que transgrede el derecho humano a disfrutar de un ambiente limpio y sano, y a vivir con una mejor calidad de vida.

El ozono (O₃) es un gas incoloro generalmente y de un olor acre, cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno. La capa de ozono en los niveles altos de la atmósfera, también llamado estratosférico, funciona como un filtro de protección contra las radiaciones solares. Sin embargo, el ozono en superficie terrestre, también llamado troposférico, se convierte en un contaminante que genera graves impactos sobre la salud pública y los ecosistemas.

El ozono troposférico no se emite directamente a la atmósfera. Es un contaminante secundario, que se forma a partir de reacciones fotoquímicas complejas con intensa luz solar entre contaminantes primarios como son los óxidos de nitrógeno (NO, NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Los óxidos de nitrógeno se generan en los procesos de combustión de los vehículos automotores, en tanto que los compuestos orgánicos volátiles se generan a partir de un número de fuentes variado, transporte por carretera, refinerías, pintura, limpieza en seco de tejidos, y otras actividades que implican el uso de solventes.

El monóxido de carbono (CO) y el metano (CH₄) también intervienen en la formación de ozono. El metano, también un compuesto orgánico volátil, se genera en la minería del carbón, la extracción y distribución de gas natural, vertederos, aguas residuales, quema de biomasa, granjas de animales, etc.

El ozono es menos conocido que otros contaminantes, pero es el que afecta a un mayor número de población y uno de los más difíciles de combatir. El tiempo de vida del ozono en la atmósfera depende de la presencia y abundancia de sus precursores y de las condiciones antes mencionadas, registrándose las concentraciones más elevadas durante las horas del día en que se registra la mayor temperatura.

Impactos en la salud humana y en los ecosistemas

El ozono troposférico es un potente oxidante que produce efectos adversos en la salud humana. Diversos estudios muestran que altas concentraciones de ozono tienen efectos adversos en la función respiratoria, causando inflamación pulmonar, insuficiencia respiratoria, asma y otras enfermedades broncopulmonares. También hay evidencias que vinculan la exposición al ozono, a largo plazo, con mortalidad entre las personas con enfermedades crónicas no transmisibles, como enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), diabetes, insuficiencia cardiaca, infarto e hipertensión. En este contexto, cabe señalar que la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), organismo dependiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en uno de sus informes ha clasificado la contaminación ambiental como carcinógeno del Grupo 1 (el nivel más alto de clasificación).

El ozono en el aire ambiente interior puede también reaccionar con otros componentes (formaldehído, acetaldehído y otros ácidos orgánicos) produciendo contaminantes de corta duración pero que resultan altamente irritantes y que también tienen efectos sobre la salud a largo plazo.

Siendo el ozono un gas potencialmente irritante y altamente oxidante, el daño que se produce derivado de la exposición impacta principalmente en las mucosas, a través de procesos de oxidación, como consecuencia del incremento de radicales libres y la peroxidación lipídica. Sin embargo, los productos reactivos que se generan son capaces de propiciar reacciones en cadena amplificando el daño biomolecular y, por ende, la afectación de otros órganos o sistemas. La exposición a este tipo de contaminante, va desde la afectación en la calidad de vida de personas con enfermedades preexistentes y el incremento en las tasas de morbilidad (síntomas respiratorios y enfermedades respiratorias, el incremento de inflamación de vías aéreas, disminución en la función pulmonar, una respuesta inmunológica alterada, exacerbación de cuadros asmáticos), hasta el incremento en las tasas de mortalidad por algunas enfermedades cardiopulmonares, cardiovasculares, respiratorias y cerebrovasculares.

El ozono no puede penetrar a través de las membranas celulares, por lo que sus efectos biológicos pueden ser provocados por intermediarios tales como radicales libres, aldehídos, peróxido de hidrógeno, entre otros. Cuando el tracto respiratorio es expuesto al ozono se produce daño en el mismo, el alcance dependerá de la concentración de ozono, la duración de la exposición, los patrones de exposición y la ventilación. La limpieza de las





mucosas respiratorias disminuye por la exposición aguda al ozono. Los macrófagos alveolares, responsables de la limpieza en la región pulmonar y participantes en la respuesta inmune, pueden disminuir su fagocitosis y su actividad metabólica antimicrobiana, incrementar la liberación de prostaglandinas y alterar su cantidad. Estos efectos aumentan la susceptibilidad a las infecciones respiratorias.

Las investigaciones epidemiológicas para evaluar la asociación entre la exposición a contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud, incluyen ausentismo escolar, repercusiones en la calidad de vida de poblaciones susceptibles, así como sintomatología respiratoria. Se ha reportado que cerca del 50% de la población escolar en zonas donde las concentraciones de ozono son elevadas (0.130-0.220 partes por millón [ppm]), llegan a faltar al menos 1 vez cada 3 meses, debido a alguna afección respiratoria y cerca del 11.7% falta en dos o más ocasiones. Por otro lado, concentraciones cercanas a 0.050 ppm han favorecido un incremento del 43% al 133% en las visitas a consultas de urgencias por exacerbaciones de asma en población infantil de 1 a 4 años. Asimismo, en concentraciones de 0.040 a 0.050 ppm, se reportó un aumento del 19.1% al 35% en hospitalizaciones por enfermedades respiratorias agudas en menores de 2 años.

La Organización Mundial de la Salud reconoce que aun por debajo de una concentración promedio de 8 horas de 0.050 ppm, pueden producirse algunos efectos en la salud de la población expuesta. Señalando también que la exposición a este nivel de ozono se asocia con efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos de 6,6 horas, con efectos en la salud de la población infantil y un aumento de 3-5% de la mortalidad diaria.

En relación a las enfermedades cardiovasculares, se ha encontrado que el ozono es capaz de modular la regulación del tono vascular y aumentar el estrés oxidativo a nivel mitocondrial dañando su ácido desoxirribonucleico, también disminuye el óxido nítrico sintasa endotelial y, en consecuencia, la biodisponibilidad del óxido nítrico, alterando la vasodilatación. Aunado a esto, el ozono puede reducir el componente de alta frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, siendo las personas de edad avanzada y con problemas de hipertensión particularmente susceptibles, observándose cambios de 2% por incremento de 0.010 ppm de la concentración horaria máxima. Es posible que esto ocurra mediante la estimulación de receptores de irritación, favoreciendo el estado inflamatorio crónico y la oxidación inducida por el ozono, conduciendo a cambios en la variabilidad de la frecuencia cardíaca o potenciar el efecto de partículas inhaladas. Por otra parte, altos niveles de ozono también pueden dañar la

vegetación, perjudicando la reproducción y el crecimiento de las plantas, lo que lleva a la reducción de la biodiversidad, disminución de crecimiento de los bosques y reducción del rendimiento de los cultivos agrícolas. El ozono disminuye el proceso de fotosíntesis, reduciendo la absorción del dióxido de carbono por la planta.

El daño por el ozono puede reducir tanto el rendimiento del cultivo y la calidad, como el valor de la cosecha. Hay cultivos más sensibles al ozono, como el algodón, la lechuga y los tomates. El efecto del ozono en las plantas varía en función de diversos factores, como la edad de estas, los niveles de luz, humedad o las condiciones del suelo; pero los estudios indican que la combinación de niveles máximos de ozono y la duración de la exposición son los factores más importantes. Nuevas evidencias científicas sugieren que el ozono y el nitrógeno pueden tener efectos sinérgicos y antagónicos sobre la salud de las especies y los procesos de los ecosistemas, y que pueden interactuar de manera impredecible, afectando a las comunidades vegetales. Debido a sus impactos sobre la salud humana, vegetación y cultivos, al ozono se le considera actualmente como el tercer gas en importancia del efecto invernadero (después del dióxido de carbono y el metano).

La situación en México

El ozono troposférico afecta a una población de 38.3 millones de personas, un 81% de la población total, según los valores recomendados por la OMS. Entre esta población se incluyen 8.8 millones de personas, un 19% sobre el total, que se ven afectadas por unas concentraciones que superan los valores establecidos por la normativa para este contaminante.

En México ocurren 17 mil 700 muertes al año relacionadas con la mala calidad del aire (1) que podrían evitarse si las normas mexicanas fueran más estrictas y se ajustaran a los valores que sugiere la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En México, el Gobierno es el responsable de establecer los estándares para el monitoreo de los contaminantes atmosféricos. Para ello, se elaboraron normas de salud ambiental que miden siete contaminantes: dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀), partículas menores a 2,5 micrómetros (PM_{2.5}), Plomo (Pb) y Ozono (O₃).

La NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente y criterios para su evaluación, indica que la concentración de ozono debe ser menor o igual a 0.095 ppm





Fuente: www.freepik.com

como promedio horario, el cual nunca deberá ser rebasado; y la concentración del promedio móvil de 8 horas de ozono, debe ser menor o igual a 0.070 ppm, tomado como el máximo en un periodo de 1 año calendario.

No obstante, la normativa debe ser mucho más rigurosa, pues tienen parámetros muy laxos de límites máximos permitidos, incluso si los comparamos con los de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que datan de 2005, tenemos normas que superan el límite de la OMS en 1,200%.

En México, la frecuencia de días en que las concentraciones de ozono troposférico excedieron la norma ha permanecido constante en el tiempo en la mayoría de las ciudades con monitoreo. Sin embargo, en la Ciudad de México y Guadalajara persisten los problemas graves de calidad del aire. De acuerdo con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la mitad de los días en el Valle de México el ozono está por arriba de la norma mexicana (80 partes por billón).

Necesidad de cambio

Es necesario un cambio fundamental en las acciones a corto y medio plazo y los mecanismos para afrontar la lucha contra la contaminación del ozono troposférico, en particular, y las políticas sobre calidad del aire en México.

En el informe de la OMS sobre salud y calidad del aire, se menciona que: “La política de calidad del aire de los países miembros debe estar basada en las últimas evidencias científicas”. Es fundamental y urgente que México revise su legislación, modificando las directivas sobre calidad del aire, para la inclusión de los valores límites propuestos por la OMS, mucho más estrictos, preventivos y precautorios, basados en el peso de las evidencias científicas actuales. Es el caso del valor objetivo de protección de la salud diario (octohorario) de ozono, que la OMS lo reduce a 100 microgramos por metro cúbico, frente a los 120 que marca la normatividad.

La legislación obliga a la elaboración de planes de mejora de la calidad del aire cuando en determinadas zonas o aglomeraciones los niveles de contaminantes en el aire ambiente superen cualquier límite o valor objetivo, como es el caso del ozono troposférico. El desarrollo de estos planes de mejora debe coordinarse con la Estrategia Nacional de Calidad de Aire en el que haya un mayor control y reducción de las emisiones de parque vehicular y las actividades industriales.



Algunas medidas y recomendaciones para proteger la salud de la población cuando se superan los 100 puntos de ozono son:

- Evitar hacer actividades cívicas, culturales y de recreo, así como el ejercicio al aire libre entre las 13:00 y 19:00 horas, ya que algunas de estas actividades pueden incrementar la dosis de contaminantes inhalados.
- Se recomienda no fumar, especialmente en espacios cerrados.
- Se recomienda reducir el uso de productos que contienen compuestos orgánicos volátiles (solventes), tales como: pinturas en aerosol, pinturas base aceite, barnices, aromatizantes y limpiadores domésticos, entre otros.
- Se prohíbe la quema de materiales y residuos, incluyendo las realizadas para adiestramiento y capacitación de personal.
- Se recomienda reducir el uso del vehículo particular, compartir el auto y utilizar el servicio de transporte público.

- INECC – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2017. Informe Nacional de Calidad del Aire 2016. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2016.pdf>
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014a. Secretaría de Salud. NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Publicado el 20 de agosto de 2014. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014

Bibliografía

- WHO, 2013, Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical report, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>
- Straif, Kurt, Cohen, Aaron, Fomet, Jonathan (eds.). 2013: Air Pollution and Cancer. IARC Scientific Publication No. 161. Lyon. <http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php>
- Chen, C., Zhao, B., Weschler, Ch.J., 2012, 'Assessing the Influence of Indoor Exposure to 'Outdoor Ozone' on the Relationship between Ozone and Short-term Mortality in U.S. Communities' Environmental Health Perspectives, (120/2) 235–240.
- Vlachokostas, Ch., Nastis, SA, Achillas, Ch. et al. 2010. Economic damages of ozone air pollution to crops using combined air quality and GIS modelling. Atmospheric Environment. 44:3352-3361.
- Harmens, H. and Mills, G. (eds.), 2012, Ozone Pollution: Impacts on carbon sequestration in Europe. ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology, Environment Centre, Wales.
- OMS. (2006). 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. Resumen de evaluación de los riesgos, s.l.: Organización Mundial de la Salud.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. 2018. Calidad del aire y salud. Datos y cifras. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- EPA. (2018). Basic Information about Ozone. [En línea] Recuperado de <https://www.epa.gov/ozone-pollution/basic-information-about-ozone>
- Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B. & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. J Res Med Sci, 21(65).



Evaluación Epidemiológica del Impacto de los Contaminantes del Aire en la Salud Infantil.

Torres Meza Víctor Manuel.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.



Antecedentes

En marzo de 2014, la Organización Mundial de la Salud (OMS) alertaba que la contaminación del aire, que incluye contaminantes como el material particulado (siglas PM en inglés), el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) o el dióxido de azufre (SO₂), causa anualmente 3,7 millones muertes prematuras en todo el mundo.¹

De hecho, la contaminación del aire, en concreto el material particulado, es la primera causa ambiental de muerte y enfermedad, y la novena causa absoluta por delante del colesterol o la falta de ejercicio físico.²

En los últimos años varios estudios sobre los efectos agudos y crónicos de los contaminantes del aire han confirmado que el riesgo de padecer accidentes cerebrovasculares, cardiopatías, cáncer de pulmón, y enfermedades respiratorias crónicas y agudas, incluyendo el asma, incrementa a mayor exposición a estos contaminantes. Es más, parece ser que no existe un umbral de seguridad y que incluso a exposiciones muy bajas ya podría haber efectos en la salud.³

Un amplio número de exposiciones ambientales han sido relacionadas con enfermedades respiratorias y problema de





desarrollo en niños. Tanto en países industrializados como en desarrollo, la mala calidad del aire, tanto intradomiciliario como exterior, aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias junto a otros factores como condiciones habitacionales, falta de higiene y conductas no saludables.⁴

Mientras las fuentes de contaminación pueden variar en diferentes partes del mundo, el impacto de la exposición a la contaminación ambiental en la salud respiratoria de los niños es una preocupación en todas partes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que a nivel mundial hay más de tres mil millones de personas dependientes de combustibles sólidos, incluyendo biomasa (leña, estiércol y residuos agrícolas) para cubrir sus necesidades de energía más básicas: calefacción, hervir agua y cocinar, conducentes a una seria polución intradomiciliaria.⁵

En las áreas urbanas los niños pequeños que juegan en las calles y aquellos transportados en carritos respiran a la altura de los tubos de escape por lo que pueden estar expuestos a hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno y otros tóxicos, que se suman a las concentraciones de material particulado, cenizas y plomo en las áreas donde aun se usa gasolina con plomo. Mientras caminan al colegio a través de áreas de tráfico vehicular denso o en la cercanía de industrias contaminantes los niños pueden exponerse a una miríada de contaminantes dañinos que afectan su función pulmonar, su desarrollo y bienestar.⁶

La contribución estimada de la contaminación del aire a las infecciones respiratorias bajas es, aproximadamente, sobre 40% en países en desarrollo y 20% en los industrializados.

Por añadidura la influencia de otros factores ambientales como enfriamiento y aglomeración y las comorbilidades parcialmente atribuibles al ambiente (enfermedades transmitidas por vectores y diarrea, por ejemplo) son difíciles de cuantificar, pero pueden sumarse a la carga ambiental facilitadora de infecciones respiratorias bajas.⁷

Los niños son generalmente más vulnerables ante tales exposiciones y la carga de enfermedad pesa desproporcionadamente sobre los niños de países en desarrollo y de bajos ingresos.

Los niños menores de 5 años de edad y en edad escolar 5 a 12 años son especialmente vulnerables: hasta un 56% de todas las muertes atribuibles a contaminación doméstica corresponden a niños de estos grupos etéreos.⁸

El impacto de una exposición en particular dependerá, en parte, de la etapa del desarrollo del niño en que ocurre la exposición y su susceptibilidad individual.⁹

Esta revisión se centra en las exposiciones ambientales que tienen un efecto adverso en la salud respiratoria de los niños y en las condiciones respiratorias que causan proponiendo su evaluación a través de la valoración de su salud respiratoria medida a partir de espirometrías semestrales en las escuelas primarias de las zonas urbanas del Estado de México.

Justificación

Todos los días, cerca del 93% de los niños y niñas del mundo, menores de 15 años (es decir, 1800 millones de niños y niñas) respiran aire tan contaminado que pone en grave peligro su salud y su crecimiento. Desgraciadamente, muchos de ellos acaban falleciendo: de acuerdo con las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 600 000 niños murieron en 2016 a causa de infecciones respiratorias agudas de las vías respiratorias bajas causadas por el aire contaminado.

Las conclusiones del informe de la OMS Contaminación del aire y salud infantil señalan específicamente que:¹⁰

- La contaminación del aire afecta el desarrollo neurológico, como indican los resultados en las pruebas cognitivas, y dificulta el desarrollo psíquico y motor.
- La contaminación del aire perjudica la función pulmonar de los niños, incluso a niveles bajos de exposición.
- El 93% de los niños del mundo menores de 18 años —entre ellos, 630 millones de niños menores de 5 años y 1800 millones de niños menores de 15 años— están expuestos a niveles de partículas finas del entorno (PM_{2,5}) superiores a los fijados en las directrices sobre la calidad del aire de la OMS.
- En los países de ingresos medianos y bajos de todo el mundo, el 98% de los niños menores de 5 años respiran aire con niveles de PM_{2,5} superiores a los establecidos en dichas directrices, mientras que ese porcentaje es del 52% en los países de altos ingresos.
- Más del 40% de la población mundial —lo cual incluye a 1000 millones de niños menores de 15 años— está expuesta a niveles elevados de contaminación del aire en su hogar debido, principalmente, al uso de tecnologías y combustibles contaminantes para cocinar.
- En 2016, alrededor de 600 000 niños menores de 15 años fallecieron por la suma de los efectos de la contaminación del aire ambiental y doméstico.





- En conjunto, la contaminación del aire de los hogares ocasionada por los combustibles usados para cocinar y la contaminación del aire del entorno exterior causan más del 50% de las infecciones agudas de las vías respiratorias bajas en los niños menores de 5 años que viven en países de ingresos medianos y bajos.
- La contaminación del aire es una de las principales amenazas para la salud infantil y causa casi 1 de cada 10 defunciones de niños menores de cinco años.

Un problema significativo para la comprensión de la carga de salud ligada a la polución del aire es que las estimaciones de su impacto están mayoritariamente basadas en los resultados de investigaciones realizadas en Europa y Norteamérica, que se han extrapolado a los países en desarrollo.

Estas proyecciones originan considerables incertidumbres porque los países en desarrollo difieren de Europa y Norteamérica en la naturaleza de sus contaminantes, las condiciones y magnitud de las exposiciones y el nivel de salud de sus poblaciones. Las mayores fuentes de contaminantes para el aire ambiental incluyen la utilización de combustibles fósiles (calefacción doméstica, generación de energía, industria, vehículos motorizados, fundiciones, refinerías, incineración, etc); fenómenos naturales (tormentas eléctricas, incendios forestales, tormentas de polvo y erupción de volcanes) y guerras y conflictos.^{11,12}

Las fuentes posiblemente varían entre las localidades urbanas y rurales. Diversas enfermedades respiratorias pediátricas pueden ser causadas, gatilladas o empeoradas por contaminantes en el aire ambiental o intradomiciliario, junto a otros factores como susceptibilidad genética, agentes infecciosos y deficiencias nutricionales e inmunitarias.¹³

Las condiciones ligadas a exposiciones ambientales incluyen neumonía, infecciones respiratorias agudas altas y bajas, otitis media aguda, asma y broncoespasmo.¹⁴

Otras condiciones menos comunes son el Síndrome de Muerte Súbita Infantil, asociado a ETS; neumonitis aguda hemorrágica, rara condición atribuida a la inhalación de hongos tóxicos que crecen en ambiente húmedo y una amplia gama de síntomas resultantes de exposición en el contexto de trabajo infantil.

Múltiples estudios y revisiones sistemáticas han catalogado la contaminación atmosférica como una causa establecida de morbilidad y mortalidad, lo cual ha posibilitado el establecimiento de políticas de calidad del aire dentro de los países. No obstante, gran parte de la población mundial continúa viviendo en zonas con deficiente calidad del aire y debido a los cambios en las tecnologías de combustión, los combustibles y la producción industrial, posiblemente la toxicidad de la contaminación del aire se vea afectada, así como la exposición de las personas.





Conclusión

Los efectos en la salud respiratoria, agudos y crónicos relacionados con la contaminación del aire, son cada vez más demostrados por la evidencia científica. Estos efectos son relevantes en los niños, quienes están proporcionalmente más expuestos que los adultos y tienen condiciones biológicas que los hacen más susceptibles. Es fundamental una adecuada cuantificación de las exposiciones ambientales junto con el establecimiento de normativas de calidad del aire basadas en la evidencia científica actualizada. El equipo de salud debe estar capacitado para reconocer los problemas de salud asociados a la contaminación del aire y aconsejar a las familias a reducir las exposiciones a los contaminantes.¹⁴

Referencias bibliográficas

1. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet N.º 313. World Health Organization 2014
2. S.S. Lim, T. Vos, A.D. Flaxman, G. Danaei, K. Shibuya, H. Adair-Rohani, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380 (2012), pp. 2224-2260
3. Lancet Air pollution: Europe's avoidable health risk. *Lancet*, 381 (2013), pp. 876
4. WHO, Effects of Air Pollution on Children's Health and Development: A review of the evidence. World Health Organization Special Programme on health and Environment. European Centre for Environment and Health 2005.
5. REHFUESS E. Fuel for life: Household energy and Health. 2006, World Health Organization: Geneva.
6. ETZEL R A, BALAKRISHNAN K. Chapter 10: Air in Children's health and the environment - A Global Perspective: A Resource Manual for the Health Sector, J. P. d. Garbino, Editor. 2004, WHO: Geneva. p. 107-132.
7. PRÜSS-ÜSTÜN A, CORVALÁN C. Preventing disease through healthy environments: Towards an estimate of the environmental burden of disease. 2006, World Health Organization: Geneva.
8. WHO, Fact sheet N°292: Indoor air pollution and health: Scope of the problem. 2005.
9. PRONCZUK J, BHAVE S Y. Children's health and the environment - building capacities of action. *Indian pediatrics* 2007; 44: 253-5.
10. https://www.who.int/ceh/publications/Social_Media_Toolkit_AirPollution_Children_Health_Report_Launch.pdf?ua=1
11. TENNESSEE M. Chapter 5: Where the child works, in Children's health and the environment - A Global Perspective: A Resource Manual for the Health Sector J.P.d. Garbino, Editor. 2005, WHO: Geneva. p. 46-53.
12. PRONCZUK J. Chapter 4: Where the child learns, in Children's health and the environment- A Global Perspective: A Resource Manual for the Health Sector, J.P.d
13. WHO, Effects of Air Pollution on Children's Health and Development: A review of the evidence. World Health Organization Special Programme on health and Environment. European Centre for Environment and Health 2005
14. ETZEL R A, BALAKRISHNAN K. Chapter 10: Air, in Children's health and the environment - A Global Perspective: A Resource Manual for the Health Sector, J. P. d. Garbino, Editor. 2004, WHO: Geneva. p. 107-132.



Información para autores/as

Inteligencia Epidemiológica, es una revista de carácter científico del Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CEVECE) de la Secretaría de Salud del Estado de México, dirigida a profesionales de la salud y dedicada a la publicación de trabajos orientados al estudio e investigación en Salud Pública y Epidemiología.

El CEVECE invita a las y los profesionales de la salud de los sectores público, social y privado que deseen participar en este órgano informativo a enviar propuestas de escritos, artículos, reportes, comunicados y cartas. Para enviar su aportación, favor de dirigirse a:

Dr. Víctor Manuel Torres Meza

Editor de la revista Inteligencia Epidemiológica

Av. Fidel Velázquez # 805, Colonia Vértice, CP 50150

Toluca de Lerdo, Estado de México

Tel. (722) 219-38-87 y (722) 212-46-39 Ext. 109

e-mail: ceveceriesgosalud@gmail.com

También puede consultar la página: <http://salud.edomexico.gob.mx/cevece/>.

Los siguientes requisitos para autores/as están acordes con los lineamientos internacionales para manuscritos de revistas biomédicas y la declaración de Helsinki para investigaciones biomédicas que involucran a seres humanos (JAMA 1997; 277: 927-934). Todo el material propuesto para publicación deberá cubrir los requisitos que a continuación se señalan. Asimismo, ajustarse a los requerimientos uniformes para el envío de manuscritos a revistas biomédicas (International Committee of Medical Journal editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. N Engl J Med. 336:1997;p. 309-315).

Para su publicación los artículos deberán ser aprobados por el Comité Editorial. Los trabajos que sean publicados podrán tener modificaciones que faciliten su edición; incluirán acortamiento del artículo, reducción del número de gráficas, fotografías o ilustraciones, o cambio de formato y estilo para cumplir con redacción en lenguaje incluyente, no sexista.

Inteligencia Epidemiológica es uno de los órganos informativos del CEVECE, su publicación es semestral y su distribución es gratuita. Cabe señalar que todos los conceptos vertidos en los artículos publicados en la revista, representan la opinión de las y los autoras/es y no reflejan la política oficial del CEVECE o de la Secretaría de Salud del Estado de México. Los artículos y escritos publicados parcial o totalmente en este órgano informativo, no podrán ser publicados en ninguna otra fuente de información, sin el consentimiento escrito del editor de Inteligencia Epidemiológica.

La revista permite incluir material para publicación en las siguientes secciones: editorial, trabajos originales, reporte de casos, artículos de revisión, temas selectos, comunicados breves, estudio de brote, semblanza, perfil epidemiológico, sistemas de información en salud, aspectos bioéticos, educativos, legales, de administración y calidad de los servicios de salud. Así como cartas al editor, noticias y actividades académicas. En todos estos rubros la revista es un foro abierto a todo el personal de salud interesado/a en publicar, haciendo especial invitación a salubristas y epidemiólogos/as del Estado de México.

Secciones de la revista

Editorial.

Sección de análisis y reflexión sobre el contenido de la revista, que se integra con la propuesta de todos y todas los/as participantes.

Artículos originales.

Los trabajos propuestos deberán ser originales e inéditos. Se aceptan trabajos completos publicados previamente en forma de resumen, o trabajos no publicados presentados en congresos o seminarios. Deberán incluir título, resumen en español, palabras clave, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 10 páginas con letra Arial 10 a doble espacio o un máximo de 3,000 palabras.





Artículos de revisión.

Corresponderán a un tema relevante de salud pública o epidemiología, e indicarán el periodo que abarca el trabajo; serán exhaustivos en cuanto al objetivo planteado, que debe ser preciso e incluirse al inicio del trabajo, e indicarán el número de trabajos considerados y las bases o fuentes consultadas, siendo éstas un mínimo de 20 citas. Estas referencias deberán contener la información de los últimos 5 años a la fecha sobre el tema tratado. Deberán incluir título, resumen en español, palabras clave, introducción, métodos, análisis e integración de la información, conclusiones y referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 10 páginas con letra Arial 10 a doble espacio o un máximo de 3,000 palabras.

Temas selectos.

Aporta información relativa a los principales problemas y retos en materia de salud pública y epidemiología en el mundo contemporáneo, relacionándolos con su contexto regional y nacional. Deberán incluir título, desarrollo del tema, conclusiones y referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 5 páginas con letra Arial 10 a doble espacio o un máximo de 3,000 palabras.

Estudio de brote.

Definirá la asociación epidemiológica (tiempo, lugar y persona) de dos o más casos que orientó la toma de decisiones en materia de prevención y control de enfermedades. Deberá incluir título, resumen en español, palabras clave, introducción, sujetos y método, resultados, discusión y referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 7 páginas con letra Arial 10 a doble espacio.

Semblanza.

Describe la trayectoria de un/a profesional de la salud o la trascendencia histórica de una institución de salud, preferentemente perteneciente al Estado de México y valioso por su aportación a la Salud Pública. Deberá incluir título, introducción, desarrollo del tema y citas o referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 5 páginas con letra Arial 10 a doble espacio.

Perfil epidemiológico.

Aporta información sobre la situación de salud en la Entidad o el país, construido a partir de la realidad social y de salud y no sólo de la enfermedad por sí misma. Deberá incluir título, resumen en español, palabras clave, material y métodos, conclusión y referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 5 páginas con letra Arial 10 a doble espacio.

Sistemas de información.

Hará referencia a la estructuración de algún sistema de información en salud implementado y/o en desarrollo, por las

instituciones de salud públicas o privadas, cuya aplicación facilite el análisis y transmisión de información para la toma de decisiones y generación de políticas en salud pública. Deberá incluir título, introducción, desarrollo del tema, conclusiones y citas o referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 5 páginas con letra Arial 10 a doble espacio.

Reporte de Casos.

Sección para mostrar un caso de interés para la comunidad profesional. Todos los casos deberán incluir una revisión breve de la literatura mundial acerca del reporte realizado. Debe incluir título, resumen en español, palabras clave, introducción, presentación del caso, discusión y referencias bibliográficas. Podrá contener un máximo de dos fotografías o tablas. Todas las ilustraciones deberán acompañarse del permiso escrito correspondiente de la/el paciente o de la institución que la aporta. La extensión máxima será de 5 páginas con letra Arial 10 a doble espacio.

Comunicaciones breves.

Sección dedicada a los comentarios sobre temas relacionados con la salud pública y la epidemiología que no constituyan propiamente un protocolo de investigación, revisión o casos clínicos, pero que por su contenido dejen una enseñanza o transmitan una experiencia. Deben incluir título, desarrollo del tema y referencias bibliográficas. La extensión máxima será de 5 páginas con letra Arial 10 a doble espacio.

Noticias y cartas al editor.

El número de publicaciones de estas comunicaciones estará a reserva del espacio disponible destinado dentro de la revista. Pueden enviarse discusiones sobre algún artículo, observaciones, opiniones, correcciones y algún comentario sobre alguna publicación aparecida en números anteriores de la revista. Extensión máxima de 600 palabras en Arial 10 y 5 referencias en caso de ser necesarias.

Aspectos bioéticos, educativos, legales, de administración y de calidad de los servicios de salud.- Sección destinada para la publicación de material relacionado con estos temas. Debe incluir título, introducción, desarrollo del tema, conclusión y referencias bibliográficas. Extensión máxima de 5 cuartillas con letra Arial 10 a doble espacio.

Resúmenes.

Deberán ser en español, no exceder de 200 palabras con letra Arial 10. Abajo de cada resumen se incluirán las palabras clave que ayuden a indexar el artículo.

Texto y figuras.

Las fotografías deberán ser en blanco y negro, de 15 x 10 cm o 6 x 4". Cada fotografía deberá indicar el número de la figura, el nombre de la/el autor/a y una flecha que indique la orientación





de la misma. Inteligencia Epidemiológica, por el momento sólo publica fotografías y gráficos en blanco y negro. En el caso de las gráficas, estas tendrán que ser realizadas con fondo blanco.

Referencias Bibliográficas.

Las referencias bibliográficas deberán enumerarse por orden progresivo de acuerdo a su aparición en el texto; deben omitirse las “comunicaciones personales” y puede anotarse “en prensa” cuando un trabajo fue aceptado para publicación en alguna revista, pero cuando no ha sido así, referido como “observación no publicada”. Cuando los y las autores/as sean seis o menos, deberán anotarse todos/as, pero cuando sean siete o más, se anotarán los/as tres primeros/as y cols., si el trabajo está en español, o et al cuando sea un idioma extranjero. Para información complementaria se recomienda a los y las autores/as consultar el artículo Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. International Committee of Medical Journal Editors, JAMA 1993; 269: 2282-8.





Fidel Velázquez No. 805,
Colonia Vértice,
Toluca,
Estado de México,
C.P. 50150.
Teléfono: (722) 2-19-38-87.

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS
Correo electrónico: cevece@edomex.gob.mx



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



EDOMÉX
DECISIONES FIRMES, RESULTADOS FUERTES.