



CENTRO DE ESTUDIOS  
ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO

**JALISCO A FUTURO**  
CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**IAM** | INSTITUTO DE ASTRONOMÍA  
Y METEOROLOGÍA

# JALISCO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO



UNA VISIÓN A FUTURO

AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO



Ricardo Villanueva Lomelí  
**Rectoría General**

Héctor Raúl Solís Gadea  
**Vicerrectoría Ejecutiva**

Guillermo Arturo Gómez Mata  
**Secretaría General**

Juan Manuel Durán Juárez  
**Rectoría del Centro Universitario  
de Ciencias Sociales y Humanidades**

Jocelyne Suzanne Pierrette Gacel  
**División de Estudios de Estado y Sociedad**

Lourdes Sofía Mendoza Bohne  
**Departamento de Estudios Socio Urbanos**

**Jalisco ante el cambio climático.  
Una visión a futuro**

**Coordinación General**  
César Omar Avilés González  
Héctor Hugo Ulloa Godínez

**Texto**  
Mario Enrique García Guadalupe  
Hermes Ulises Ramírez Sánchez  
Héctor Hugo Ulloa Godínez



César Omar Avilés González  
**Dirección**

**IAM** | INSTITUTO DE ASTRONOMÍA  
Y METEOROLOGÍA

Héctor Hugo Ulloa Godínez  
**Dirección**

Agosto de 2024



# **JALISCO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

## **AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO**

Mario Enrique García Guadalupe  
Hermes Ulises Ramírez Sánchez  
Héctor Hugo Ulloa Godínez



 **CENTRO DE ESTUDIOS  
ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO**

**JALISCO A FUTURO**  
CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA



**IAM** | INSTITUTO DE ASTRONOMÍA  
Y METEOROLOGÍA



# ÍNDICE

<b>Contaminación del aire en el Área Metropolitana de Guadalajara .....</b>	<b>5</b>
Diagnóstico .....	6
Factores causales .....	7
Escenarios .....	11
Propuestas .....	13



# **CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA**

## DIAGNÓSTICO

La utilización de combustibles fósiles eleva la contaminación del aire a índices nocivos para el ser humano, favorece la formación de la lluvia ácida, colabora en la acumulación de gases de efecto invernadero y, en consecuencia, incide sobre un aumento en la temperatura del planeta. La emisión e inmisión de contaminantes, es para los estudiosos, científicos, evaluadores y tomadores de decisión, un indicador esencial de calidad del aire; sin duda, un parámetro que impacta en el bienestar de la población expuesta. Por su parte, el clima, las condiciones meteorológicas, la geografía y el relieve, influyen en la concentración, transporte y dispersión de los contaminantes, así como en la magnitud del impacto a la población y su hábitat. De hecho, las ciudades localizadas en depresiones, como es el caso del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), se asocian a la formación de inversiones térmicas que propician una lenta dispersión de gases contaminantes en la baja atmósfera con índices de mala calidad del aire y, por tanto, en un factor de riesgo a la salud. En este contexto, diversos estudios reportan que el Monóxido de Carbono (CO), los Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el Bióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), los compuestos orgánicos volátiles (COV – excepto Metano) y las partículas suspendidas de dimensiones micrométricas ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_5$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ), son los contaminantes aerodinámicos primarios causantes de alrededor del 90% de la contaminación del aire. Aunado a ello, el Ozono Troposférico ( $\text{O}_3$ ) es el promotor de la contaminación fotoquímica y el más importante durante el periodo de estiaje, que es, precisamente, cuando se alcanzan las temperaturas más significativas.



En el escenario nacional, la contaminación atmosférica en las ciudades colabora en detrimento de la calidad de vida de la sociedad, de su salud y de su entorno. En los últimos 40 años México ha experimentado problemas ambientales; de hecho, la Ciudad de México (CDMX) ha sido catalogada como una de las más contaminadas de América latina. Un estudio sobre tres ciudades (CDMX, Santiago de Chile y Sao Paulo Brasil), reportó que no existe un grado de conciencia ciudadana que supere los niveles básicos de sensibilización y que están lejos de lograr un comportamiento proactivo en materia de protección del medio ambiente.

Cabe destacar que, un estudio con datos de la Red de Monitoreo Atmosférico de la CDMX para el año 2016, reportó que los niveles de  $\text{O}_3$  registrados durante ocho horas superaron en 123% los estándares de contaminación sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Similarmente, con respecto a las  $\text{PM}_{10}$ , la calidad del aire correspondió a 122% más elevada en relación al indicador internacional. Otro contaminante que adquiere discrepancias significativas en comparación con los indicadores de la OMS es el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-1993 (modificada en 2010), establece un promedio diario que no debe exceder el valor de 0.110 ppm (una vez al año). Sin embargo, se reportaron concentraciones 350% mayores a lo sugerido por la OMS. Por su parte, las partículas  $\text{PM}_{2.5}$  superaron los estándares en 115% y el Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) en 30%. El Monóxido de Carbono (CO) fue el único contaminante que se mantuvo en valores inferiores con respecto a la normatividad internacional.

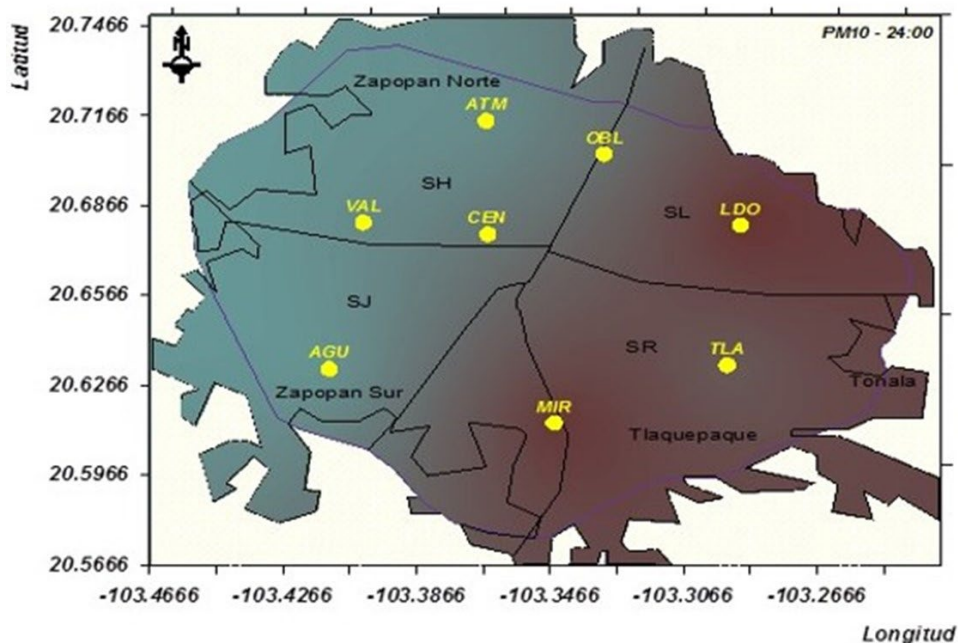
## FACTORES CAUSALES

La población del Área Metropolitana de Guadalajara vive en contacto con el aire contaminado de manera constante. Por ello, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) a través del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ), realiza la medición continua de los contaminantes denominados criterio, entre los cuales se encuentran las  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y  $O_3$  (Figura 1), debido a que pueden causar importantes daños en la salud (el primero en la temporada invernal y el segundo en el periodo marzo–junio). De hecho, en el periodo noviembre-enero se conoce como la temporada de contaminación por partículas debido al incremento en su concentración promedio máxima diaria entre las 07:00 y 11:00 horas, luego un descenso intermedio de 12:00 a 18:00 horas, para incrementarse de nuevo entre las 19:00 a 23:00 horas.

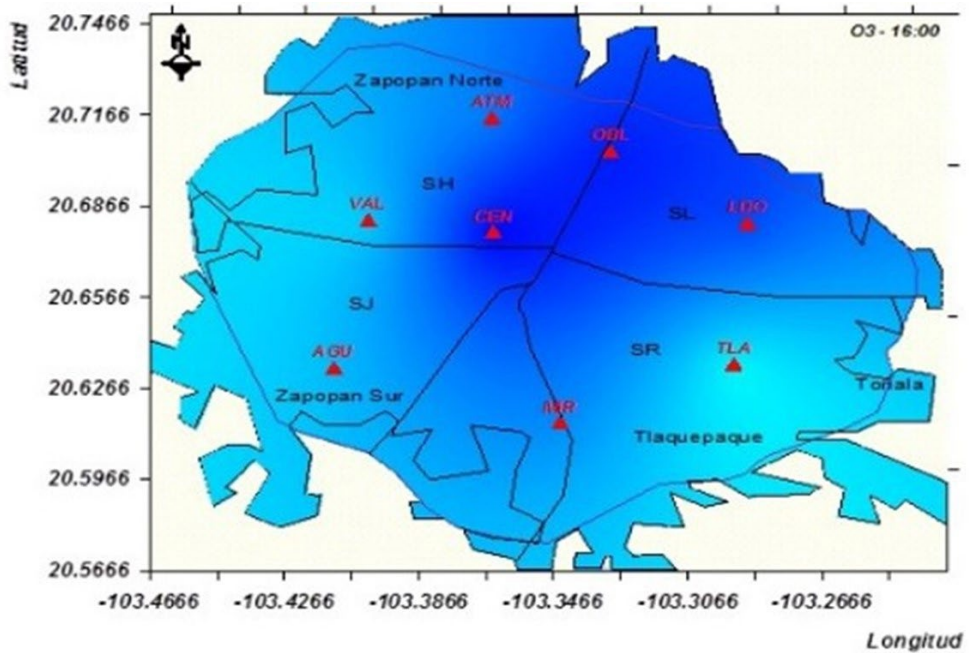
Son las  $PM_{10}$  los contaminantes atmosféricos más importantes y con las concentraciones más elevadas, son un problema de contaminación del aire y un factor de riesgo para la población. Los episodios extremos se localizan al sur y sureste del AMG (MIR, LDO y TLA) y en los últimos años, alrededor de Las Pintas y Santa Fe, coincidiendo con la influencia de periodos prolongados de estabilidad de la atmósfera local y gases contaminantes desde las diversas fuentes, móviles y fijas.

Las concentraciones máximas se mantienen fuera de las normas OMS, NOM y EPA (desde 140 hasta  $500 \mu\text{g}/\text{m}_3$ ). Las máximas promedio varían de 43 a  $188 \mu\text{g}/\text{m}_3$ , y el promedio de 20 a  $95 \mu\text{g}/\text{m}_3$  (Figura 2). Las variables meteorológicas tienen mayor influencia durante la mañana por la frecuencia de las inversiones térmicas.

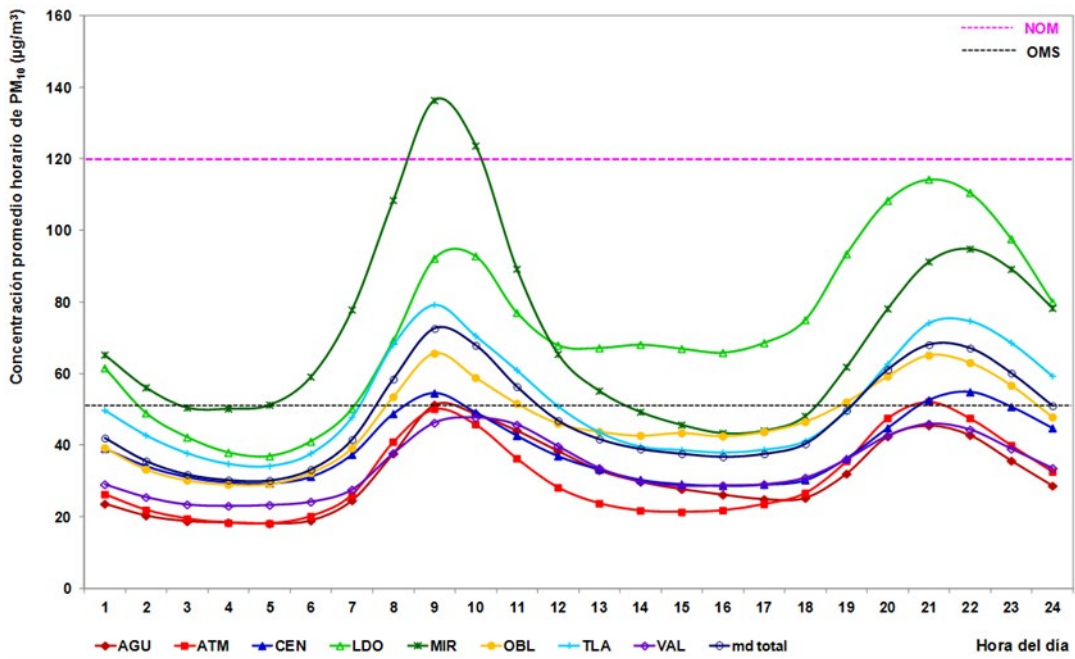
Es oportuno resaltar que, en relación a los últimos balances (2010) de los inventarios de emisiones realizados para el estado de Jalisco, la descarga de contaminantes ha aumentado en más del 200% en comparación con el inventario de emisiones inmediato anterior, siendo el mayor aporte desde las fuentes móviles (85.21%), seguido de las fuentes fijas y de área (7.39%) y fuentes naturales (7.40%).





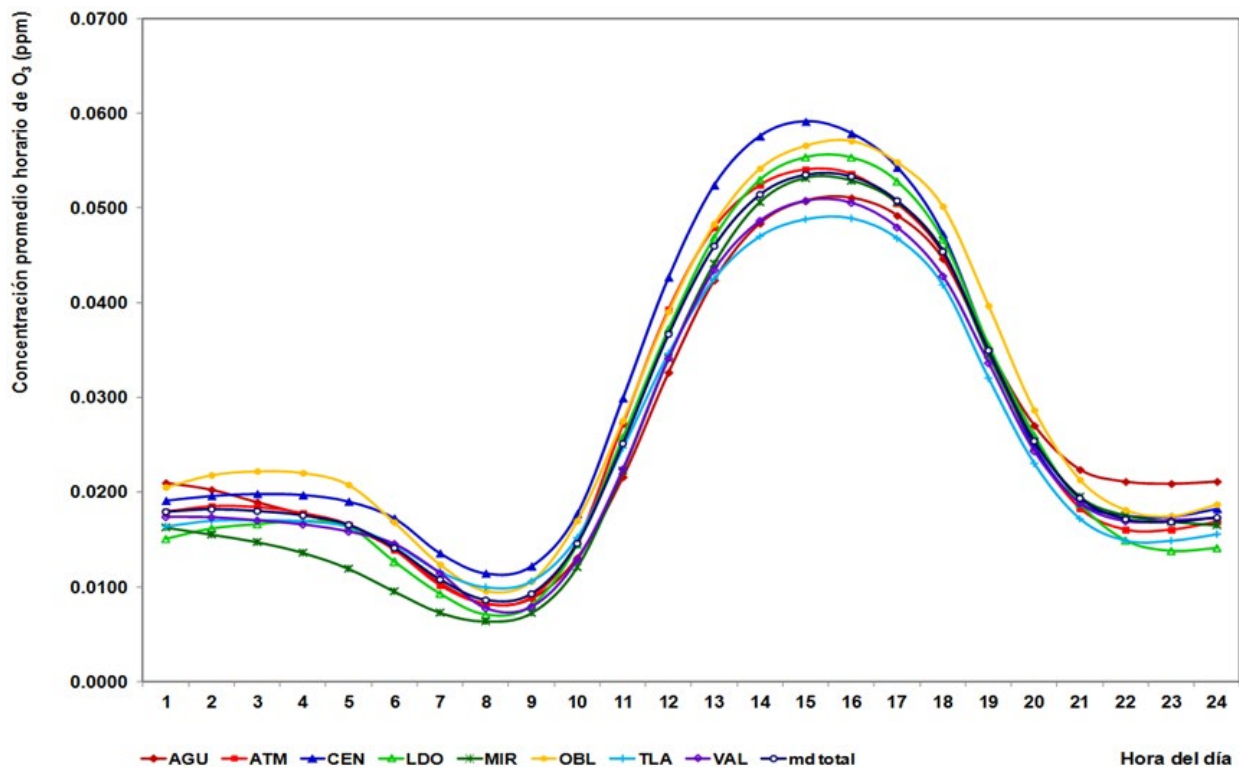


**Figura 1.** Comportamiento espacial de los contaminantes: arriba:  $PM_{10}$  - abajo:  $O_3$ . Fuente: Elaboración propia con datos de la SEMADET



**Figura 2.** Comportamiento promedio diario de  $PM_{10}$  –NOM-025-SSA1-1993 –Modificado en 2005 a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en 2014 a  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Concentración máxima sobre MIR, LDO Y TLA (arriba de la OMS:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y de la NOM). Elaboración propia con información del SIMAJ.

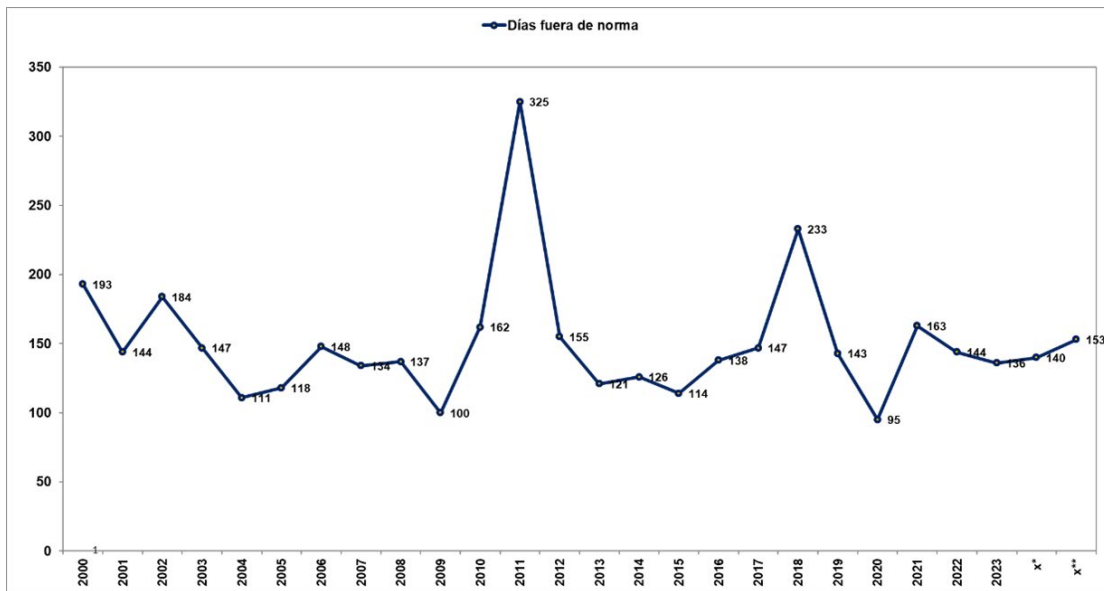
Por su parte, el contaminante secundario  $O_3$  implica una relación entre los gases del escape y las reacciones químicas en la atmósfera, donde la gran influencia de la radiación solar interviene como un catalizador en la generación de este contaminante. Por ello, una emisión de contaminantes a la atmósfera aproximadamente constante, implica que, a mayor radiación solar, mayor concentración de  $O_3$ . Se ha identificado que los niveles promedio máximos diarios se observan entre las 12:00 y 18:00 horas (Figura 3); la ubicación del AMG en su latitud  $20^\circ N$ , es un factor determinante sobre las reacciones fotoquímicas para la generación de  $O_3$ . En cuanto a los máximos extremos, los estudios de 10 años muestran que las normas EPA y NOM han sido continuamente rebasadas. Resaltan las concentraciones máximas de 0.0950 a 0.2870 ppm y máximas promedio entre 0.0364–0.1110 ppm. Las concentraciones medias expresan variaciones estacionales con un comportamiento cíclico durante el periodo, aunque con una ligera tendencia positiva en los últimos años.



**Figura 3.** Comportamiento promedio diario de  $O_3$  –NOM-020-SSA1-1993: 0.11 ppm– Modificado 2002 (0.095 ppm).  
Elaboración propia con información del SIMAJ.



Los niveles máximos de concentraciones de  $O_3$  se observan en los intervalos de estiaje y en verano, caracterizados por mayor radiación solar y reacciones químicas con los contaminantes primarios. Este contaminante es un factor de riesgo para la población, particularmente, cuando la atmósfera es altamente fotoreactiva. Cabe destacar sobre el dominio de los días fuera de norma (Figura 4), donde los contaminantes de mayor significancia son las  $PM_{10}$  y  $O_3$ , sumando un promedio de 153 días por año.



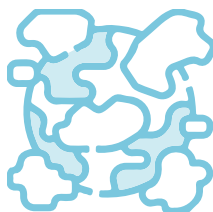
Por su parte, durante el intervalo de lluvias, los contaminantes son depositados cerca de la fuente emisora o arrastrados por las nubes y masas de aire a gran distancia, causando daños al suelo, a los bosques y a los cuerpos de agua; estas precipitaciones contaminadas son conocidas como “lluvias ácidas”. Sin embargo, ante la presencia de gran estabilidad atmosférica en el AMG, estas lluvias son frecuentes (las precipitaciones limpian la atmósfera, pero impactan sobre los suelos urbanos afectando los monumentos, los metales, las estructuras artísticas y arquitectónicas, entre otras). Diversos estudios han reportado la presencia de índices elevados de acidez que se relacionan con la presencia de los contaminantes, bióxido de azufre y bióxido de nitrógeno.

## ESCENARIOS

Lo antes expuesto permite referirse a escenarios en los que, la serie de medidas implementadas por la autoridad, han sido obsoletas desde el inicio y proyectan situaciones preocupantes para la salud de la población expuesta. Los niveles máximos permisibles de contaminación que determinan los criterios en el caso de una contingencia ambiental, no sólo son rebasados por la realidad, sino que se les asigna una prioridad incorrecta. Así, en relación a los contaminantes mencionados, las  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  rebasan continuamente la normatividad vigente, seguido del  $O_3$ . Obviamente, estas partículas pueden ingresar con gran facilidad al sistema respiratorio y afectar la salud.

Mediante la Secretaría de Salud, se elaboran las Normas Oficiales Mexicanas en las cuales se fijan los valores máximos permisibles para los contaminantes que significan un riesgo comprobado en la salud humana. Pese a ello, en diversos casos, una concentración menor durante mayor tiempo de exposición, puede significar un riesgo para la población. Este escenario implica generar mecanismos adecuados para establecer límites efectivos de protección a la población; uno de ellos es tomando como referencia a los grupos más sensibles de la población, tal es el caso de niños, adultos mayores y personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares.

Una de las medidas estelares para prevenir y mitigar la contaminación atmosférica en la CDMX, AMG y Monterrey, es la Contingencia Ambiental. Aunque desde su implementación ha tenido algunas mejoras para combatir los niveles de contaminantes, los especialistas refieren que la medida no corresponde a la calidad del aire de las ciudades, e incluso, la consideran laxa y tardía, particularmente por los niveles de contaminantes que la norma considera permisibles y los tiempos de respuesta de los gobiernos.



Una contingencia atmosférica es la situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes, cuando se presenta o prevé una concentración de contaminantes por  $O_3$  y/o  $PM_{10}$  en una o más estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico. En este contexto, es oportuno replantear “si la ley corresponde o no, con la realidad”. De acuerdo con la ley, la contingencia solo puede ser declarada por la autoridad competente. Esto implica (según especialistas) que se rebase la norma de calidad del aire para cierto contaminante; es decir, se declara la contingencia ya que pasó el evento. Desde la detección del problema hasta la implementación de una medida que lo contrarreste pasaron hasta 24 horas, tiempo en el cual se respiraron distintos contaminantes con importantes efectos en la salud. En este sentido, un acierto sería la declaratoria de la contingencia justo cuando los niveles de contaminación están elevándose rápidamente en la estación problema y/o en un menor plazo (sin esperar el cumplimiento de la norma en el periodo y todo lo que ello implica).

En suma, los niveles máximos permisibles para el  $O_3$  y  $PM_{10}$  establecidos en la Norma Oficial Mexicana quedan superados, siendo esta medida radicalmente incongruente porque no se resuelve el problema de raíz, sólo se administra.

Otro escenario carente de visión precisa y grave, es que a pesar de que la norma NOM-025-SSA1 para  $PM_{10}$  se modificó en el 2014 con un carácter más estricto (con respecto a 1993), sigue siendo irrelevante al mantener valores elevados en relación a los estándares sugeridos por la OMS.

Tanto los inventarios de emisiones como los índices de calidad del aire, son claves en el control de la contaminación procedente de las fuentes móviles y fijas.

Si se llevara a la práctica una planificación vial estructurada, adecuada a las necesidades actuales y su proyección a futuro, entonces no se observarían los problemas de congestión vial; el transporte es ineficiente por la gran extensión y segregación funcional de las ciudades y metrópolis. –“Se requiere de la cultura de la planeación y de la prevención”–.

El debate se centraliza sobre la necesidad de involucrar a la ciudadanía en acciones destinadas a limitar la circulación de vehículos y su participación en la toma de decisiones. Las autoridades deben desempeñar efectivamente sus funciones (que no asumen por ausencia de presión ciudadana).

Una ineficiente gestión de la agenda ambiental puede relacionarse con la ausencia de indicadores ambientales y sociales constituidos. Aunque la contaminación es un tema transversal que necesita abordarse de manera integral, sobresalen los discursos mediáticos que se transfiguran en soluciones inmediatas solo de mitigación, no de planeación, prevención y control en el largo plazo. En consecuencia, la centralización de bienes y servicios en el territorio inciden negativamente en el bienestar de la población.

Estos escenarios conllevan a fatales consecuencias a la población; los estudiosos han coincidido que una exposición prolongada a contaminantes degrada la salud de las personas, no sólo a nivel respiratorio, sino también en el rubro cognitivo. En el caso de las partículas suspendidas, se ha reportado que provocan enfermedades respiratorias infeccioso–inflamatorias (asma, bronquitis y laringitis). Está comprobado que pueden provocar cáncer de pulmón e incluso llegar al tejido cerebral (pulmones–torrente sanguíneo–cerebro), afectando las conexiones neuronales, particularmente perturbar el desarrollo físico y cognitivo de los niños. Diversos estudios han observado que las partículas, también están afectando a la cuestión cognitiva de las personas y están acelerando el proceso de Alzheimer, sobre todo en personas de la tercera edad.

En este argumento, existe, sin duda, una asociación entre variables ambientales y humanas: contaminantes atmosféricos (variables meteorológicas), salud humana (enfermedades respiratorias agudas en diversos grupos etéreos). Es así que, incorporar una red de estaciones de monitoreo más amplia y homogénea en el Área Metropolitana de Guadalajara para su evaluación y control, queda plenamente justificada.

El escenario actual implica que el AMG padece problemas graves de contaminación atmosférica a niveles no satisfactorios, malos y muy malos. De hecho, si sumamos los días fuera de norma por contaminante y por estación, se llega a un total de más de 300 días fuera de la normatividad actual. Por ello, hablar de escenarios al 2050 es una relación directamente proporcional equivalente a todos los días del año con niveles de contaminación totalmente nocivos para la salud de la población.

## PROPUESTAS

La Organización Mundial de la Salud establece que la exposición a los contaminantes atmosféricos está en gran medida fuera del control personal y requiere la implementación de medidas efectivas por parte de las autoridades públicas en los distintos niveles. Por su parte, el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA) es una herramienta para determinar el nivel de contaminación del aire ambiente, por tanto, al implementar los planes de contingencia se debe considerar la magnitud progresiva del evento y actuar en consecuencia. No obstante, ocurre lo contrario y se implementa el plan cuando ya se precisa un daño. Asimismo, para evaluar el cumplimiento de las NOM es necesario contar con sistemas de monitoreo atmosférico, inventarios de emisiones, índice de calidad del aire y mecanismos de actuación ante eventos extremos. Esto permite implementar acciones de mejora de la calidad del aire e integrarse a programas de gestión de la calidad del aire.

Algunas propuestas a considerar son las siguientes:

- Análisis de las guías de calidad del aire de la OMS debido a que constituyen un análisis actualizado sobre los efectos de la contaminación en la salud; en ellas, se recomiendan los parámetros de calidad del aire para reducir de modo significativo los riesgos a la salud.
- Generar nuevos inventarios de emisiones a la atmósfera como una herramienta hacia la predicción y prevención de la contaminación. Con ello, replantear estrategias sobre las acciones actualmente implementadas.
- Semaforización sincronizada y participación continua de agentes viales para agilizar el tráfico en zonas de alto impacto.
- Política pública que propicie la renovación vehicular mediante la innovación de tecnologías y la transición energética.
- Renovación y ampliación homogénea de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, como una herramienta de prevención y actuación oportuna.
- Generar programas de capacitación y formación de recursos humanos sobre esta temática.
- Trabajar sobre políticas públicas que permitan transitar hacia cambio de tecnología de movilidad con mecanismos fiscales más accesibles para el ciudadano.

En conclusión, la problemática actual de la contaminación del aire en el Área Metropolitana de Guadalajara debe relacionarse con la implementación efectiva de políticas públicas y de proyectos inmediatos que reduzcan las emisiones de contaminantes y promuevan una cultura ambiental sostenible.



CENTRO DE ESTUDIOS  
ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO

**JALISCO A FUTURO**

CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA



**IAM** | INSTITUTO DE ASTRONOMÍA  
Y METEOROLOGÍA

