

Partículas suspendidas en el aire de Guadalajara

Arturo Curiel Ballesteros, Guadalupe Garibay Chávez y Valentín Hernández Trujillo

En 1992, como consecuencia de un incendio, la contaminación ambiental en Guadalajara alcanzó niveles nunca vistos. El caso muestra la importancia de contar con mediciones precisas y confiables para poder analizar y prevenir este tipo de eventos en las grandes ciudades.

Contaminación del aire, la mayor amenaza para Guadalajara

En 1993, la Universidad de Guadalajara publicó el primer *Atlas de riesgo de la zona metropolitana de Guadalajara*, en respuesta a la catástrofe del 22 de abril de 1992, cuando ocho kilómetros de drenaje en el Sector Reforma de la ciudad, una de las zonas con mayor tradición e historia en Jalisco, explotaron ocasionando en instantes más de 200 muertes, mil 500 heridos y una pérdida de patrimonio familiar por más de 323 millones de pesos.

Los resultados presentados en este estudio identificaron dos tipos de riesgos causantes de muertes año con año: a) riesgos socio-organizativos (accidentes automovilísticos); y b) riesgos químico tecnológicos (incendios, fugas, derrames y explosiones de sustancias peligrosas). En el mismo estudio se identifica a las enfermedades cardiovasculares, las respiratorias y los accidentes como las principales causas de muertes en la ciudad de Guadalajara.

Diez años más tarde, en una actualización del *Atlas de riesgo*, se reconoce que las mismas amenazas siguen presentes. Los accidentes automovilísticos continúan como la principal causa de muerte accidental registrada, las muertes se han duplicado en un periodo de diez años, con un promedio de 505 muertes al año y una tendencia de incremento del ocho por ciento. A nivel químico-tecnológico, hay más de 130 empresas en la zona metropolitana de Guadalajara que manejan sustancias



peligrosas que pueden ocasionar catástrofes en caso de fuga accidental. Además, es importante reconocer la existencia de más de mil empresas generadoras de residuos peligrosos, varias de ellas ubicadas en zonas habitacionales. Un dato adicional es que la mitad de las sustancias que han ocasionado las mayores catástrofes químico-tecnológicas en el mundo, están presentes en Guadalajara.

Finalmente, en esta actualización se incluye una nueva amenaza: el riesgo sanitario derivado de la contaminación del aire, particularmente por ozono y partículas menores de 10 micrómetros (conocidas como PM10). Esto se concluye al reconocer que a partir de 1993, cuando se opera una red automática de monitoreo de la calidad del aire por parte del Gobierno del Estado de Jalisco, se han tenido periodos que alcanzan niveles de hasta tres veces a los considerados adecuados para la seguridad humana, pasando a ser por ello el principal riesgo crónico y probablemente también agudo para los habitantes de la zona metropolitana de Guadalajara. Para

tener mayor información al respecto se requieren investigaciones científicamente creíbles y estadísticamente comprobables.

Contaminantes peligrosos en el aire que respiramos

La Organización Mundial de la Salud (2000) ha divulgado que la exposición humana a contaminantes en el aire, agua, suelos y alimentos es el factor que más incide actualmente en el incremento de las enfermedades y las muertes en el mundo.

Al preguntarnos cuál es el tipo de contaminación al que estamos mayormente expuestos, podemos partir desde la satisfacción de las necesidades fisiológicas de cada día. Por ejemplo, los alimentos que consumimos en las tres comidas diarias caben en una bolsa protectora; y además, contamos con la posibilidad de elegir qué comemos cada día y dónde, por lo que podemos evitar contaminación de los alimentos con relativa facilidad, pues depende en parte de nuestra buena elección. El agua que consumimos a diario para beber, bañarnos y mantener un entorno saludable cabe en un tambo de 200 litros, y si bien no podemos elegir un servicio de agua potable, si tenemos la opción, si contamos con los recursos suficientes, de adquirir agua purificada en el mercado.



Pero en el caso del aire no hay tales posibilidades de opción: el aire que necesitamos cada día equivale a 20 tinacos de un metro cúbico cada uno y hablando de la calidad de aire en exteriores sólo hay una opción, no importa el nivel socioeconómico. La calidad de aire disponible es una sola cuando se transita por la ciudad. Así que, con mucho, el aire es el recurso vital más importante para los seres humanos, y su contaminación lo que más puede dañar nuestra salud y vida.

Hasta el momento hay 188 contaminantes en el aire reportados por la Agencia Ambiental Estadounidense (*U.S. Environmental Protection Agency*) como tóxicos: se sabe o sospecha que causan cáncer u otros efectos serios en la salud humana y ambiental. De ese listado, la Organización Mundial de la Salud informa que se han evaluado riesgos a la salud en 35 de ellos, que son monitoreados en las ciudades de mayor desarrollo y calidad de vida. Estos contaminantes se presentan en el Cuadro 1.

Las partículas respirables como indicadores de riesgo sanitario y de salud ambiental

Uno de los contaminantes clásicos y básicos en las estaciones de monitoreo es el material en forma de partículas suspendidas que pueden ser inhaladas y pasar a los pulmones, conocidas como “partículas menores a 10 micrómetros” o PM10, que pueden originarse por la erosión eólica de las arcillas del suelo, como desechos en los procesos de molienda, en la combustión o inclusive la condensación de gases por reacciones fotoquímicas en la atmósfera. Su peligrosidad depende de su origen y composición: las originadas por fenómenos naturales son regularmente menos peligrosas que las derivadas de actividades humanas.

Hay evidencias en todo el mundo que asocian a las partículas menores a 10 micrómetros con mortalidad prematura y enfermedades respiratorias y cardiovasculares, ya que la

Hasta el momento hay 188 contaminantes en el aire reportados por la Agencia Ambiental Estadounidense (*U.S. Environmental Protection Agency*) como tóxicos: se sabe o sospecha que causan cáncer u otros efectos serios en la salud humana y ambiental

Cuadro 1. Contaminantes del aire que representan riesgo a la salud*

Contaminantes orgánicos	Acronitrilo
	Benceno
	Bifenilos policlorados (PCBs)
	Butadieno
	Dibenzodioxinas policlorinadas (PCDDs) y dibenzofuradanos (PCDFs)
	1,2-Dicloroetano
	Diclorometano
	Disulfuro de carbono
	Formaldehído
	Hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs)
	Estireno
	Monóxido de carbono
	Tetracloroetileno
	Tolueno
	Tricloroetileno
Cloruro de vinilo	
Contaminantes inorgánicos	Arsénico
	Asbestos
	Cadmio
	Cromo
	Flúor
	Manganeso
	Mercurio
	Níquel
	Platino
	Plomo
	Sulfuro de hidrógeno
Vanadio	
Contaminantes clásicos	Dióxido de azufre
	Dióxido de nitrógeno
	Material particulado
	Ozono y otros oxidantes fotoquímicos
Contaminantes del aire en interiores	Fibra de vidrio
	Humo de cigarro
	Radón

* World Health Organization (2000).

exposición a este tamaño de partículas puede causar reducción en las funciones pulmonares. Esto contribuye al aumento de frecuencia de las enfermedades respiratorias, y en concentraciones elevadas puede provocar cáncer de pulmón y muerte prematura. Las partículas menores de 10 micrómetros tienen, además, un efecto indirecto sobre el aparato respiratorio, pues a su superficie se adhieren agentes microbiológicos como virus, bacterias, hongos,

pólenes, etcétera y pueden ser transportados al pulmón (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Se considera que este tipo de partículas es mejor indicador de la calidad del aire que las partículas suspendidas totales. Actualmente, la norma de calidad del aire para PM10 en México es de 150 microgramos por metro cúbico de aire en un promedio de 24 horas de muestreo, que equivalen a 100 puntos IMECA (Índice Metropolitano de Calidad del Aire).

Tomando en cuenta las concentraciones de PM10 que se presentan cotidianamente en la zona metropolitana de Guadalajara, se puede concluir que una significativa porción de la población de la ciudad está expuesta a concentraciones superiores a los 150 microgramos por metro cúbico, principalmente en localidades ubicadas al sur y oriente de la ciudad, como Miravalle y Loma Dorada, donde se excede la norma de calidad todos los meses del año. En contaminación por partículas PM10 Guadalajara es, después del Distrito Federal, la ciudad con mayores niveles de contaminación, con 111 días al año fuera de norma.



¿De dónde vienen las partículas que contaminan el aire de Guadalajara?

Haciendo una evaluación de las fuentes de las partículas contaminantes de la atmósfera de Guadalajara durante 2005, siguiendo la metodología de valoración rápida desarrollada por Economopoulos (1993), se han identificado diversas emisiones que representan un total anual de un millón 395 mil toneladas. De éstas, el mayor porcentaje (90 por ciento) tuvo como origen los incendios forestales ocurridos del 23 al 28 de abril de 2005 en el área natural protegida La Primavera, ubicada al poniente de Guadalajara, y los incendios en la montaña Tequila, 40 kilómetros al noroeste, que se quemó en mayo del mismo año.

El resto de fuentes de contaminantes, que son las que año con año aportan partículas a la atmósfera de Guadalajara son las presentadas en la Figura 1: las principales son la quema de llantas en más de 50 ladrilleras o en tiraderos a cielo abierto y las emisiones de un millón 16 mil 508 unidades automotoras que conforman el parque vehicular registrado en 2005 en la zona metropolitana de Guadalajara, y más 200 mil unidades

que constituyen el parque flotante. Además, son fuentes importantes las emisiones de la industria (cementeras, fundidoras, etcétera) y la quema de terrenos agrícolas de los alrededores de la ciudad que utilizan el fuego como parte de una tecnología para la limpieza previa a la preparación de terrenos para cultivo o para la cosecha de la caña de azúcar. En menor proporción, pero también identificadas como fuentes de partículas, están los caminos sin pavimentar de los asentamientos irregulares que rodean Guadalajara, los bancos de material, las diversas obras de ingeniería y construcción, la erosión de los suelos y las cenizas volcánicas aportadas por las erupciones del Volcán de Fuego, en Colima.

El incendio en La Primavera ocasionó por primera vez en la historia de Guadalajara que se suspendieran las clases de más de un millón de estudiantes en todo el sistema de educación durante el 26 y 27 de abril. Consecuencias de este incendio, el más grande en la historia de La Primavera (afectó a más de 10 mil hectáreas, que representan la mitad de las áreas consideradas de mayor valor en biodiversidad y estratégicas para su conservación) fue la mayor contaminación atmosférica registrada en Guadalajara: todas las estaciones de monitoreo presentaron

valores de 200 a 450 puntos IMECA (Figura 2), con consecuencias muy graves para el ambiente. También se cuantificaron graves consecuencias para la economía, pues ocasionó una pérdida de más de cuarenta millones de pesos como consecuencia del incendio dentro del bosque y de la suspensión de diversas actividades por la contingencia atmosférica.

Respecto a las consecuencias para la salud, se inició una investigación de mayor detalle que se enfocó a estudiar los grupos sociales vulnerables: niños menores de 6 años y adultos mayores de 64. Para ello se seleccionó la zona con condiciones más críticas: Miravalle.

Para niños, se decidió utilizar los registros de asistencia del nivel preescolar (con poblaciones entre 3 a 5 años de edad), por contar con registros sistematizados por parte de profesores del sistema educativo. Para gente mayor, se decidió evaluar la mortalidad a través de las actas de defunción del registro civil municipal.

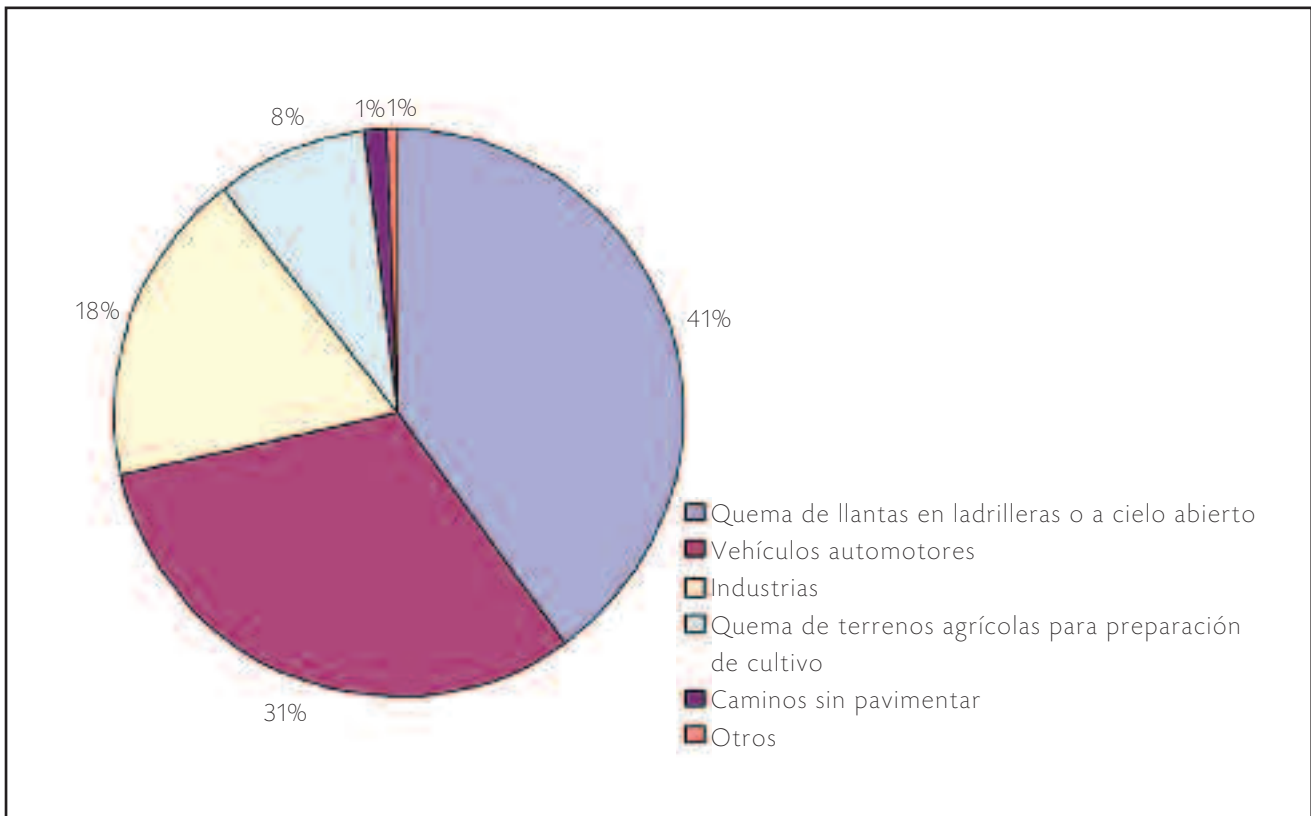


Figura 1. Fuentes de partículas a la atmósfera de Guadalajara durante 2005, exceptuando los incendios forestales.

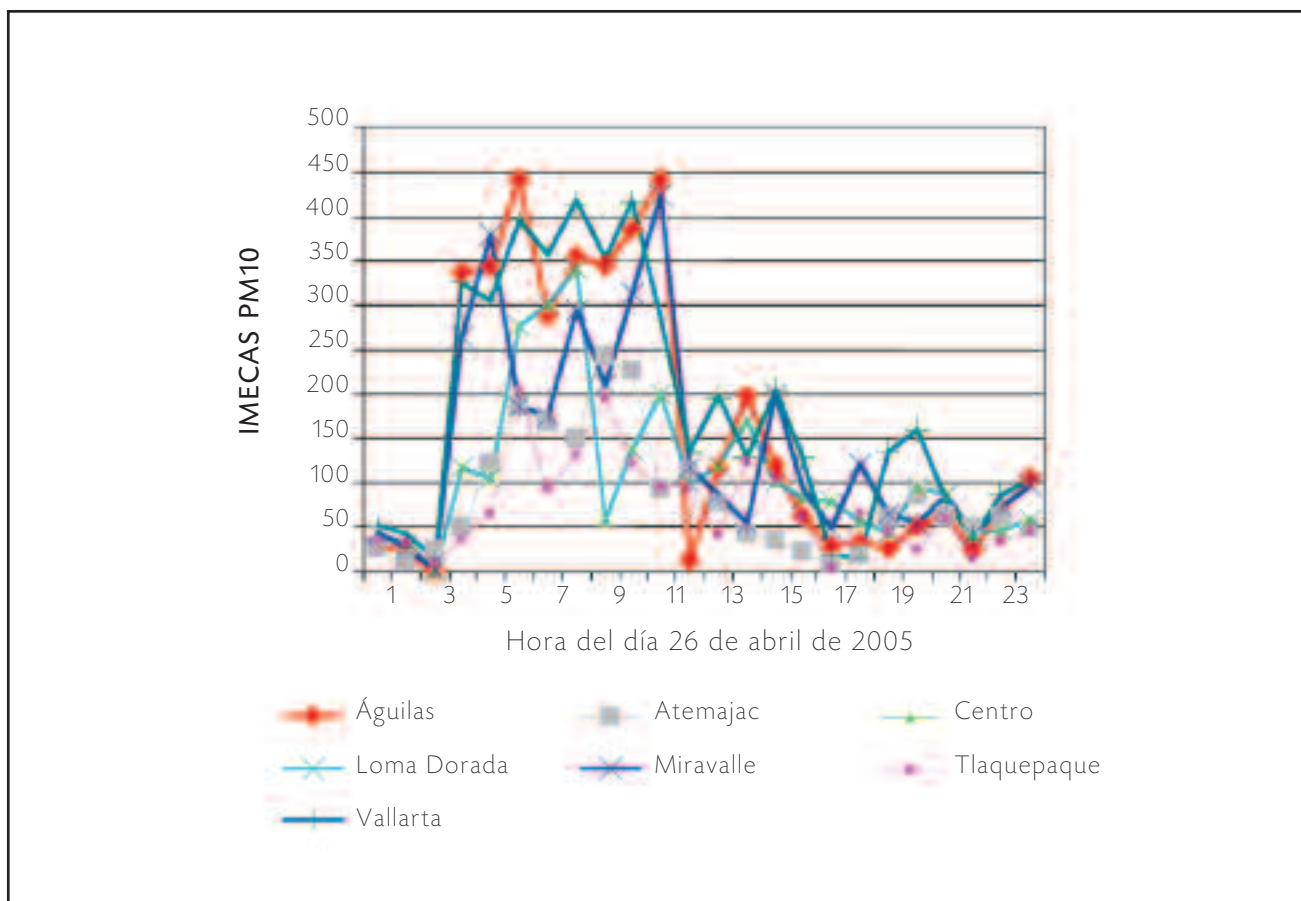


Figura 2. Niveles de contaminación por PM10, el 26 de abril de 2005.

INCENDIO EN EL BOSQUE LA PRIMAVERA

El incendio en el área natural protegida bosque La Primavera ocasionó por primera vez en la historia de la zona metropolitana de Guadalajara que se suspendieran las clases de más de un millón de estudiantes en todo el sistema de educación, durante el 26 y 27 de abril de 2005. Una consecuencia de este incendio fue la mayor contaminación atmosférica en la historia de Guadalajara, ya que todas las estaciones de monitoreo presentaron valores de 200 a 450 puntos IMECA. Esto fue muy grave para el ambiente, por ser el más grande incendio en la historia del bosque La Primavera, que afectó más de 10 mil hectáreas de área protegida, que representan la mitad de las áreas consideradas de mayor valor en biodiversidad y estratégicas para su conservación. También se cuantificaron graves consecuencias para la economía, al ocasionar una pérdida por más de cuarenta millones de pesos en dos días.

Miravalle: la zona más vulnerable a la contaminación del aire

Miravalle es una colonia de 358 hectáreas donde habitan 52 mil 729 personas. Se ubica al sur de la zona metropolitana de Guadalajara y pertenece a los municipios de Guadalajara y Tlaquepaque. Se considera una zona crítica a la contaminación del aire, pues por su ubicación geográfica en los declives del volcán Cerro del Cuatro dificulta la dispersión de contaminantes como las partículas de fracción respirable, ya que la elevación del cerro hace que los vientos choquen y disminuya drásticamente su velocidad. Esto provoca que la concentración de los contaminantes aumente. Igualmente, la escasez de áreas verdes (menos de un metro cuadrado por habitante) provoca que la humedad ambiental sea limitada y los contaminantes queden suspendidos por más tiempo.

Cada año, Miravalle es el epicentro donde se registran las mayores cantidades de PM10 presentes en la zona metropolitana de Guadalajara (Figura 3).

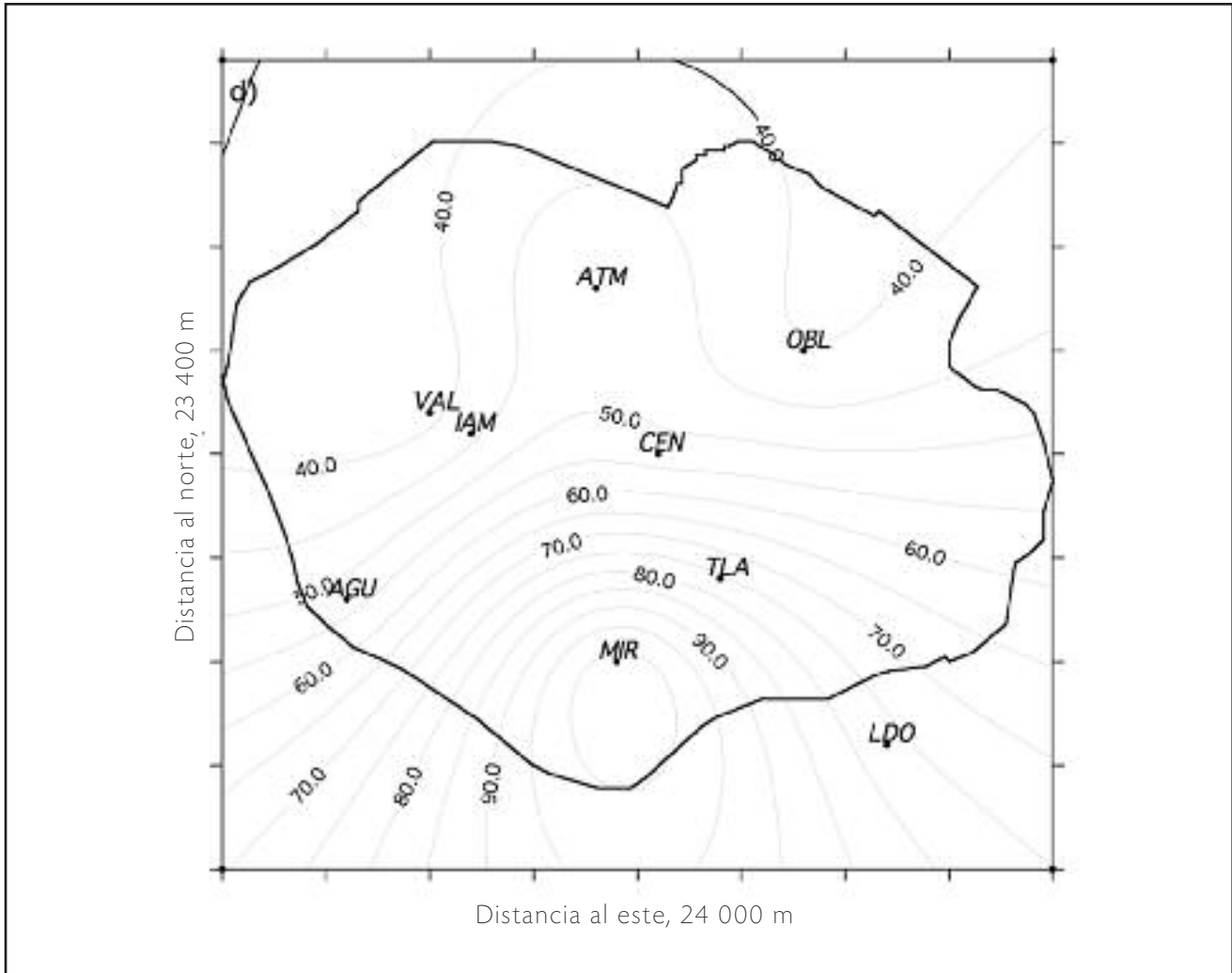


Figura 3. Distribución espacial de la concentración media anual de PM10 (microgramos por metro cúbico) en la zona metropolitana de Guadalajara. (La estación Miravalle se señala como MIR). Fuente: Valentina Davydova, 2004.

La contingencia de abril y mayo de 2005 y sus consecuencias en la población

La última semana de abril y todo mayo de 2005 pasarán a la historia de Guadalajara como el periodo donde se han registrado los más altos niveles de contaminación del aire, con horas donde la contaminación por partículas llegó a ser de 472 puntos IMECA, en una escala de 500 puntos.

Para evaluar la posible asociación de estos niveles de contaminación con la salud de niños menores de seis años, se consideraron las inasistencias en el nivel preescolar por causas de enfermedad durante el primer semestre de 2005. Como resultado, se encontró que existen diferencias en la inasistencia de niños entre las diversas semanas de enero a junio. El máximo de inasistencias se registró en la cuarta semana de mayo, con





una ausencia media del 33 por ciento y máxima del 46 por ciento por día.

Al momento de correlacionar los datos de PM10 con la ausencia de niños, se encontró que la mayor asociación no se presenta el mismo día, sino una semana después. Por ejemplo, las ausencias en la cuarta semana de mayo se asocia con los niveles de PM10 de la tercera semana de mayo, cuando se presentaron valores diarios entre 83 y 134 puntos IMECA.

Las ausencias escolares mayores al promedio durante el primer semestre de 2005 se presentaron una semana después de que la contaminación del aire por PM10 superara los 50 puntos IMECA.

En evaluaciones complementarias, se encontró que los niños se enferman más que las niñas, y que la causa de ausencias en los preescolares de Miravalle en más de un 80 por ciento de los casos fue por enfermedad y por molestias como tos, irritación en nariz y garganta, dolor de cabeza, ojos irritados y náuseas, todos relacionados con la contaminación del aire.

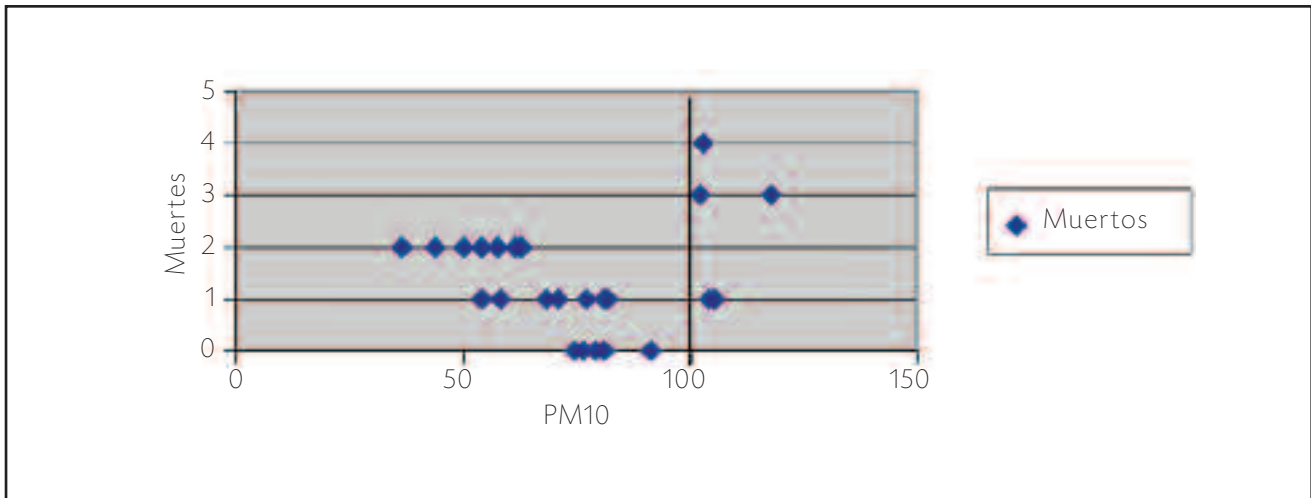


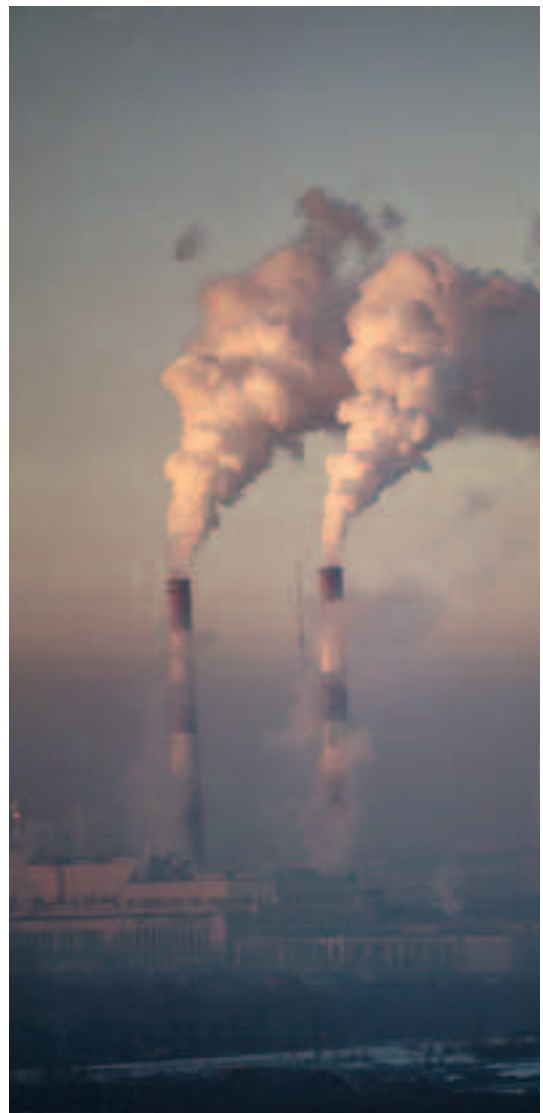
Figura 4. Relación de PM10 (puntos IMECA) y muertes por semana debidas a enfermedades respiratorias en Miravalle durante el primer semestre de 2005.

Otro análisis realizado fue la asociación de niveles de contaminación por PM10 y la mortalidad en Miravalle. Los resultados obtenidos en 2005 nos muestran que en promedio mueren por enfermedades respiratorias cuatro personas al mes. Para mayo de 2005 se duplicó esta cifra, con lo cual se alcanzó el máximo nivel en todo el primer semestre. En términos de la asociación de estas muertes y las concentraciones de PM10, se encontró que cuando se tienen en promedio por semana más de 100 puntos IMECA de PM10 existe una probabilidad del 83 por ciento de que muera a la siguiente semana algún habitante por enfermedades respiratorias, y un 67 por ciento de probabilidad de que muera más de una persona, mientras que por abajo de los 100 puntos IMECA la probabilidad de que muera más de una persona es de menos del 40 por ciento (Figura 4).

Cómo reducir el riesgo ambiental en Miravalle

Cuando se inicia el monitoreo del aire en las diversas ciudades del país y se establecen las normas de calidad del aire, se fijan valores máximos permisibles de concentración de contaminantes, reconociendo la debilidad que representa la ausencia de estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición que permitan obtener la información necesaria para establecer esos valores máximos permisibles.

Evaluar detalladamente los periodos de contaminación récord que se registran y su impacto en zonas críticas y grupos vulnerables nos da la posibilidad de acercarnos a un mejor conocimiento del riesgo que representa la contaminación del



aire y de la necesidad de ir ajustando los niveles críticos de contaminación en las normas establecidas. De igual manera nos permitirá reconocer que no es tan sólo en los periodos de contingencia atmosférica cuando debemos tomar acciones, sino posteriormente, cuando se libra la lucha entre los contaminantes y su efecto en la salud. Por ello es también importante generar indicadores de salud ambiental respecto a la contaminación del aire para monitorear y evaluar los efectos que la contaminación del aire tiene sobre la salud de las comunidades humanas, de los territorios y los ecosistemas, con el propósito de contar con un mejor conocimiento y acercamiento a la solución del problema y facilitar la toma de decisiones basada en la información objetiva.

Arturo Curiel Ballesteros es doctor en ciencias biológicas y profesor investigador titular del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas de la Universidad de Guadalajara. Sus líneas de trabajo son la educación ambiental y la salud ambiental. Es miembro especialista y representante ante la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza; socio de número de la Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística de Jalisco, jefe de la Unidad de Vinculación y Difusión Científica de la Universidad de Guadalajara y miembro fundador de la Red de Comunicación y Difusión Científica de la Universidad de Guadalajara.
arturoc@redudg.udg.mx

Bibliografía

- Corvalán, C., D. Briggs y G. Zielhuis (eds.) (2000), *Decision-making in environmental health; from evidence to action*, Londres, Organización Mundial de la Salud.
- Curiel Ballesteros, Arturo (coord.) (1993), *Riesgo en la zona metropolitana de Guadalajara*, México, Universidad de Guadalajara.
- Davydova Belitskaya, Valentina (2004), "Microclima y situación ecológica de la zona metropolitana de Guadalajara" en López Coronado, Arcelia y Jesús Guerrero Nuño (comps.), *Ecología urbana en la zona metropolitana de Guadalajara*, México, Ágata y Universidad de Guadalajara.
- Economopoulos, Alexander (1993), *Assessment of sources of air, water, and land pollution; a guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies*, Génova, Organización Mundial de la Salud.
- Gobierno del Estado de Jalisco (1997), *Programa para el mejoramiento de la calidad del aire en la zona metropolitana de Guadalajara 1997-2001*, México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Organización Panamericana de la Salud (2005), *Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud en América Latina y el Caribe*, Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud.
- U.S. Environmental Protection Agency (2006). "About Air Toxics", *Air Toxics Website*, U.S. <http://www.epa.gov/cgi-bin/epaprintonly.cgi>.
- World Health Organization, Regional Office for Europe (2000), *Air quality guidelines for Europe*, second edition, Copenhagen, WHO Regional Publications, European Series, Núm. 91.

Guadalupe Garibay Chávez es doctora en psicología de la salud y profesora investigadora titular del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas de la Universidad de Guadalajara. Es coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, responsable del Programa de Divulgación Científica de la misma universidad y miembro fundador de la Red de Comunicación y Divulgación de la Ciencia de la Universidad de Guadalajara. Es miembro de la Red Conciliación y Preparación para Emergencias a Nivel Local del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
ggaribay@cucba.udg.mx

Valentín Hernández Trujillo es maestro en ciencias de la salud ambiental y especialista en química analítica ambiental. Sus áreas de conocimiento son la química analítica ambiental, el control de calidad, el medio ambiente y la legislación. Es verificador de normatividad ambiental en la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco.
vlehdez@hotmail.com

