

Aproximación Psicosocial al estudio de la calidad del aire:

Ambiente, Salud y Sociedad
de tres zonas de la Megalópolis

Karina Landeros Mugica. Editora





Sociedad Mexicana de Psicología Social, A. C. (SOMEPSO)

Héctor Manuel Cappello García
Presidente Honorario

Manuel González Navarro
Presidente

Ma. Irene Silva Silva
Secretaria de Finanzas

Salvador Arciga Bernal
Secretario de Organización

Jorge Mendoza García
Secretario de Relaciones Públicas

Juan Soto Ramírez
Secretario de Publicaciones

CONSEJO ACADÉMICO, DE INVESTIGACIÓN y ESTUDIOS PROFESIONALES

Salvador Iván Rodríguez Preciado
Pablo Fernández Christlieb
J. Octavio Nateras Domínguez

Aproximación psicosocial al estudio de la calidad del aire: ambiente, salud y sociedad de tres zonas de la Megalópolis



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Somepso®



Los derechos exclusivos de la presente edición quedan reservados para todos los países de habla hispana. Queda prohibida su reproducción, parcial o total, por cualquier medio conocido o por conocerse sin el consentimiento por escrito de los legítimos poseedores de derechos.

Sello editorial: Sociedad Mexicana de Psicología Social (SOMEPSO)

Primera edición: abril, 2025

D. R. © 2025 Karina Landeros Mugica

D. R. © 2025 Sociedad Mexicana de Psicología Social (SOMEPSO)

Altar 55, Col. Prados de Coyoacán, Delegación Coyoacán, C.P. 04810, Ciudad de México, México

Diseño editorial e impresión: TINTA NEGRA EDITORES

Formación: Héctor Astorga

Corrección: Ana M. Cadena

Supervisión de producción: Ernesto Iván Mendoza

Avenida del taller 96-28 Col. Tránsito, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06820 Ciudad de México

tneditores@gmail.com

ISBN libro impreso 978-607-98044-5-9

ISBN libro digital 978-607-98044-6-6

El presente libro ha sido dictaminado de manera positiva por pares académicos ciegos y externos a través del comité editorial de la Sociedad Mexicana de Psicología Social, quien lo liberó para su publicación al cumplir a cabalidad con los requerimientos académicos establecidos en sus Lineamientos Editoriales.

Fecha de recepción: 20 de enero de 2025
Aprobado para publicación: 24 de abril de 2025

Impreso y encuadernado

Hecho en México

Contenido

Presentación	11
Introducción	15
<i>Karina Landeros Mugica</i>	
SECCIÓN I	
LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN TRES ZONAS METROPOLITANAS DE LA MEGALÓPOLIS: CARACTERÍSTICAS, QUÍMICA ATMOSFÉRICA, PROBLEMÁTICA ACTUAL E IMPACTO A LA SALUD	
1. Contaminantes atmosféricos y gestión de la calidad del aire en México	21
<i>Violeta Mugica Álvarez</i>	
2. Tres zonas metropolitanas de la Megalópolis: Valle de México, Valle de Toluca y Cuernavaca	57
<i>Alma Angélica Neria Hernández, Fernando Millán Vázquez y Alhelí Brito Hernández</i>	
3. Epidemiología. Padecimientos asociados a la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	89
<i>Víctor Manuel Torres Meza, Ignacio Miranda Guzmán, María de Jesús Mendoza Sánchez, Luis Esteban Hoyo García de Alba y Marco Antonio Montes de Oca González</i>	

4. Enfoques metodológicos para el estudio de la contaminación del aire y la salud poblacional: aplicaciones en la Megalópolis 123
Magali Hurtado Díaz, Eunice E. Félix Arellano, Pamela E. Zúñiga Bello, Julio C. Cruz de la Cruz y Horacio Riojas Rodríguez

SECCIÓN II

DIMENSIONES PSICOSOCIALES DE LA CALIDAD DEL AIRE: PERCEPCIÓN DEL RIESGO, ATRIBUCIÓN CAUSAL, POLÍTICAS PÚBLICAS Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

5. Percepción del riesgo como construcción social. Una mirada a la contaminación ambiental 151
Laura Andrea Sánchez de Jesús
6. Diseño, construcción y aplicación de un instrumento de medición para la percepción social de la calidad del aire 179
Karina Landeros Mugica
7. Percepción psicosocial de la contaminación del aire en tres zonas metropolitanas de la Megalópolis: un estudio aplicado 221
Diana I. Angeles Hernández, Saúl O. Sánchez Carmona, José Manuel Meza Cano y Karina Landeros Mugica
8. De la percepción a la conciencia. Construyendo ciudadanía ambiental ante la contaminación 257
Manuel González Navarro y Javier Rincón Salazar

SECCIÓN III

COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA: ACCIONES DE MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN A LA SALUD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

9. Elementos de comunicación para promover conductas responsables por la calidad del aire en la Megalópolis del Valle de México 291
Javier Urbina Soria e Isaías Lara Klahr

10. Comunicación digital para una vida mejor en la Megalópolis: calidad del aire y salud	327
<i>Yadira Alatríste Martínez, Miguel Torres Rodríguez, Óscar Hernández Castillo y María Elena Chávez Solís</i>	
11. La promoción de la salud ante la contaminación atmosférica: una propuesta de diseño participativo de materiales con especialistas de salud de la ZMVT	355
<i>Mario Castillo González, Karina Landeros Mugica y Josue Chispán Ornelas</i>	
12. Enseñanza y divulgación de la ciencia: una experiencia educativa en torno al tema de la contaminación atmosférica en el bachillerato	387
<i>Martha Elena Díaz Murillo y Karina Landeros Mugica</i>	
13. La calidad del aire como punto de encuentro entre el derecho a un ambiente sano y el bienestar en infancias y adolescencias de Toltenco	413
<i>Leslie Alicia González Martínez, Leticia Báez Pérez y Karina Landeros Mugica</i>	
Aprendizajes y conclusiones	445

SECCIÓN I

La contaminación atmosférica en
tres zonas metropolitanas de la
Megalópolis: características, química
atmosférica, problemática actual e
impacto a la salud



Fotografía: Karina Landeros Mugica

CAPÍTULO 3

Epidemiología. Padecimientos asociados a la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Victor Manuel Torres Meza

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades del Estado de México

Ignacio Miranda Guzmán

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades del Estado de México

María de Jesús Mendoza Sánchez

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades del Estado de México

Luis Esteban Hoyo García de Alba

Instituto de Salud del Estado de México

Marco Antonio Montes de Oca González

Instituto de Salud del Estado de México

INTRODUCCIÓN

Ante los efectos adversos en la salud que provoca la contaminación atmosférica mostrados en múltiples estudios en México y el mundo, es relevante que los profesionales de la salud estén informados tanto de la epidemiología y sintomatología de los padecimientos asociados a los contaminantes atmosféricos como de las condiciones de la calidad del aire que prevalecen durante los distintos días del año, para que incluyan en su práctica diaria la perspectiva ambiental como un elemento más en sus actividades de diagnóstico y prevención.

El objetivo de este capítulo es presentar los conceptos generales de la epidemiología ambiental y los tipos de estudios que se realizan en este campo, así como describir los panoramas epidemiológicos y la incidencia de los principales padecimientos asociados a la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), tomando como ejemplo el año 2023.

Por ello, se muestra cómo la Secretaría de Salud del Estado de México ha construido una estrategia interinstitucional con la Secretaría del Medio Ambiente para combinar la información que proporciona la Red de Monitoreo Automático (RAMA) con la incidencia de las afecciones que pueden incrementarse por la presencia de altas concentraciones de contaminantes en la atmósfera, como son: asma, infecciones respiratorias agudas, influenza, neumonía, COVID-19, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, otitis, evento cerebrovascular, enfermedad isquémica del corazón y conjuntivitis.

Este ejercicio pretende que los profesionales de la salud de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) y las instituciones competentes incluyan la información entre sus estrategias de comunicación y capacitación. Además, busca motivar a otras zonas metropolitanas a realizar ejercicios similares de vinculación entre sus Secretarías del Medio Ambiente y de Salud.

3.1 ENFOQUE EPIDEMIOLÓGICO

La Real Academia de la Lengua Española (RAE) define la Epidemiología como el estudio de las epidemias; y éstas, a su vez, como las enfermedades que se propagan durante algún tiempo en una zona y afectan simultáneamente a un gran número de personas (RAE, 2024).

En su análisis histórico de la epidemiología, López Moreno *et al.* (2000) señalan que se trata de una rama de la salud pública que tiene como propósito describir y explicar la dinámica de la salud poblacional, identificar los elementos que

la componen y comprender las fuerzas que la gobiernan, a fin de intervenir en el curso de su desarrollo natural.

La Epidemiología es la base y fundamento de la salud pública y, para cumplir con su cometido, investiga la distribución, frecuencia y determinantes de las condiciones de salud en las poblaciones humanas, así como las modalidades y el impacto de las respuestas sociales instauradas para atenderlas.

Una premisa fundamental de la Epidemiología moderna afirma que las enfermedades no ocurren ni se distribuyen al azar, por lo que se deben investigar e identificar las condiciones que las causan, para distinguirlas de otras condiciones que solamente se asocian a la enfermedad por cuestiones del azar. No obstante, el incesante descubrimiento de condiciones asociadas a procesos patológicos ha derivado en la identificación de innumerables redes de “causas” para cada padecimiento, por lo que se postula que el peso de cada factor presuntamente causal depende de su proximidad con su efecto aparente. La Epidemiología contemporánea ha basado sus principales acciones en este modelo, denominado “red de causalidad”, formalizado en 1970 por Brian McMahon (MacMahon y Pugh, 1970).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el enfoque epidemiológico consiste básicamente en la observación de los fenómenos de salud y enfermedad que presenta la población; la cuantificación de estos en frecuencias y distribuciones; el análisis de estas frecuencias y de sus determinantes; y la definición de cursos de acción adecuados que puedan evaluar la efectividad e impacto de las intervenciones en salud, para construir nuevos modelos que describan y expliquen las observaciones y para utilizarlos en la predicción de nuevos fenómenos (OPS, 2002).

En cuanto a la medición en salud, se debe destacar la necesidad de contar con datos específicos sobre características relevantes de la población (variables) como su tamaño, composición, estilos de vida, clases sociales, eventos de enfermedad, nacimientos y muertes. La Epidemiología Ambiental utiliza la información sobre los factores de riesgo existentes en el ambiente, entre los que se encuentran los riesgos físicos, químicos y biológicos, además de otras características especiales del ambiente que interfieren con el estándar de salud de la población. Actualmente, la Epidemiología Ambiental se apoya en conocimientos científicos y herramientas metodológicas para orientar el proceso de vigilancia en salud en un contexto interdisciplinario de áreas de especialización, sobre todo considerando el componente geográfico donde se generan los procesos de enfermedad, tomando en cuenta la complejidad de los contaminantes y las situaciones de riesgo ambiental (Comba *et al.*, 2004).

Según la propuesta metodológica presentada por Molina y Meneses (2003), la evaluación epidemiológica del efecto de la contaminación del aire en la salud de la

población se realiza a través de funciones exposición-respuestas (FERS). Estas funciones permiten estimar la proporción de sujetos afectados en la población, partiendo de que los contaminantes atmosféricos son capaces de ejercer una amplia gama de efectos adversos sobre la salud humana, ya sean agudos o, como se sabe, usualmente crónicos.

No obstante, estos efectos no son excluyentes entre sí, pues entre más severo es el impacto de la contaminación atmosférica, pareciera que la proporción de la población que resulta afectada es menor, concediendo que no existe suficiente información a nivel de reportes y, en tal caso, subregistro de dichos efectos, principalmente de los menos severos, por parte de los sistemas de vigilancia epidemiológica de cualquier país, primordialmente de los menos desarrollados.

Los estudios que permiten identificar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana pueden ser de dos tipos: toxicológicos y epidemiológicos. Aunque estos son complementarios cuando se quiere valorar el impacto en la salud, presentan diferencias clave. En el caso de los toxicológicos se trata de estudios experimentales y se realizan tanto en animales como en humanos, donde las variables (como concentración, duración y condiciones de exposición) son controladas por el investigador. En contraste, los estudios epidemiológicos son de tipo observacional, ya que muestran la situación real de la exposición de poblaciones enteras a condiciones naturales atmosféricas, factible de conocerse a través de la información generada por las redes de vigilancia de la contaminación atmosférica.

En un mundo que parece mucho más desarrollado tecnológicamente e industrialmente, se podría decir que la población, en general, se encuentra bajo condiciones de exposición cotidiana a una mala calidad del aire. Dicha exposición se considera un factor de riesgo de baja intensidad en sus múltiples efectos adversos, los cuales podrían pasar desapercibidos para las personas. A pesar de que cada vez es más frecuente el reporte horario de mala calidad del aire, la exposición cotidiana podría conducir a mayores riesgos y a la pérdida de calidad de vida de la sociedad, incluyendo morbilidad aguda y crónica, discapacidad y mortalidad prematuras.

3.2 ESTUDIOS EXPOSICIÓN-RESPUESTA

Los estudios epidemiológicos más utilizados para analizar los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica en la salud humana son los de series temporales. No obstante, hay que considerar que factores distintos de la contaminación también influyen de manera significativa, como las diferencias semanales o estacionales con condiciones climatológicas que se asocian a padecimientos como la gripe

(Saez *et al.*, 1999) y, más recientemente, la COVID-19. También influyen los hábitos y comportamientos humanos que incrementan el riesgo, como el tabaquismo. A corto plazo, los principales efectos de los contaminantes atmosféricos abarcan desde un aumento en la cantidad de visitas médicas e ingresos hospitalarios, daños en la función pulmonar y otros síntomas, hasta un incremento de la mortalidad total por causas cardiovasculares y respiratorias (González y Rey, 2021; Fiordelisi *et al.*, 2017; Ballester *et al.*, 1999), principalmente de los niños y personas vulnerables (Garrido-Galindo, 2024; De la Flor, 2022).

Aún por debajo de los niveles de calidad del aire considerados como seguros, el incremento de la contaminación atmosférica aumenta el riesgo de efectos nocivos para la salud. Los niveles mínimos permitidos por las normas de calidad del aire pueden variar en cada país, pero en general no están alineados con los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el organismo internacional rector en materia de salud, siendo el caso de México. Asimismo, hay otros riesgos de agentes para los que no existe una evaluación satisfactoria o incluso evaluación alguna (Medel y De Ahumada, 2008).

Algunos estudios sobre la exposición-respuesta a la calidad del aire han generado evidencia emergente en torno a los efectos potencialmente dañinos de los contaminantes inhalados para el sistema nervioso central, especialmente durante la última década (Power *et al.*, 2016; Suades-González *et al.*, 2015). La exposición a la contaminación del aire relacionada con el tráfico vehicular (TRAP) se ha asociado con efectos adversos en el desarrollo mental y en funciones conductuales como la atención, un coeficiente intelectual global reducido, disminución de la memoria y rendimiento académico, así como una mayor prevalencia del trastorno por déficit de atención con hiperactividad y el trastorno del espectro autista (Chen *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2017; Flores-Pajot *et al.*, 2016). Los hallazgos de estudios epidemiológicos también respaldan la relación entre la exposición a TRAP, el deterioro cognitivo y la demencia en los ancianos.

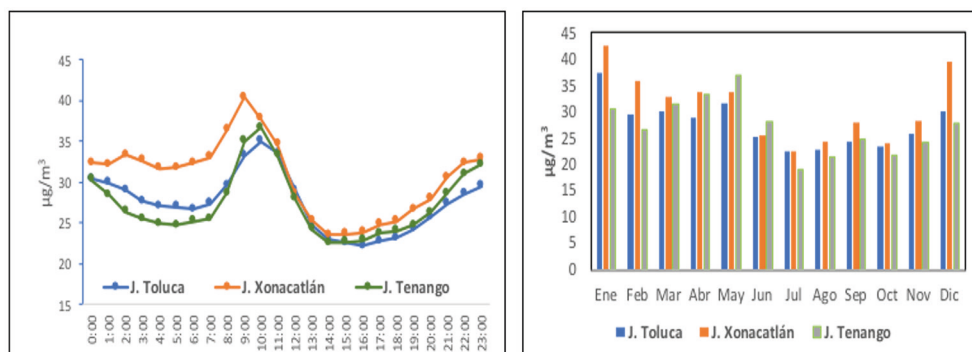
Rosales-Castillo *et al.* (2001) realizaron un metaanálisis para resumir los efectos reportados en la salud de la población por la exposición a contaminantes atmosféricos. El estudio determinó un aumento del 7.74% de días de actividad restringida, del 7.72% en síntomas respiratorios, del 3.11% en visitas a salas de urgencias, del 1.39% en hospitalizaciones, del 1.42% en alteraciones de la función pulmonar y del 0.96% en la mortalidad por la exposición a PM_{10} . Además, los resultados indican que los efectos también son significativos al exponerse al ozono, por lo que concluyen que la contaminación atmosférica puede tener un mayor impacto en las zonas urbanas de las grandes ciudades.

3.3 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL VALLE DE TOLUCA REGISTRADA EN 2023

La ZMVT ha registrado las concentraciones más altas de $PM_{2.5}$ del país. En la figura 3.1 se muestran las concentraciones promedio horarias y mensuales del 2023, proporcionadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMVT. Estas mediciones abarcan las tres jurisdicciones sanitarias de esta zona: Toluca, Xonacatlán y Tenango.

La ZMVT es impactada por todo tipo de fuentes de contaminación, ya que su crecimiento poblacional ha detonado el incremento de vehículos privados y públicos, así como de servicios. Asimismo, esta zona cuenta con una importante zona industrial. Además, dentro de ella y en sus alrededores hay múltiples zonas rurales en que la quema agrícola contribuye a la emisión de contaminantes.

Figura 3.1. Promedios horarios y mensuales de $PM_{2.5}$ de las tres jurisdicciones sanitarias de la ZMVT en 2023



Fuente: elaboración propia.

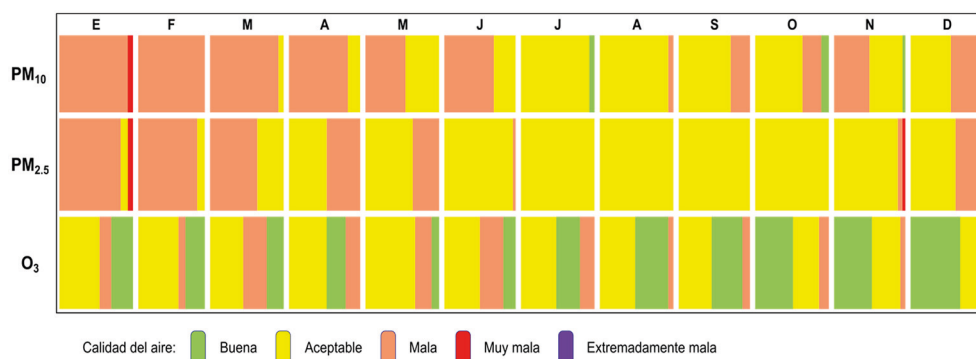
En este escenario y con la finalidad de cumplir con los compromisos del ProAire del Estado de México para que las unidades de salud cuenten con información oportuna sobre los niveles de concentración de uno o más contaminantes criterio, el Instituto de Salud del Estado de México integra los datos de la RAMA del Estado de México y en particular de la ZMVT. Diariamente, se envían cuatro notificaciones con información sobre las condiciones meteorológicas y de temperatura, y sobre las concentraciones de los contaminantes y su nivel de riesgo, de acuerdo con el Índice de Aire y Salud. Estas notificaciones son distribuidas entre los diferentes epidemiólogos jurisdiccionales, los hospitales del Instituto de Salud del Estado de

México (ISEM), el Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CEVECE) y los miembros representantes de las distintas instituciones del Comité de Vigilancia Epidemiológica Estatal, IMSS, ISSSTE, ISSEMYM, DIF, SEP, entre otros.

Cuando se presentan condiciones desfavorables meteorológicas, de temperatura o de contaminación, se inicia una Fase Preventiva para que las distintas instituciones puedan iniciar acciones preventivas de forma anticipada a una probable precontingencia o contingencia ambiental. En tales casos, la información se actualiza cada dos horas.

En la figura 3.2 se muestran los valores del Índice y Salud del año 2023, de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. Estos valores fueron integrados por la Secretaría de Salud del Estado de México en su Boletín Epidemiológico Semanal, con el fin de interpretarlos y comunicarlos a todas las unidades de salud, de modo que estén preparadas para atender a pacientes con síntomas asociados a altas concentraciones de contaminantes.

Figura 3.2. Reporte del Índice de Calidad del Aire y Salud del año 2023 en la ZMVT



Fuente: elaboración propia.

Los gobiernos locales deben emitir alertas en los días en que se prevean altas concentraciones de partículas y ozono. Además, deben recomendar a las personas con padecimientos nuevos o preexistentes que permanezcan en interiores, evitar hacer ejercicio o actividades al aire libre que incrementen la ventilación por minuto y, por lo tanto, la dosis inhalada.

Este esquema en colores se incluye para facilitar la visualización de los datos relacionados con la contaminación durante el 2023; sin embargo, en el boletín

mencionado se comunican los valores numéricos del Índice, así como los Índices máximos y mínimos registrados. Solo se incluyen los datos para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y ozono, ya que los otros tres contaminantes criterio –óxido de nitrógeno, óxido de azufre y monóxido de carbono– presentaron valores inferiores a los límites permisibles.

Se observa que la peor calidad del aire por partículas se presentó en los meses de diciembre y enero, cuando las condiciones meteorológicas no favorecen la dispersión del aire. Además, debido al frío, se quema más leña y carbón, lo que emiten importantes cantidades de partículas. Cabe mencionar que los días con más alta contaminación fueron el 25 y 26 de diciembre y el 1 y 2 de enero, debido a las fiestas de fin de año en las que se queman fuegos pirotécnicos y llantas, entre otros objetos.

La mala calidad del aire por partículas persistió los primeros cuatro meses, debido a la sequía y a la temporada de vientos fuertes en la que se suspende el polvo. Los eventos de mala calidad del aire debido al ozono se presentaron principalmente entre los meses de marzo a junio en los que hay una mayor radiación solar que favorece las reacciones fotoquímicas que derivan en la acumulación del ozono.

3.4 PANORAMAS EPIDEMIOLÓGICOS PARA EL VALLE DE TOLUCA

3.4.1 Principales padecimientos asociados a la contaminación atmosférica, registrados para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT)

El Sistema de Vigilancia Epidemiológica del Estado de México (SIVE EDOMEX) –ejercicio técnico y científico que vincula e integra a múltiples fuentes de información de la administración pública, dentro y fuera del sector salud– permite obtener representaciones sofisticadas sobre la salud y la enfermedad, sus determinantes y las relaciones de estos con los desenlaces de salud y los contextos en que ocurren.

En un ejercicio Delphi para la identificación de los principales padecimientos que aquejan a las y los mexiquenses asentados en la ZMVT asociados a la calidad del aire, el ISEM y el CEVECE evaluaron los determinantes relacionados con la presencia o agravamiento del estado de salud, según evidencia científica existente para ello, grupo poblacional, localización geográfica, grupo etario e incluso actividad económica del entorno, considerando las dos épocas que climatológica y meteorológicamente influyen en la zona –la seca fría y la cálida-húmeda–.

Lo anterior muestra la relación entre contaminación atmosférica y salud, así como los factores de variación geofísica producidos por los ciclos estacionales de energía y las radiaciones en la superficie de la Tierra que generan cambios en la meteorología, la contaminación y la salud. Adicionalmente, los factores meteoroló-

gicos, como la temperatura ambiental y la humedad, son variables que resumen a la propia meteorología y que, aunados a los factores socioculturales como el desarrollo económico, industrial, cultural, religioso y la mentalidad de las personas, describen en gran medida la conducta social en torno a la emisión de contaminantes.

Usando la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) –sistema utilizado por las unidades de salud que brindan atención médica a la población asentada en la ZMVT–, se realiza un seguimiento a los principales padecimientos asociados a la mala calidad del aire reportados en diversas publicaciones internacionales (Achakulwisut *et al.*, 2011; Bardach *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2017; Cohen *et al.* 2015; Fiordelisi *et al.*, 2017; GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators [2020]; WHO, 2024), a saber:

- Asma
- Infección respiratoria aguda
 - Neumonía
 - Influenza
 - COVID
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
- Conjuntivitis
- Otitis media aguda
- Enfermedad cerebrovascular
- Enfermedad isquémica del corazón

En las siguientes secciones, se exponen los panoramas epidemiológicos de esos padecimientos, detallando sus características, síntomas y una breve discusión respecto de los canales endémicos observados en el año 2023, asociados a los niveles de contaminantes atmosféricos en los distintos meses del año (figuras 3.1 y 3.2).

3.4.2 Panorama epidemiológico del asma

El asma es una enfermedad crónica de las vías respiratorias que provoca inflamación y estrechamiento reversible de los bronquios. Los síntomas del asma incluyen dificultad para respirar, sibilancias, opresión en el pecho, tos (especialmente nocturna o matutina) y fatiga, que pueden intensificarse durante ataques desencadenados por alérgenos, ejercicio, infecciones, hiperventilación, aire seco o frío o contaminación (Franken-Morales *et al.*, 2021). Usualmente se realiza una exploración del tórax para un diagnóstico rápido o para evaluar la mejora del paciente con un agonista β de acción corta.

El desarrollo del asma y su gravedad es el resultado de la combinación de factores genéticos (que representan entre el 70 y 80%), pero también de vulnerabilidad biológica y ambientales. Aunque no tiene cura, puede controlarse con tratamiento adecuado.

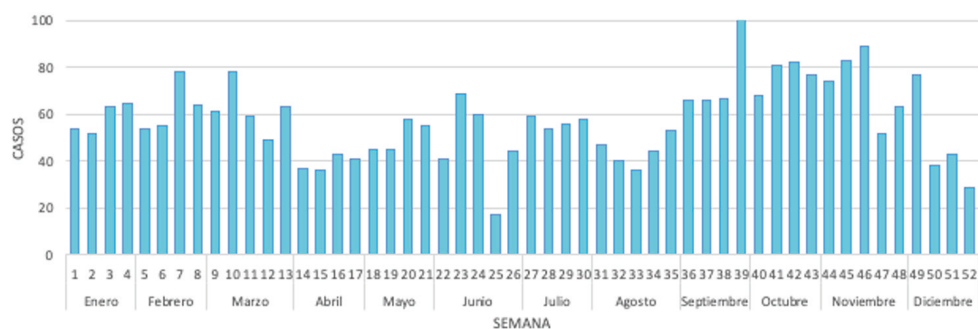
En el 2019 se estimó que 455,000 defunciones se debieron a esta enfermedad y que más de 260 millones de personas en el mundo la padecían, principalmente en zonas urbanizadas de países en desarrollo (GBD 2019 *Diseases and Injuries Collaborators*, 2020).

En las últimas décadas se ha documentado que la contaminación del aire es un desencadenante y exacerbante de ataques asmáticos, particularmente en niños (Rodríguez *et al.*, 2010) lo que se debe a que los pulmones en desarrollo de los infantes tienen una mayor susceptibilidad a las sustancias tóxicas que los adultos (Ubilla y Yohannessen, 2021).

La exposición a corto plazo a partículas se vincula con síntomas de asma, especialmente en niños con alergias, mientras que la exposición prolongada está relacionada con asma mal controlado y reducción de la función pulmonar en niños y adultos (Guarnieri y Balmes, 2014). La exposición al ozono provoca inflamación e hiperreactividad de las vías respiratorias, así como disminuciones en la función pulmonar tanto en adultos sanos como asmáticos. En los niños, el ozono se ha asociado con la sensibilización alérgica, un factor de riesgo conocido para el posterior desarrollo de asma.

Un estudio reciente que aplicó funciones de concentración-respuesta, realizado en 194 países y 125 ciudades (Achakulwisut *et al.*, 2019), mostró que el 13% de los nuevos casos de asma en niños a nivel global podría atribuirse a la exposición anual a NO_2 , principalmente en ciudades, causante de broncoconstricción más pronunciada, especialmente en individuos asmáticos. Aunque este contaminante ha disminuido mucho en la atmósfera, sigue siendo un problema en países en desarrollo y en zonas industriales (Guarnieri y Balmes, 2014).

Incidencia del asma en el 2023 en la ZMVT. Se puede observar en la figura 3.3 la variación semanal de los casos de asma en la ZMVT. El promedio anual es de 57 casos semanales. La incidencia del asma fue menor durante la época de lluvias, con 50 casos por semana, pero en el primer trimestre hubo 62 casos semanales. En el último trimestre, se presentó la mayor incidencia, aumentando a 68 casos por semana, lo cual se asocia a la disminución de la temperatura y menor contenido de humedad en el otoño e invierno, y a que los máximos de concentración de partículas se presentaron en la época de invierno. Estos resultados concuerdan parcialmente con el comportamiento del índice de contaminación de los tres contaminantes revisados antes, en la figura 3.2, donde hubo una mejora sustancial de la calidad del aire en los meses con lluvia.

Figura 3.3. Casos de asma en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en 2023

Fuente: elaborada con datos de los boletines epidemiológico del Estado de México.

3.4.3 Panorama epidemiológico de las infecciones respiratorias agudas

El grupo de enfermedades más frecuentes a nivel mundial son las infecciones respiratorias agudas (IRA), con millones de casos reportados cada año, especialmente en países con acceso limitado a atención médica, siendo la principal causa de consulta y de hospitalización en menores de cinco años.

Las IRA implican afectación de vías respiratorias, desde la nariz hasta los pulmones, con una aparición repentina y duración menor a 15 días (González y Rey, 2021). Se presentan principalmente en el tracto respiratorio superior, como en los casos de influenza, rinitis y faringoamigdalitis; pero aproximadamente un 5% afectan el tracto respiratorio inferior con infecciones más graves como la neumonía (De la Flor, 2022; Valero *et al.*, 2009) o la bronquitis aguda. La etiología principal está asociada a virus respiratorios, aunque las infecciones bacterianas suelen ser un agente causal importante en el caso de las neumonías.

En países desarrollados, las infecciones respiratorias virales no son una causa importante de mortalidad, en contraste con lo que ocurre en países en vías de desarrollo (Valero *et al.*, 2009).

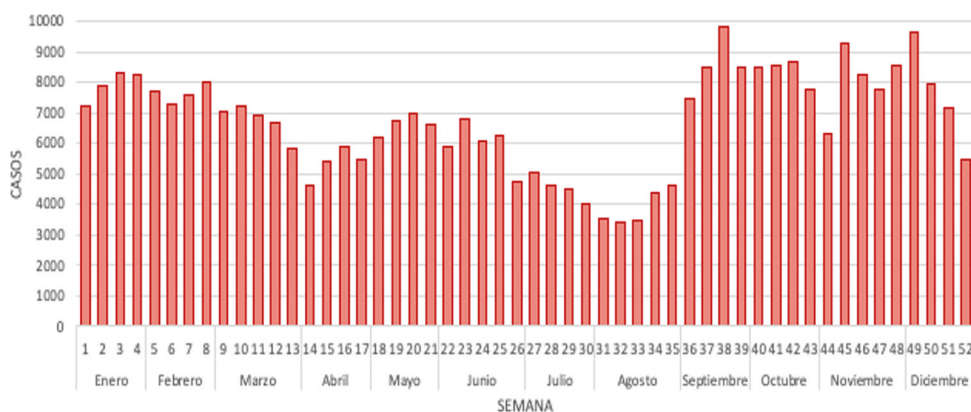
Las IRA afectan principalmente a personas mayores y a niños menores de cinco años, quienes no han desarrollado inmunidad ante muchos virus, tienen prácticas de higiene personal deficientes, además de estar más expuestos a agentes etiológicos como virus y bacterias.

Aunque estas infecciones pueden ocurrir durante todo el año, su incidencia aumenta notablemente en las temporadas de otoño e invierno, comenzando a disminuir en primavera. Esta correlación entre resfriados y temperaturas frías se

atribuye a la mayor supervivencia de los virus en climas fríos, al incremento en la transmisión interpersonal que se intensifica en espacios cerrados y mal ventilados, y a los niveles más elevados de contaminación atmosférica en invierno, especialmente entre los niños menores de cinco años y los adultos mayores de 60 (Rodríguez *et al.*, 2010; Rey *et al.*, 2011; González y Rey, 2021).

Incidencia de las infecciones respiratorias agudas en 2023 en la ZMVT. La figura 3.4 muestra que se presentan más de 4,000 casos de infecciones respiratorias todos los meses del año; sin embargo, la incidencia se incrementa a más del doble durante los periodos de otoño e invierno debido al frío y la humedad, así como por una mayor concentración de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en estas estaciones del año, como se mostró antes, en la figura 3.2.

Figura 3.4. Casos de infecciones respiratorias agudas en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

En las siguientes secciones se aborda el panorama epidemiológico de las tres IRA: neumonía, influenza y COVID-19.

3.4.3.1 Panorama epidemiológico de la neumonía

Las infecciones de las vías respiratorias bajas son un problema de salud grave a pesar del progreso en los tratamientos antimicrobianos. La neumonía es una IRA que afecta a los pulmones. En México, es la novena causa de mortalidad en todos los grupos de edad, pero su impacto es más significativo entre los más vulnerables:

es la cuarta causa de muerte en niños de uno a cinco años y la séptima en adultos mayores de 65 años. De acuerdo con la OMS, la neumonía es la primera causa de mortalidad infantil en el mundo, representando el 15% del total de defunciones en infantes. Aunque puede tener origen viral o por hongos, usualmente la ocasionan las bacterias y, si se diagnostica a tiempo, es tratable; por ello, ante las primeras manifestaciones, que a menudo se confunden con un resfriado, es fundamental acudir al médico. Si bien la etiología y las complicaciones se han modificado a lo largo del tiempo, el diagnóstico y el tratamiento oportuno sigue siendo un desafío histórico hasta el día de hoy (González y Rey, 2021).

Los síntomas de la neumonía, dependiendo de la gravedad de la infección y la salud general del paciente, generalmente incluyen: fiebre alta, tos con flema, malestar general y cansancio extremo, dificultad para respirar y sudoración excesiva. Puede ser una condición grave, principalmente en individuos con enfermedades persistentes, adultos mayores y niños pequeños. El diagnóstico se realiza con la auscultación y/o una evaluación clínica. Si existe insuficiencia respiratoria, puede ser necesaria la hospitalización, y en adultos mayores puede generar deterioro cognitivo.

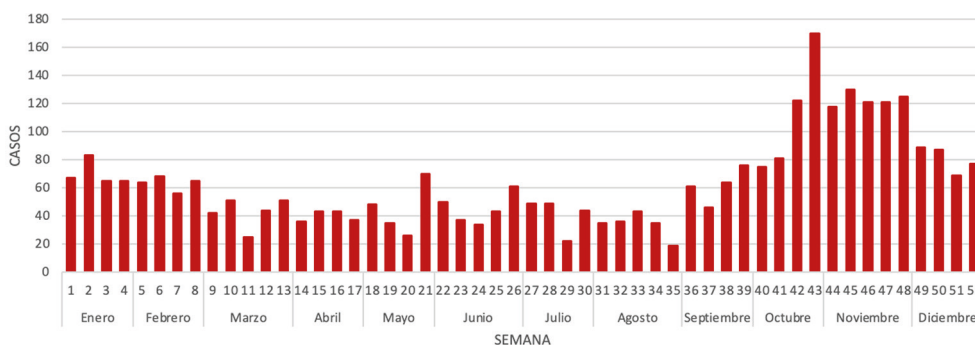
Aún existe controversia sobre las técnicas diagnósticas óptimas y las posibilidades terapéuticas seleccionadas para tratar la neumonía. Típicamente, la neumonía se ha considerado en términos del patógeno infectante, lo que facilita el análisis de sus manifestaciones clínicas, pero implica una guía limitada para el tratamiento del paciente, ya que rara vez se dispone de información microbiológica en la primera visita del paciente. La neumonía puede clasificarse como extrahospitalaria u hospitalaria, y dentro de esta última se incluyen la neumonía hospitalaria y la neumonía por uso de respirador mecánico. Estas categorías se basan en entornos distintos y microorganismos infecciosos diversos y requieren intervenciones diagnósticas y terapéuticas diferentes. La neumonía y los abscesos pulmonares por microorganismos anaerobios pueden ser tanto de origen hospitalario como extrahospitalario, y justifican un análisis independiente (Garrido-Galindo, 2024; Valero *et al.*, 2009).

Se ha demostrado que la contaminación del aire puede incrementar el riesgo de desarrollar neumonía, lo que incluye tanto hospitalizaciones como visitas a la clínica. Además, las partículas suspendidas pueden deteriorar el pronóstico de los pacientes con neumonía y se han asociado con un aumento en el riesgo de requerir soporte respiratorio invasivo y/o vasopresores, así como con una mayor mortalidad durante la hospitalización (Yee *et al.*, 2021).

Incidencia de la neumonía en la ZMVT. La figura 3.5 ilustra los casos de neumonía que se presentaron en el 2023, donde se aprecia que durante casi todo el año se

mantiene un promedio de alrededor de 60 casos; sin embargo, en los meses de octubre, noviembre y diciembre se incrementan a más de 100 casos. Especialmente con la llegada del frío en otoño, en octubre, en el cual se registró un máximo, con 170 casos. Aunque en dichos meses las concentraciones de partículas en la ZMVT no son las más altas, es importante señalar que en este año se tuvo buena calidad del aire por PM_{10} solo durante 6 días y por $PM_{2.5}$ ningún día. Dichas partículas finas pueden penetrar a las vías aéreas inferiores de los pulmones y los alveolos, promoviendo y agravando este tipo de infecciones.

Figura 3.5. Casos de neumonía en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en 2023



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.3.2 Panorama epidemiológico de la influenza

La influenza es una enfermedad infecciosa viral que se presenta globalmente durante todo el año, aunque su mayor prevalencia ocurre en los meses de invierno, siendo la contaminación atmosférica un factor impulsor (Liu *et al.*, 2019), principalmente por $PM_{2.5}$.

La OMS ha reportado que la influenza causa entre 3 y 5 millones de casos graves en el mundo y ocasiona entre 290,000 y 650,000 muertes al año. La vacunación anual es la principal estrategia preventiva. Aunque no siempre es 100% efectiva debido a la evolución del virus, reduce significativamente la gravedad de la enfermedad y la mortalidad asociada (OPS, 2024).

La influenza es causada por un virus de ARN perteneciente a la familia *Orthomyxoviridae*, de la cual existen tres tipos: A, B y C. Los virus de tipo A se clasifican en subtipos, según las glucoproteínas en su superficie: hemaglutinina (H) y

neuraminidasa (N). Hasta el momento, se han identificado 16 tipos de hemaglutinina y 9 de neuraminidasa, cuya variabilidad es el resultado de mutaciones evolutivas. En América, los subtipos de influenza humana con mayor circulación son: influenza A (H1N1) estacional, influenza A (H3N2), otros subtipos de influenza A, e influenza B. El comportamiento patogénico varía según el subtipo. Por ejemplo, el virus A (H1N1) de 2009 provocó una mayor mortalidad en adultos jóvenes, en contraste con la influenza estacional, que afecta principalmente a niños pequeños y personas mayores. Factores como el subtipo viral, el retraso en la atención médica y la presencia de comorbilidades son determinantes clave en la morbilidad asociada a esta enfermedad (CDC, 2024).

La influenza se transmite principalmente a través de gotitas respiratorias que se liberan cuando una persona infectada tose, estornuda o habla y también puede transmitirse por contacto con superficies contaminadas. Los niños pequeños, los adultos mayores, las mujeres embarazadas y las personas con enfermedades crónicas son los más susceptibles a sufrir complicaciones graves, como neumonía, exacerbación de enfermedades preexistentes y, en algunos casos, la muerte.

El período de incubación en humanos es de 1 a 7 días. El periodo de transmisibilidad va desde un día previo a los síntomas hasta 7 días en adultos, y hasta 14 días en niños. Un paciente con cuadro gripal presenta al menos tres de los siguientes síntomas: fiebre, cefalea, ataque al estado general, tos seca, faringodinia, odinofagia, dolor abdominal, rinorrea hialina, inicio súbito, postración, escalofrío, disfonía, expectoración, hemoptisis, náusea, vómito, mialgias, artralgias, lumbalgia, conjuntivitis, congestión nasal, diarrea, dolor torácico, disnea, cianosis, hiperemia conjuntival, obstrucción nasal, sibilancias o estertores, y desorientación.

La influenza se clasifica en leve y moderada, cuando no hay compromiso respiratorio o enfermedad crónica descompensada; y en severa cuando hay compromiso respiratorio que requiere hospitalización para apoyo respiratorio. Las complicaciones más graves son neumonía primaria viral, neumonía bacteriana sobreagregada, sepsis grave y falla multiorgánica. El diagnóstico se realiza mediante la identificación directa o indirecta del virus, siendo la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT-PCR) la técnica más recomendable y el protocolo establecido por la CDC y la OMS desde el 28 abril de 2009.

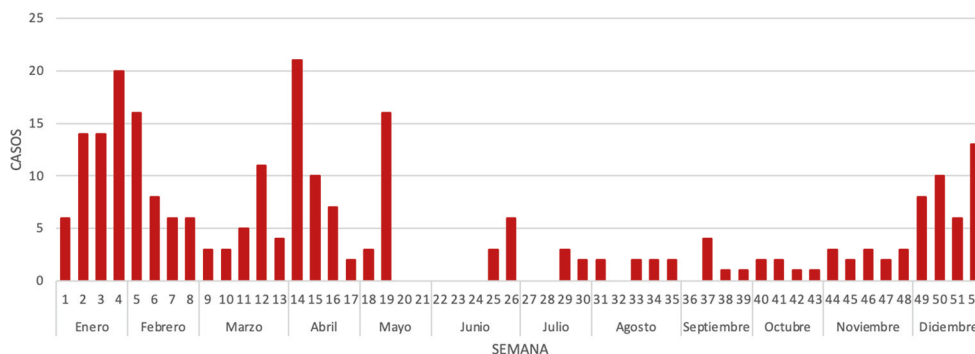
La infección por el virus de la influenza puede causar neumonía primaria o neumonía bacteriana secundaria, siendo *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Haemophilus influenzae* las bacterias más comunes en esta última. Otras complicaciones respiratorias incluyen sinusitis, bronquitis y otitis media. En niños, la influenza puede desencadenar convulsiones febriles, encefalopatía, síndrome de Reye, miocarditis y miositis. En casos raros, se presentan complicaciones

neurológicas como mielitis transversa y polirradiculoneuritis (Solorzano-Santos y Miranda-Noveles, 2009).

Los factores clave en la epidemiología de la influenza son la estacionalidad y la transmisión, ya que los brotes suelen ocurrir en los meses más fríos del año, generalmente en otoño e invierno en el hemisferio norte y durante la primavera en el hemisferio sur. Sin embargo, también puede presentarse fuera de temporada en algunas regiones.

Incidencia de la influenza en la ZMVT. La figura 3.6 muestra que los casos de influenza a lo largo del año son, en promedio, de 5 a la semana. Sin embargo, en las primeras cinco semanas del año y en las cuatro últimas se llegaron a registrar hasta 20 casos por semana debido al frío y la poca humedad que favorece el contagio de virus, así como por las altas concentraciones de partículas atmosféricas que irritan las mucosas de personas sensibles.

Figura 3.6. Casos de influenza en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.3.3 Panorama epidemiológico de la COVID-19

A finales de 2019, se identificaron varios casos de neumonía de causa desconocida en Wuhan, provincia de Hubei, China. Posteriormente, se descubrió que estos casos estaban relacionados con un nuevo coronavirus, denominado SARS-COV-2. Este virus utiliza la misma enzima convertidora de angiotensina II (ACE2) como receptor de entrada celular, similar al SARS-COV. Los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos lo nombraron nuevo coronavirus

2019 (2019-nCoV), mientras que la OMS lo denominó SARS-CoV-2, causante de la enfermedad conocida como COVID-19.

Las características clínicas y epidemiológicas de los pacientes con COVID-19 varían ampliamente, desde infecciones leves o asintomáticas hasta casos graves que pueden culminar en neumonías fatales, hospitalización en unidades de cuidados intensivos y alta mortalidad. De acuerdo con la OMS, la epidemiología actual del COVID-19, en el 2024, muestra una situación en evolución, con fluctuaciones en la transmisión y el impacto global del virus. Entre junio y agosto de 2024, se ha observado un aumento en los casos de COVID-19 en varias regiones, impulsado en parte por nuevas variantes como JN.1, KP.3 y BA.2.86, las cuales siguen bajo vigilancia. Estas variantes han mostrado una circulación creciente en América y Europa, con incrementos en la positividad de pruebas y hospitalizaciones.

A nivel mundial, entre junio y julio de 2024, el número de nuevos casos reportados aumentó en un 30%, con más de 186,000 infecciones nuevas y un incremento del 26% en las muertes reportadas, alcanzando más de 2800 fallecimientos en el mismo período. Sin embargo, la interpretación de estas cifras debe hacerse con cautela debido a la reducción en las pruebas y la secuenciación en muchos países. Aunque la pandemia ha pasado a una fase de manejo a largo plazo, la vigilancia sigue siendo crítica, y la COVID-19 continúa siendo una amenaza de salud pública en ciertas regiones debido a las variantes emergentes.

Los síntomas de la COVID-19 pueden variar en intensidad, desde casos leves hasta graves o incluso mortales. Entre los síntomas más comunes se encuentran fiebre o escalofríos, tos seca persistente, dificultad para respirar y fatiga extrema. Otros síntomas incluyen dolores musculares, dolor de cabeza, pérdida repentina del olfato o del gusto, dolor de garganta, congestión nasal, y malestar gastrointestinal como náuseas, vómitos o diarrea. En casos más graves, los pacientes pueden experimentar dificultad severa para respirar, presión o dolor en el pecho, confusión, y en algunos casos, una coloración azulada en los labios o rostro, lo cual puede indicar una emergencia médica. La severidad de estos síntomas varía dependiendo de factores como la edad, condiciones preexistentes y la variante del virus. Algunas personas pueden ser asintomáticas o tener síntomas leves, mientras que otras, especialmente las que tienen factores de riesgo, pueden desarrollar complicaciones serias como neumonía o insuficiencia respiratoria (WHO, 2024; Arce-Salinas *et al.*, 2021).

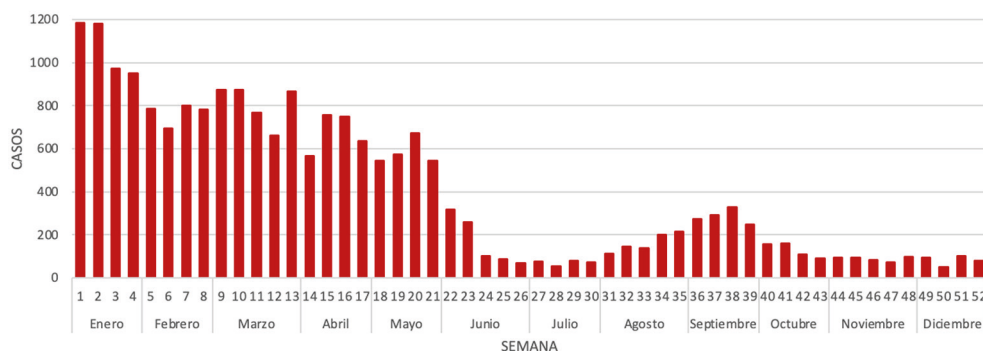
Las tres opciones más comunes para detectar la enfermedad difieren en métodos de toma de muestras, análisis y en resultados, y su uso depende de la presencia de síntomas y avance de la enfermedad:

- Prueba PCR: las más efectivas para detectar COVID con o sin síntomas.
- Prueba de antígenos: poco efectivas para detectar COVID sin síntomas.
- Prueba serológicas: para confirmar si ya se tuvo COVID previamente.

Aunque no se han encontrado evidencias contundentes que asocien los casos de COVID-19 y la calidad del aire, algunos autores encontraron correlaciones positivas estadísticamente significativas entre la exposición a largo de $PM_{2.5}$ y mortalidad por COVID-19 a nivel individual, ya que la exposición a contaminantes agrava los riesgos respiratorios y deprime el sistema inmunológico, lo que propicia el contagio de enfermedades respiratorias. Esto subraya la importancia de reducir la contaminación del aire para mejorar la salud pública, especialmente durante pandemias como la del COVID-19 (Woodward *et al.*, 2023).

Incidencia del COVID en la ZMVT. En la figura 3.7 se presentan los casos de la COVID-19 en la ZMVT durante 2023. Se puede observar que los contagios descendieron sustancialmente en la primera mitad del año y se mantiene en niveles bajos de contagio en comparación con 2020, 2021 y 2022, a pesar del periodo invernal en el Estado de México.

Figura 3.7. Casos de COVID-19 en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.4 Panorama epidemiológico de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una enfermedad pulmonar común que provoca una limitación progresiva y persistente del flujo de aire en los pulmones, causada por el estrechamiento y/o la obstrucción de las vías aéreas.

Las condiciones que predominantemente constituyen la EPOC son: el enfisema, que implica un daño a los pulmones con destrucción de los alveolos pulmonares y la pérdida de elasticidad que aumenta la posibilidad de colapso, y la bronquitis crónica, que consiste en una tos prolongada con mucosidad provocada por la inflamación de las vías respiratorias.

Usualmente, las personas con EPOC tienen una combinación de ambas afecciones y, al igual que el asma, se asocia a sibilancias y dificultad para respirar. Las causas principales de esta enfermedad son el tabaquismo y la inhalación de aire contaminado tanto en interiores como en exteriores (Gálvez-Barrón y Pérez-López, 2023; Wise, 2024).

La EPOC es la séptima causa de morbilidad y la tercera causa de mortalidad en el mundo, representando el 6% de las muertes globales, especialmente de personas adultas mayores y fumadores. Según datos de la OMS, más de 250 millones de personas padecen esta enfermedad en el mundo. En países desarrollados, al menos el 70% de los casos se deben al tabaquismo, mientras que, en países de ingresos medianos y bajos, el tabaquismo representa el 40% de los casos, siendo la inhalación de humo por quema de biomasa para calefacción y preparación de alimentos la causa principal. La prevalencia es más alta en personas mayores de 40 años. Otros factores de riesgo son la contaminación ambiental y la predisposición genética en personas con deficiencia de la enzima alfa-1 antitripsina, que pueden desarrollar la enfermedad sin ser fumadores. Las personas con EPOC también tienen un mayor riesgo de desarrollar otras afecciones de salud, como infecciones respiratorias (gripe o neumonía), cáncer de pulmón, enfermedades cardíacas, debilidad muscular, osteoporosis, y problemas emocionales como ansiedad o depresión.

Los síntomas suelen aparecer a partir de la mediana edad y, a medida que la enfermedad avanza, las actividades cotidianas se vuelven más difíciles debido a la creciente falta de aire (Wise, 2024; Mannino, 2003). La EPOC no se cura, pero puede mejorar si no se fuma, se evita la contaminación del aire y vacunándose. Puede tratarse con medicamentos, oxígeno y rehabilitación pulmonar. Esta condición también puede tener un impacto económico significativo, afectando la productividad laboral y aumentando los costos de tratamiento.

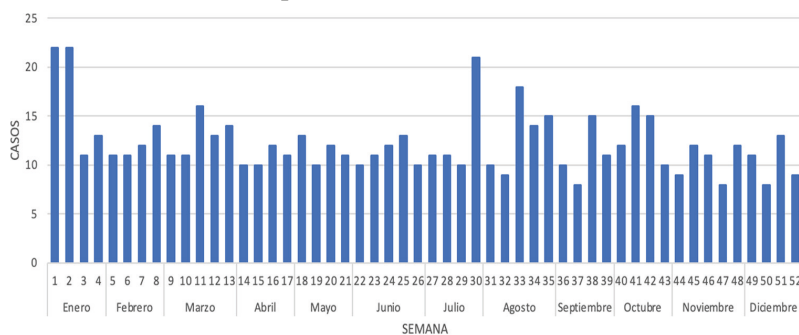
Los síntomas del EPOC no suelen manifestarse hasta que hay un daño en los alveolos y bronquiolos que son responsables del intercambio de oxígeno. Los síntomas principales incluyen dificultad para respirar (disnea), tos crónica, en ocasiones acompañada de esputo, y una sensación constante de fatiga. Estos síntomas pueden empeorar repentinamente en episodios conocidos como exacerbaciones, que pueden durar varios días y a menudo requieren tratamiento adicional. En cuanto al diagnóstico, la EPOC debe sospecharse en cualquier persona que presente

síntomas típicos. Esto se confirma a través de una espirometría, una prueba que evalúa la función pulmonar. En muchos países de ingresos bajos y medios, la falta de acceso a espirometrías provoca que la EPOC a menudo no se diagnostique adecuadamente.

La inhalación de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3) y otros contaminantes atmosféricos puede causar inflamación crónica de las vías respiratorias que daña el tejido pulmonar y puede acelerar el deterioro de la función pulmonar. Esto agrava la obstrucción de las vías respiratorias y empeora los síntomas en personas con EPOC, provocando exacerbaciones o episodios agudos que llevan a un aumento en las hospitalizaciones y la mortalidad, particularmente en áreas urbanas durante eventos de alta contaminación. La exposición a NO_2 y SO_2 ha mostrado un mayor aumento de efectos adversos en la salud, incluida la EPOC, principalmente en países de bajos y medianos ingresos. Por lo tanto, la reducción de la contaminación atmosférica se considera una estrategia clave para mitigar el impacto de la EPOC en la salud pública (Li *et al.*, 2016).

Incidencia de la EPOC en la ZMVT. La figura 3.8 presenta los casos nuevos de EPOC en la ZMVT durante el 2023. Se observa que, en promedio, se registraron 12 eventos semanales, incrementándose en la temporada de invierno y en los meses de otoño con lluvias. Esto se debe al frío, la humedad y el incremento de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos, que ocasionan un aumento en las infecciones virales, como la gripe y los resfriados, factores que pueden desencadenar exacerbaciones graves en personas con EPOC. En la temporada invernal, se presentan también las concentraciones más altas de contaminantes, agravando este padecimiento.

Figura 3.8. *Casos de enfermedad pulmonar obstructiva crónica en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023*



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.5 Panorama epidemiológico de la otitis media aguda

Hace casi un siglo, la otitis media aguda (OMA) se describió como una infección del oído medio, caracterizada por alteraciones visibles en la membrana timpánica, como cambios de color, pérdida de la movilidad y estructuras osiculares. En un 70% de los casos se han identificado bacterias, pero el tratamiento, principalmente empírico, no estaba bien definido. Aunque los virus también eran considerados como posibles causantes, existían pocos estudios basados en evidencia que lo respaldaran. Hoy en día, la OMA se entiende como una infección aguda del oído medio que provoca inflamación en la mucosa y la acumulación de exudado purulento.

Con la medicina basada en evidencia, la evolución de las técnicas modernas de biología molecular, la de los estudios clínicos controlados y las mejores pruebas estadísticas, hoy contamos con información que nos da una certeza sobre los complejos mecanismos inmunitarios que interactúan con el microbioma (genoma de todos los microorganismos, simbióticos y patógenos) de la nasofaringe y del oído medio. Esto nos ha permitido entender mejor el proceso de la historia natural de la enfermedad y las diferentes opciones terapéuticas actuales recomendadas (Danishyar y Ashurst, 2024; Miyamoto, 2024).

La OMA es una condición de alta prevalencia a nivel mundial, reflejándose de manera similar en el Estado de México. Esta afección es más común en niños menores de 3 años debido a la inmadurez de su trompa auditiva, que presenta un ángulo más horizontal y un mecanismo de apertura menos eficiente. Aunque puede aparecer a cualquier edad, el 40% de los niños menores de 10 años experimentan episodios de OMA, con mayor prevalencia de infecciones bacterianas en los menores de cinco años. En contraste, este padecimiento es poco frecuente en adultos (Danishyar y Ashurst, 2024; Krause, 2016).

Un metaanálisis realizado por Bardach *et al.* (2011), que incluyó estudios de seis países latinoamericanos (México, Argentina, Chile, Costa Rica, Brasil y Colombia), reportó que en México la incidencia anual de OMA es de 36,000 casos por cada 100,000 niños menores de 4 años. Se estimó que, en un período de cinco años, la incidencia acumulada alcanzaría 10.5 millones de casos, similar a las tasas observadas en Estados Unidos y Europa. En México, la OMA es la quinta causa de morbilidad en la población infantil, ocupando el cuarto lugar en niños de 1 a 4 años y el quinto en menores de un año. Además, las complicaciones graves asociadas a esta enfermedad, como meningitis y mastoiditis, siguen siendo preocupantes en los países en desarrollo.

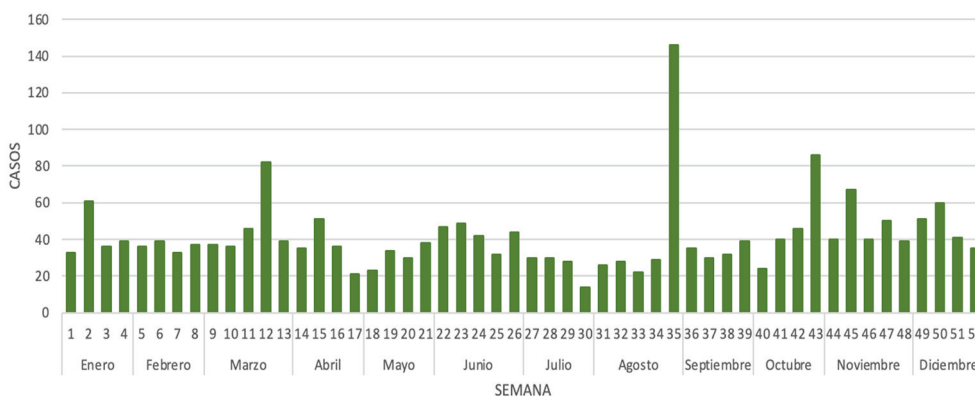
El cuadro clínico inicial de la OMA es inespecífico y puede parecerse a una infección respiratoria aguda de vías altas, con síntomas como fiebre, fatiga y otalgia

(dolor de oído), que pueden afectar el sueño y las actividades diarias. El diagnóstico de OMA sigue siendo clínico y requiere una exploración física adecuada, utilizando otoscopia neumática para confirmar la presencia de inflamación o líquido en el oído medio (Miyamoto, 2024).

En los últimos años, diversos estudios epidemiológicos han incrementado las evidencias de asociaciones entre el alto riesgo de OMA en niños y altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, siendo el NO_2 el que presenta la asociación más consistente en comparación con otros contaminantes que muestran inconsistencia en las asociaciones, aunque el consenso general es que la exposición a los contaminantes gaseosos, partículas, hidrocarburos policíclicos y humo de leña se vinculan con OMA (Bowatte *et al.*, 2018).

Incidencia de la otitis media aguda en la ZMVT. La figura 3.9 presenta los casos de OMA que se presentaron en la ZMVT en 2023, con un promedio de 25 casos semanales. Se registró un aumento de casos en las temporadas de otoño e invierno por el descenso de temperatura que propicia las infecciones respiratorias y la influenza relacionadas con la OMA, así como por el incremento en los niveles de concentración atmosférica en dichas temporadas. El aumento de casos pudo deberse a que en la semana 36 hubo cambios en el clima al pasar del verano al otoño, además de que en ese mes hubo 8 días con mala calidad del aire que propiciaron infecciones.

Figura 3.9. Casos de OMA en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.6 Panorama epidemiológico de la enfermedad cerebro vascular

El accidente cerebrovascular isquémico ocurre debido a trastornos que afectan los vasos sanguíneos del cerebro, lo que resulta en una reducción del flujo sanguíneo cerebral. Esta disminución puede causar daño cerebral, transitorio o permanente, y afectar áreas localizadas o de manera generalizada. Se clasifica en varias categorías: accidente cerebrovascular establecido, accidente cerebrovascular estable, accidente cerebrovascular en evolución y accidente isquémico neurológico reversible. En la última década, ha surgido una creciente preocupación acerca de los efectos perjudiciales que los contaminantes inhalados pueden tener en el sistema nervioso central (Dattoli-Garcia *et al.*, 2021; Piloto *et al.*, 2015).

Es la segunda causa principal de muerte en el mundo y la razón más frecuente de discapacidad. Durante los últimos 30 años, tanto la prevalencia como la incidencia de esta afección han experimentado un notable incremento en regiones como América Latina. Entre los factores de riesgo se encuentran la hipertensión arterial, el tabaquismo, un alto índice cintura/cadera, una dieta poco equilibrada, la diabetes, el abuso de alcohol, y condiciones psicológicas como el estrés y la depresión. Además, las patologías cardíacas, como la fibrilación auricular, los infartos previos y las enfermedades valvulares también contribuyen. Por otro lado, la actividad física regular (realizada al menos cuatro veces por semana) se asocia con una reducción del riesgo (Dattoli-Garcia *et al.*, 2021; De la Garza-Longoria *et al.*, 2019; Piloto *et al.*, 2015).

Dependiendo del mecanismo que origina la obstrucción arterial, se puede distinguir tres tipos principales de accidentes cerebrovasculares isquémicos: el trombótico, que es resultado de aterotrombosis en arterias grandes; el embólico, que ocurre cuando un émbolo migra y bloquea un vaso; y el hemodinámico, causado por la disminución del flujo sanguíneo debido a una reducción del gasto cardíaco. El sistema de clasificación TOAST (Trial of Org 10172 in Acute Stroke Registry), utilizado para definir mejor las causas, agrupa estos eventos en cinco categorías: aterotrombosis de grandes vasos, cardioembolia, infartos lacunares, otras causas, y origen indeterminado.

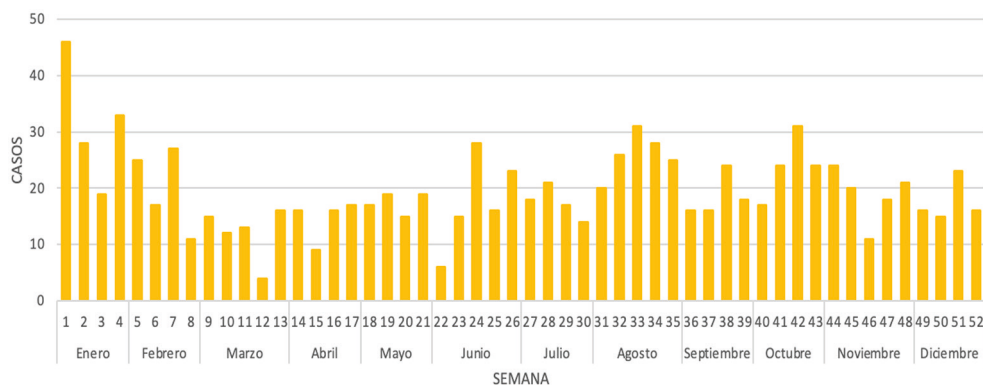
Los signos clínicos de un evento vascular cerebral suelen aparecer de manera abrupta y están directamente relacionados con la extensión del daño en el parénquima cerebral comprometido. En la mayoría de los casos, los pacientes presentan debilidad muscular de diversa gravedad o una alteración repentina del estado de consciencia. En la evaluación clínica, el examen físico debe centrarse en corroborar los síntomas reportados por el paciente y en identificar signos neurológicos

específicos. Para cuantificar el déficit neurológico, se emplean varias escalas, siendo la más común la Escala de Ictus del Instituto Nacional de Salud (NIHSS). La tomografía computarizada simple de cráneo es la herramienta diagnóstica más útil en el área de urgencias por su fácil acceso y rapidez (De Prado *et al.*, 2018).

A la fecha, diversos estudios han demostrado que la contaminación ambiental, principalmente las partículas finas, pueden afectar al sistema nervioso central al producir estrés oxidativo e inflamación, incrementando el riesgo de embolias, derrames cerebrales y disfunción cognitiva (Hahad *et al.*, 2020).

Incidencia de la enfermedad cerebrovascular en la ZMVM. En la figura 3.10, se presentan los casos de enfermedad cerebrovascular registrados en 2023 en la ZMVT. Se observa mayor incidencia en las primeras semanas correspondientes a la época de frío, lo cual concuerda con algunos estudios que han observado el incremento de eventos isquémicos y hemorrágicos, probablemente debido a la mayor prevalencia de hipertensión, cambios en la viscosidad de la sangre y vasoconstricción en respuesta a las bajas temperaturas. Asimismo, las festividades de fin de año promueven el consumo de alcohol y comida en exceso, al igual que el sedentarismo. En cambio, los meses cálidos suelen tener una incidencia ligeramente menor, como se aprecia en la figura 3.10.

Figura 3.10. *Casos de enfermedad cerebrovascular en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023*



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.7 Panorama epidemiológico de la enfermedad isquémica del corazón

Los estilos de vida han cambiado significativamente y con ellos han surgido nuevos riesgos asociados al sedentarismo, el estrés, el consumo de tabaco, alcohol y drogas (tanto sintéticas como no sintéticas). Además, la violencia, así como las conductas y tipos de alimentación de alta densidad energética, el sobrepeso y la obesidad, dislipidemia e hipertensión arterial son factores responsables de gran parte de la carga global de la enfermedad, ya que han dado como resultado problemas como las cardiopatías a edades cada vez más tempranas. Numerosos estudios demuestran que la exposición a las PM_{10} y las $PM_{2.5}$, tanto a corto como a largo plazo, incrementa la mortalidad y la morbilidad por enfermedades cardiovasculares crónicas y agudas (Fiordelisi *et al.*, 2017).

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) se han convertido en el mayor desafío de salud pública en México, donde su prevalencia ha aumentado alarmantemente debido a cambios en el estilo de vida y factores de riesgo cada vez más presentes en la población. Las cardiopatías representan la principal causa de muerte en adultos en México. En 2017, México tuvo la tasa más alta de mortalidad por infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (27.5%), comparado con el promedio del 7.5% en los países de la OCDE. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó 141,619 muertes por ECV en ese mismo año.

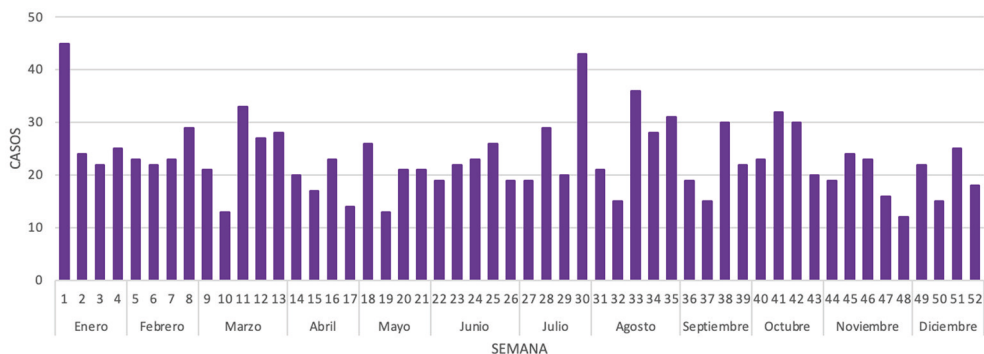
Las ECV son la principal causa de muerte en México, con más de 200,000 defunciones en el 2023, lo que representó el 30% de todas las muertes en el país. Existen diversas enfermedades del corazón, algunas derivadas de infecciones e inflamaciones, como la endocarditis o valvulitis reumática, insuficiencia cardíaca, con un origen no muy claro, y las arritmias. Sin embargo, las enfermedades de mayor prevalencia y mortalidad son las isquémicas, entre las cuales se encuentra el infarto al miocardio (Ferreira-González, 2014; OPS, 2024).

La enfermedad isquémica del corazón es la principal causa de muerte por enfermedad cardiovascular, seguida por los accidentes cerebrovasculares. Las enfermedades cardiovasculares más comunes se dan en las arterias coronarias y cerebrales, tales como la apoplejía, embolia o derrame cerebral, con alta prevalencia en mujeres. El infarto agudo de miocardio (IAM) es la necrosis del tejido cardíaco que ocurre debido a una obstrucción repentina de una arteria coronaria, lo que impide el adecuado suministro de oxígeno al corazón. Clínicamente, se manifiesta con dolor o malestar en el pecho, que puede estar acompañado de dificultad para respirar (disnea), sudoración excesiva, náuseas, e incluso mareos. El diagnóstico se realiza a través de la interpretación del electrocardiograma (ECG) y la detección de marcadores bioquímicos específicos en sangre, como la troponina, que indican

daño miocárdico. El tratamiento del IAM incluye una combinación de medicamentos y procedimientos que buscan restaurar el flujo sanguíneo.

Incidencia de la enfermedad isquémica del corazón en la ZMVT. La figura 3.11 muestra que los casos nuevos registrados en el 2023, en la ZMVT, se presentan durante todo el año, con mayor predominio en el segundo semestre, pero con mayor incidencia en el periodo invernal, en el que la contaminación atmosférica es más alta y es un importante factor de riesgo que exacerba la enfermedad isquémica al provocar inflamación, daño arterial, aumento de la presión arterial y de la probabilidad de eventos cardiovasculares graves, como infartos (Fiordelisi *et al.*, 2017).

Figura 3.11. Casos de enfermedad isquémica del corazón en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

3.4.8 Panorama epidemiológico de la conjuntivitis

La conjuntivitis es una inflamación o infección de la conjuntiva, la membrana que recubre el interior de los párpados y la parte blanca del ojo denominada esclerótica. Puede ser causada por infecciones virales, bacterianas o por factores irritantes como alérgenos, polvo y productos químicos. Los síntomas típicos incluyen enrojecimiento de los ojos, picazón, secreción, lagrimeo y, a veces, dolor o sensibilidad a la luz. La conjuntiva, que es altamente vascularizada, contiene pequeños vasos sanguíneos visibles en condiciones normales. Sin embargo, cuando se inflama, estos vasos se vuelven más prominentes, dando lugar al enrojecimiento característico de la conjuntivitis. El área interna del párpado, generalmente rosada, también se torna roja (Pinheiro y Oliveira, 2024). Se ha estimado que alrededor del 1% de las consultas de atención primaria se relacionan con este padecimiento, el cual,

al menos inicialmente es tratado por un médico general y no por un oftalmólogo (Kaufman, 2011).

La conjuntivitis puede ser de varios tipos, dependiendo de su origen (Pinheiro y Oliveira, 2024; Arias *et al.*, 2019):

Conjuntivitis viral. Es la forma más común con aproximadamente el 80% de los casos, y usualmente es causada por Adenovirus. Es muy contagiosa, ya que el infectado, al tocarse los ojos, contamina con las secreciones a otras personas u objetos en los que el virus sobrevive.

Conjuntivitis bacteriana. Es menos común y se transmite de la misma forma. Es causada por las siguientes bacterias: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Moraxella catarrhalis* y *Pseudomonas aeruginosa*.

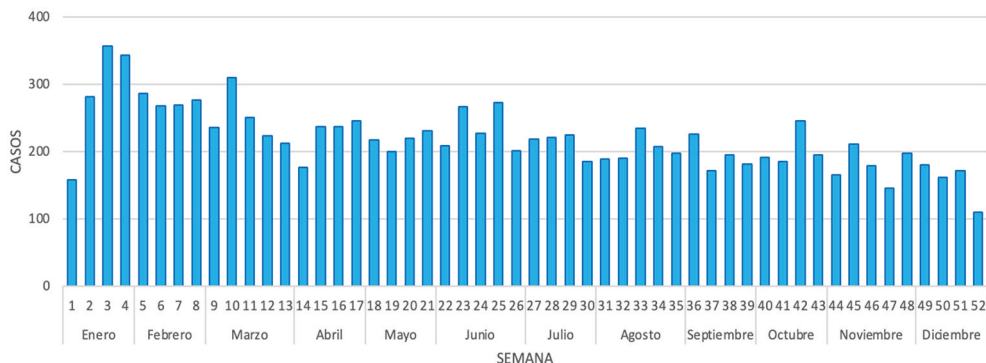
Conjuntivitis alérgica. La inflamación de la conjuntiva se produce por una reacción alérgica a sustancias como polen, polvo, pelo de los animales, moho, etc. No se contagia, por lo que no es necesario aislar al paciente.

Conjuntivitis irritativa. Puede ser causada por el uso de lentes de contacto, por alguna sustancia y por contaminantes en el aire en eventos de alta contaminación (como partículas u ozono, que producen enrojecimiento y lagrimeo). En las épocas secas de primavera o invierno, el aumento del polvo en el ambiente o el uso de combustibles en sitios cerrados puede producir o empeorar los casos de conjuntivitis.

Los primeros síntomas de la conjuntivitis suelen ser ardor, lagrimeo, sensación de arena en los ojos y dolor tipo quemante de los párpados al despertar. En poco tiempo, los ojos se enrojecen y puede aparecer una secreción purulenta, especialmente en la conjuntivitis bacteriana. Otros síntomas comunes son la comezón en los ojos, dolor, edema de los párpados e intolerancia a la luz. En general, no hay otras alteraciones de la capacidad visual. Los síntomas contribuyen a diagnosticar el tipo de conjuntivitis (Arias *et al.*, 2019).

Incidencia de conjuntivitis en la ZMVT. La figura 3.12 presenta la tendencia de los casos de conjuntivitis en 2023. El promedio semanal de casos de conjuntivitis fue de 219, pero la mayor incidencia se observó en los primeros meses del año, durante la época invernal, con hasta 357 casos. La estacionalidad de la conjuntivitis puede estar relacionada con la contaminación, especialmente en lo que respecta a la conjuntivitis irritativa y, en algunos casos, la conjuntivitis alérgica. En resumen, aunque la conjuntivitis alérgica está más influenciada por los alérgenos estacionales, la contaminación del aire puede agravar los síntomas o contribuir al aumento de casos de conjuntivitis irritativa durante todo el año.

Figura 3.12. *Casos de conjuntivitis en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el 2023*



Fuente: elaborada con datos de los Boletines Epidemiológico del Estado de México.

Como se mencionó anteriormente, en la ZMVT se ha llevado a cabo una estrategia de comunicación sobre los niveles diarios de contaminación atmosférica para que el sector salud conozca la situación de la calidad del aire todos los días y utilice esta información para prevenir a la población sensible de niños y adultos y, en simultáneo, para gestionar la afluencia a las unidades de salud en los casos de precontingencia y contingencia ambiental.

Sin embargo, se ha observado que, en el sector salud, son pocos los profesionales que hacen uso de esta información, o en muchos casos no saben bien qué hacer con ella. Por ello, se requiere incrementar los esfuerzos para que, en el futuro, la información diaria de la calidad del aire sea un elemento más en la prevención y atención de los riesgos asociados a la calidad del aire. Además, es crucial que estos profesionales puedan retroalimentar a otros sectores con información sobre la incidencia de los padecimientos cuando se presenten situaciones de mala y muy mala calidad del aire.

REFLEXIONES FINALES

Debido al impacto que se ocasiona en la salud de la población por la mala calidad del aire, es urgente que la Secretaría de Salud estatal identifique estrategias para conjugar esfuerzos locales, estatales y nacionales, tendientes a vigilar los indicadores de contaminación atmosférica en lugares donde se generan problemas ambientales por la industria, la movilidad o las actividades productivas. Las mediciones,

de este modo, deben sustentar la generación de políticas públicas orientadas a reducir las emisiones, especialmente aquellas derivadas del uso de combustibles fósiles como fuente de energía. Asimismo, es necesario que todos los profesionales de la salud se familiaricen y utilicen el Boletín semanal, en el que se presenta la interpretación de los datos ambientales

La Secretaría de Salud estatal requiere trabajar en conjunto con la Secretaría del Medio Ambiente de manera interinstitucional y transdisciplinaria, a fin de centrar el tema de las ciudades sostenibles como espacios físicos con entornos diversos, eficientes y verdes. Estos deben estar previstos, delineados y direccionados en la planificación y la normativa urbanísticas debido a sus beneficios para la salud humana y porque son esenciales para satisfacer las necesidades humanas básicas reconocidas como derechos humanos. Dicho trabajo conjunto debe respaldarse de un marco legal que propicie una cultura ambiental y el cuidado de la salud integral.

Es importante que la Secretaría de Salud estatal valore los esfuerzos de analizar sistemática y permanentemente la información sobre calidad del aire como consecuencia de la movilidad en las ciudades y su impacto en la salud de las poblaciones por grupo etario y en situación de vulnerabilidad, a fin de mostrar evidencias a las dependencias de la administración pública competentes sobre el daño a la salud, para que estas generen estrategias con un enfoque sostenible, tales como la implementación de un sistema de transporte público masivo eficiente que permita disminuir la contaminación ambiental, descongestionar las carreteras y reducir los tiempos de desplazamiento. En otras palabras, es necesario encaminar el escenario actual hacia un hábitat sustentable que, sin duda, contribuiría significativamente a la disminución de daños a la salud.

En conjunto con el sector académico estatal y nacional, la Secretaría de Salud del Estado de México debe posicionar a la salud ambiental como un componente definitivo en los planes de desarrollo municipales. Es esencial que estas estrategias se formulen con un enfoque integral que contemple el rol de las ciudades o núcleos poblacionales de mayor densidad, que son fundamentales para implementar medidas en torno a la movilidad peatonal, ciclística, de transporte público masivo y transporte de mercancías, mediante tecnologías limpias.

Dado que la salud de la población está incluida en todas las políticas públicas, porque no hay desarrollo sin salud, es preciso que la Secretaría de Salud asegure que las unidades médicas y, en general, todos los profesionales de la salud consideren la calidad del aire como un componente integral de la salud de los usuarios de los servicios de atención médica y la incorporen a su práctica diaria para, con ello, generar información epidemiológica que permita dimensionar la carga de la enfermedad atribuible a este determinante.

Finalmente, un sector salud bien informado sobre la calidad del aire y su impacto en la salud puede contribuir de manera efectiva a la difusión y divulgación de información a la población sobre los riesgos a los que se encuentra expuesta y, también, sobre las oportunidades de prevención existentes. En definitiva, hoy resulta crucial promover acciones que traigan consigo mejoras significativas en la calidad del aire.

REFERENCIAS

- Achakulwisut, P., Brauer, M., Hystad, P. y Anenberg, S. C. (2019). Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO₂ pollution: estimates from global datasets. *The Lancet Planetary Health*, 3(4), e166-e178.
- Arce-Salinas, César A., López-Herrera, Daniel, Hernández-Alarcón, Adriana, Luna-Rivera, Eva M., Bejarano-Juvera, Arely A., Bustamante-Flores, Aditi K., Aguilar-Martínez, Naomi, Azcorra-López, Jessica G., Cabañas-Espinosa, Berenice, Esquivel-Torruco, Yamile N., y Reyna-Figueroa, Jesús. (2021). Epidemiología de COVID-19 en un hospital de tercer nivel mexicano. *Gaceta médica de México*, 157(3), 267-272. Epub 13 de septiembre de 2021. <https://doi.org/10.24875/gmm.20000776>
- Arias, J. E. M., Franco, K. I. G., Salazar, D. P. P., y Beltrán, A. E. Z. (2019). Conjuntivitis: revisión sistemática de diagnóstico y tratamiento. *RECIAMUC*, 3(1), 618-634.
- Ballester Díez, F., Tenías, J. M. y Pérez-Hoyos, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Rev. Esp. Salud Publica*, 73(2), 109-121. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200002
- Bardach, A., Ciapponi, A., García-Martí, S., Glujovsky, D., Mazzoni, A., Fayad, A., Colindres, R. E., y Gentile, A. (2011) Epidemiology of acute otitis media in children of Latin America and the Caribbean: a systematic review and meta-analysis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 75,1062-70.
- Bowatte, G., Tham, R., Perret, J. L., Bloom, M. S., Dong, G., Waidyatillake, N., Bui, D., Morgan, G. G., Jalaludin, B., Lodge, C.J., y Dharmage, S. C. (2018). Air Pollution and Otitis Media in Children: A Systematic Review of Literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 257. DOI: 10.3390/ijerph15020257.
- Chen, H., Kwong, J. C., Copes, R., Tu, K., Villeneuve, P.J., van Donkelaar, A., Hystad, P., Martin, R. V., Murray, B. J., Jessiman, B., Wilton, A.S., Kopp, A., y Burnett (2017).

- Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. *The Lancet*, 389(10070), 718-726.
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). (15 de agosto de 2024). *Tipos de virus de influenza*. <https://espanol.cdc.gov/flu/about/viruses/types.htm>.
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., Feigin, V., Freedman, G., Hubbell, B., Jobling, A., Kan, H., Knibbs, L., Liu, Y., Martin, R., Morawska, L., Pope, C. A., 3rd, ... Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet (London, England)*, 389(10082), 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6).
- Comba, P., Harari, R., y Terracini, B. (Comps.) (2004). *El ambiente y la salud: Epidemiología ambiental*. Ediciones ABYA-YALA.
- Costa, L. G., Cole, T. B., Coburn, J., Chang, Y. C., Dao, K., y Roqué, P. J. (2017). Neurotoxicity of traffic-related air pollution. *Neurotoxicology*, 59, 133-139.
- Danishyar, A., y Ashurst, J. V. (2024). Acute Otitis Media. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
- Dattoli-García, C. A., Jackson-Pedroza, C. N., Gallardo-Grajeda, A. L., Gopar-Nieto, R., Araiza-Garygordobil, D. y Arias-Mendoza, A. (2021). Infarto agudo de miocardio: revisión sobre factores de riesgo, etiología, hallazgos angiográficos y desenlaces en pacientes jóvenes. *Archivos de cardiología de México*, 91(4), 485-492.
- De la Flor i Brú, J. (2022). Infecciones de vías respiratorias altas. *Pediatría Integral*, 26(6), 332-339.
- De la Garza-Longoria, R. S., Maldonado-Mancillas, J. A., Mendoza-Múzquiz, P. L. y Sánchez, L. (2019). Incidencia de enfermedad cerebrovascular en un servicio de Medicina Interna. *Medicina interna de México*, 34(6), 874-880.
- De Prado Bert, P., Mercader, E. M. H., Pujol, J., Sunyer, J., y Mortamais, M. (2018). The Effects of Air Pollution on the Brain: a Review of Studies Interfacing Environmental Epidemiology and Neuroimaging. *Current environmental health reports*, 5, 351-364.
- Ferreira-González, I. (2014). The epidemiology of coronary heart disease. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 67(2), 139-144.
- Fiordelisi, A., Piscitelli, P., Trimarco, B., Coscioni, E., Iaccarino, G. y Sorriento, D. (2017). The mechanisms of air pollution and particulate matter in cardiovascular diseases. *Heart failure reviews*, 22, 337-347.

- Flores-Pajot, M. C., Ofner, M., Do, M. T., Lavigne, E., y Villeneuve, P. J. (2016). Childhood autism spectrum disorders and exposure to nitrogen dioxide, and particulate matter air pollution: a review and meta-analysis. *Environmental research*, 151, 763-776.
- Franken Morales, S. S., Garcia Orrego, A. M., y Pabón Bonilla, D. (2021). Actualización del asma. *Revista Médica Sinergia*, 6(10), e717.
- Gálvez-Barrón, C., y Pérez-López, C. (2023). Sistemas diagnósticos de exacerbación de la EPOC en la población anciana: presente y futuro. *Open Respiratory Archives*, 6(1), 100291.
- Garrido-Galindo, C. (2024). Neumonía en niños: un desafío histórico y vigente en pediatría. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*, 83(S1), s97-99.
- GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. (2020). Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *The lancet*, 396(10258), 1204-1222.
- González, F., y Rey, C. C. (2021). Infecciones respiratorias virales. *Sociedad Española de Infectología Pediátrica*, 15(7), 139-149.
- Guarnieri, M., y Balmes, J. R. (2014). Outdoor air pollution and asthma. *The Lancet*, 383(9928), 1581-1592.
- Hahad, O., Lelieveld, J., Birklein, F., Lieb, K., Daiber, A. y Münzel, T. (2020). Ambient air pollution increases the risk of cerebrovascular and neuropsychiatric disorders through induction of inflammation and oxidative stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), 4306.
- Kaufman, H. E. (2011). Adenovirus advances: new diagnostic and therapeutic options. *Current opinion in ophthalmology*, 22(4), 290-293.
- Krause, F. J. (2016). Otitis media aguda. Diagnóstico y manejo práctico. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(6), 915-923.
- Li, J., Sun, S., Tang, R., Qiu, H., Huang, Q., Mason, T. G., y Tian, L. (2016). Major air pollutants and risk of COPD exacerbations: a systematic review and meta-analysis. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*, 3079-3091.
- Liu, X. X., Li, Y., Qin, G., Zhu, Y., Li, X., Zhang, J., Zhao, K., Hu, M., Wang, X. L., y Zheng, X. (2019). Effects of air pollutants on occurrences of influenza-like illness and laboratory-confirmed influenza in Hefei, China. *International journal of biometeorology*, 63, 51-60.
- López-Moreno, S., Garrido-Latorre, F y Hernández-Ávila, M. (2000). Desarrollo histórico de la epidemiología: su formación como disciplina científica. *Salud pública de México*, 42, 133-143.
- Mannino, D. M. (2003). Chronic obstructive pulmonary disease: definition and epidemiology. *Respiratory care*, 48(12), 1185-1193

- MacMahon, B., y Pugh, T. F. (1970). *Epidemiology: principles and methods*. Boston: Little and Brown & Co.
- Medel, J. G., y de Ahumada, M. F. L. (2008). Contaminación atmosférica y salud. *El Ecologista*, (57), 42-44.
- Miyamoto R. (27 de septiembre de 2024) *Otitis media (aguda)*. Manual MDS. Versión para profesionales. <https://www.msmanuals.com/es-mx/professional/trastornos-otorrinolaringol%C3%B3gicos/trastornos-del-o%C3%ADdo-medio-y-la-membrana-timp%C3%A1nica/otitis-media-aguda>
- Molina Esquivel, E. y Meneses Ruiz, E. (2003). Evaluación epidemiológica del impacto de los contaminantes del aire: Propuesta metodológica. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 41(2-3).
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2002). *Módulos de principios de epidemiología para el control de enfermedades*. Serie PALTEX para Técnicos Medios y Auxiliares No. 26.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (12 de julio de 2024). *Influenza, SARS-COV-2, VSR y otros virus respiratorios*. <https://www.paho.org/es/temas/influenza-sars-cov-2-vsr-otros-virus-respiratorios>
- Piloto González, R., Herrera Miranda, G. L., Ramos Aguila, Y. D. L. C., Mujica González, D. B. y Gutiérrez Pérez, M. (2015). Caracterización clínica-epidemiológica de la enfermedad cerebrovascular en el adulto mayor. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 19(6).
- Pinheiro, P., y Oliveira, R. (marzo de 2024). *Conjuntivitis: Qué es, síntomas, causas y tratamiento*. MD.Saúde. <https://www.uptodate.com/contents/conjunctivitis>
- Power, M. C., Adar, S. D., Yanosky, J. D., y Weuve, J. (2016). Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: a systematic review of epidemiologic research. *Neurotoxicology*, 56, 235-253.
- Real Academia Española (RAE). (2024). *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). <https://www.rae.es>
- Rey, C. C., García, M. G., Flecha, I. C. y Breña, P. P. (2011). Infecciones respiratorias virales. *Protocolos de Infectología Asociación Española de Pediatría Sociedad Española de Infectología Pediátrica*, 189-204.
- Rodríguez, L. A., Rey, J. J., Herrera, A. B., Castro, H., Niederbacher, J., Vera, L. M., Cala, L. L., y Bolívar, F. (2010). Prevalencia de síntomas respiratorios indicativos de asma y asociación con contaminación atmosférica en preescolares de Bucaramanga, Colombia. *Biomédica*, 30(1), 15-22.
- Rosales-Castillo, J. A., Torres-Meza, V. M., Olaiz-Fernández, G. y Borja-Aburto, V. H. (2001). Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la pobla-

- ción: evidencias de estudios epidemiológicos. *Salud pública de México*, 43, 544-555.
- Saez, M., Pérez-Hoyos, S., Tobias, A., Saurina, C., Barceló, M. y Ballester, F. (1999). Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica. *Revista española de salud pública*, 73, 133-143.
- Secretaría de Salud. (s.f.). *Boletín Epidemiológico. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Sistema Único de Información 2023*. Dirección General de Epidemiología. <https://www.gob.mx/salud/documentos/boletinepidemiologico-sistema-nacional-de-vigilancia-epidemiologica-sistema-unico-de-informacion-261547>
- Solorzano-Santos, F., y Miranda-Novales, M. G. (2009). Influenza. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 66(5), 461-473.
- Suades-González, E., Gascon, M., Guxens, M. y Sunyer, J. (2015). Air pollution and neuropsychological development: a review of the latest evidence. *Endocrinology*, 156(10), 3473-3482.
- Ubilla, C. y Yohannessen, K. (2021). Contaminación atmosférica y asma en niños. *Neumología Pediátrica*, 16(4), 164-166.
- Valero, N., Larreal, Y., Arocha, F., Gotera, J., Mavarez, A., Bermudez, J., Moran, M., Maldonado, M., y Espina, L. M. (2009). Etiología viral de las infecciones respiratorias agudas. *Investigación Clínica*, 50(3), 359-368
- Wise, R. (27 de septiembre de 2024). *Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica* Manual MSD. Versión para profesionales. <https://www.msmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares/enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica-y-trastornos-relacionados/enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica-epoc>
- Woodward, S. M., Mork, D., Wu, X., Hou, Z., Braun, D. y Dominici, F. (2023). Combining aggregate and individual-level data to estimate individual-level associations between air pollution and COVID-19 mortality in the United States. *PLOS Global Public Health*, 3(8), e0002178
- World Health Organization (WHO). (25 de septiembre de 2024). COVID-19 epidemiological update – 15 July 2024. WHO. <https://www.who.int/publications/m/item/covid-19-epidemiological-update-edition-169>
- Yee, J., Cho, Y. A., Yoo, H. J., Yun, H. y Gwak, H. S. (2021). Short-term exposure to air pollution and hospital admission for pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health*, 20, 1-10.