

Resumen ejecutivo

En nuestro país se estima que 38 mil personas murieron entre 2001 y 2005 por cáncer de pulmón, enfermedades cardiopulmonares e infecciones respiratorias relacionados con la exposición a la contaminación atmosférica (Stevens *et al.*, 2008). Estos efectos suponen costos considerables para la sociedad. Por ejemplo, las cifras más recientes del INEGI indican que la contaminación atmosférica representó los mayores costos ambientales en 2009, al ubicarse en 520 mil 300 millones de pesos, lo que equivale al 4.4 por ciento del producto interno bruto (INEGI, 2011a).

Las autoridades requieren de los datos registrados en las estaciones de monitoreo y de los inventarios de emisiones para diseñar medidas de control de la contaminación atmosférica. En México actualmente hay más de ochenta localidades que cuentan con redes o estaciones de monitoreo. Sin embargo, únicamente en las tres grandes zonas metropolitanas (Guadalajara, Monterrey y el valle de México) los datos se han generado de manera constante desde que comenzaron sus operaciones. Esto quiere decir que solamente el 40% de la población mexicana puede conocer la calidad del aire que respira, y que las autoridades en las demás ciudades no cuentan con información completa para dimensionar el problema, proponer soluciones y evaluar estrategias. Además, las normas mexicanas para evaluar la calidad del aire son menos estrictas que lo que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS) y, por tanto, el cumplimiento con los límites máximos permisibles que establecen no significa, para algunos contaminantes, que la población esté protegida contra los impactos negativos de esos contaminantes.

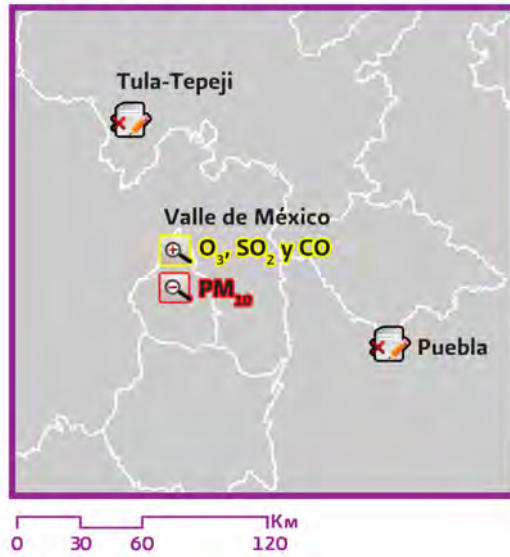
En este documento el INE publica, por vez primera, el análisis sistemático de toda la información disponible de la calidad del aire de veinte localidades de nuestro país. En comparación con el tercer almanaque (Zuk *et al.*, 2007), esta publicación incluye información de más ciudades, con mayor grado de detalle, y presenta la evaluación del desempeño de las redes de monitoreo. Este cuarto almanaque tiene una resolución a escala urbana, lo que permite comparar la situación de las ciudades con respecto a cada contaminante, y también incluye la información a una escala más detallada, por estación de monitoreo.

Hallazgos relevantes

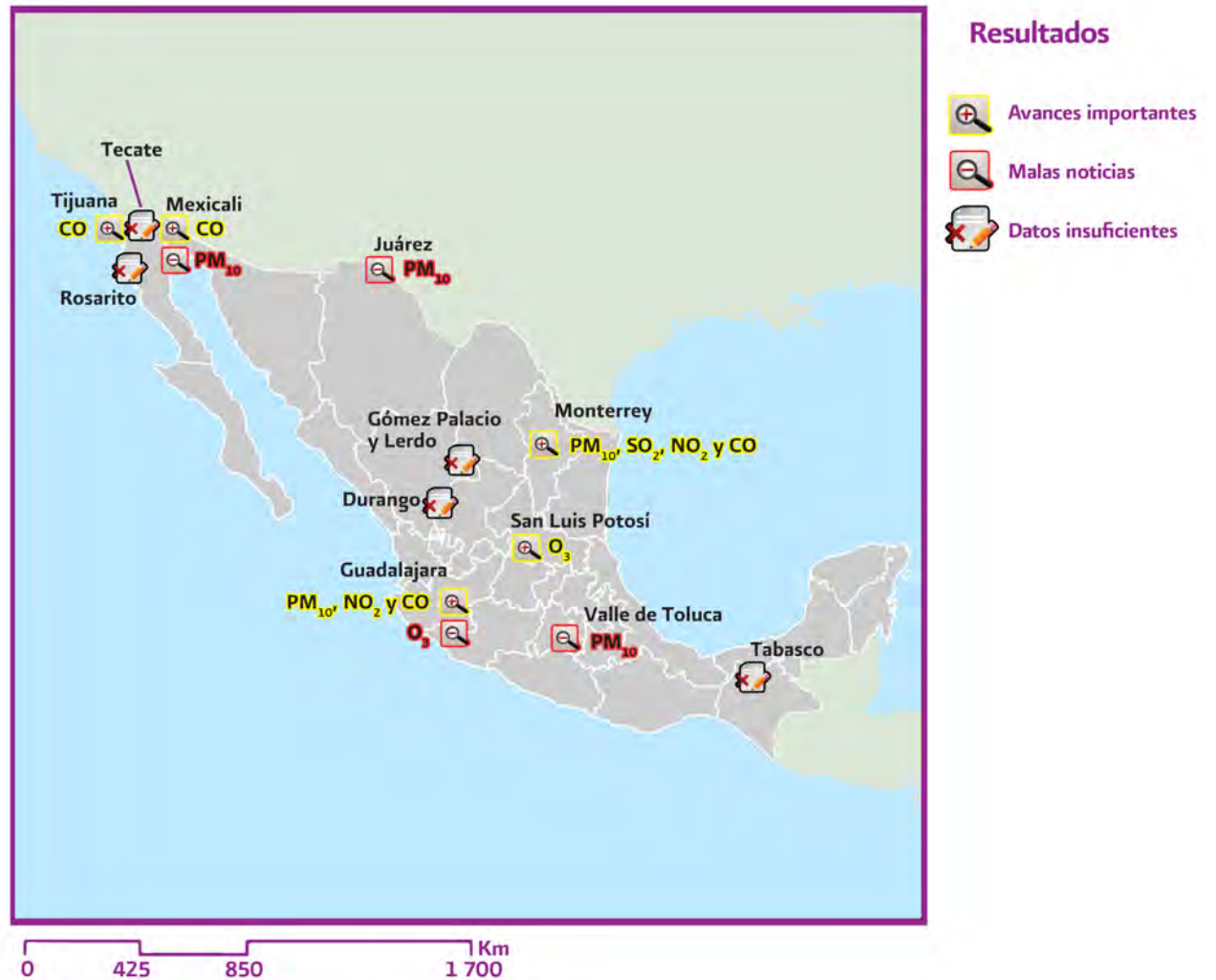
En la figura RE-1 y el cuadro RE-1 se resumen los principales resultados de este documento. Se advierten mejoras en la calidad del aire en algunas localidades, y retrocesos en otras (figura RE-1); en general, resalta la falta de información para clasificar las ciudades por su grado de contaminación en 2009 (cuadro RE-1).

Figura RE-1. Avances y malas noticias con respecto a la calidad del aire en México

Estados del centro



Guanajuato



Resultados

-  Avances importantes
-  Malas noticias
-  Datos insuficientes

Cuadro RE1. Resumen de los resultados de la evaluación del desempeño de las redes y de la clasificación de las ciudades y zonas metropolitanas con respecto a su grado de contaminación, por contaminante (2009)

Grupo	Zona metropolitana /ciudad	Desempeño de la red de monitoreo	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Grupo 1: zonas metropolitanas grandes	1. Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)	Muy bueno	4°	S.C.	1°	4°	1°	3°
	2. Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG)	Requiere atención	8°		2°	6°		1°
	3. Área Metropolitana de Monterrey (AMM)	Bueno	3°		4°	5°	2°	4°
Grupo 2: zonas metropolitanas y ciudades medianas	4. Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT)	Mínimo aceptable	2°					
	5. Puebla	Mínimo aceptable						
	6. Tijuana	Bueno						
	7. León	Bueno	5°		3°	3°		
	8. Zona Metropolitana de Juárez (ZM Juárez)	Muy bueno	1°					
Grupo 3: zonas metropolitanas y ciudades pequeñas	9. San Luis Potosí, SLP	Requiere atención			S.C.		S.C.	S.C.
	10. Zona Metropolitana de Mexicali (ZM Mexicali)	Bueno						
	11. Durango, Dgo.	Requiere atención						
Grupo 4: ciudades con menos de 550 mil habitantes	12. Irapuato	Mínimo aceptable	9°			2°		
	13. Gómez Palacio y Lerdo	Requiere atención						
	14. Celaya	Mínimo aceptable						
	15. Salamanca	Bueno	6°			1°		2°
	16. Silao	Mínimo aceptable	7°		5°	7°		
	17. Tecate	Bueno						
	18. Rosarito	Bueno						
	19. Tabasco	Requiere atención						
20. ZM de Tula-Tepeji	Requiere atención							

Notas:

Las celdas en gris indican que no fue posible clasificar la localidad debido a que los datos no fueron suficientes, no se llevaron a cabo mediciones o la información no fue enviada al INE.

S.C. = Sin clasificar. Se contó con información suficiente para la clasificación de la ZMVM con respecto a las PM_{2.5}, pero no hay más ciudades con datos. Las concentraciones de O₃, NO₂ y CO en San Luis Potosí son mucho más bajas que las de las ciudades que sí pudieron clasificarse, por lo que se decidió dejarla fuera de la clasificación a pesar de que sí cuenta con información suficiente.

Ciudades con avances prometedores para algunos contaminantes atmosféricos: PM_{10} en Monterrey y Guadalajara, O_3 en el valle de México y San Luis Potosí, SO_2 en Salamanca, y CO en Mexicali, Tijuana y Celaya

En estas localidades se observan reducciones muy alentadoras en las concentraciones de ciertos contaminantes entre 2000 y 2009, aunque todavía no se resuelve la problemática de la calidad del aire.

- En el **Área Metropolitana de Monterrey** se cumple con las normas de la calidad del aire para el SO_2 y el CO; las concentraciones de estos contaminantes se han reducido en los últimos años y muestran una tendencia decreciente. Asimismo, para las PM_{10} el número de días en los que se rebasa la norma se redujo casi el 50% desde 2005, y a partir de ese año disminuyó en 12% la exposición promedio anual; sin embargo, esta ciudad es la tercera ciudad más contaminada con PM_{10} , pues aún no se cumple con la norma de este contaminante.
- En la **Zona Metropolitana de Guadalajara** la norma del CO se cumplió en todo el periodo y las concentraciones siguen disminuyendo. Además, el número de días en los que se rebasa la norma de las PM_{10} decreció el 80%, por lo que la exposición promedio anual a este contaminante disminuyó el 13%. Sin embargo, todavía no se cumple la norma de las PM_{10} .
- En el **valle de México** las normas del SO_2 y del CO se cumplen, y se observa una clara tendencia decreciente en sus concentraciones. Por otra parte, la exposición promedio anual al ozono se redujo el 27%, el número de días en los que se rebasa la norma disminuyó más del 45%, y se observa una trayectoria decreciente en las concentraciones de este contaminante. No obstante, aún no se cumplen los límites de la norma y continúa siendo la ciudad más contaminada con ozono.
- En **San Luis Potosí** se han cumplido los límites normados para el ozono desde que comenzaron a operar las tres esta-

ciones de monitoreo con que cuenta, y la tendencia en las concentraciones es claramente decreciente.

- En **Salamanca** las concentraciones de SO_2 disminuyeron tanto que la exposición promedio anual de la población se redujo el 70%, y desde 2009 se cumple con los dos límites de la norma. Sin embargo, aún es la ciudad con más contaminación por bióxido de azufre en el país.
- En **Mexicali** la concentración de CO se redujo en 2008 a un tercio respecto a la registrada en 2001, por lo que desde 2007 ya se cumple con la norma, y se observa que las concentraciones continúan reduciéndose.
- En **Tijuana** se cumplió con la norma para el CO en todo el periodo, y se observa una tendencia descendente en las concentraciones de los últimos años.
- En **Celaya** las concentraciones registradas de CO cumplen holgadamente la norma desde que la red inició operaciones.

Malas noticias sobre las PM_{10} en Juárez, Toluca, el valle de México y Mexicali, el O_3 en Guadalajara y León, el NO_2 en Salamanca y el CO en Irapuato

Entre 2000 y 2009, el ozono y las PM_{10} siguieron siendo los principales problemas de la calidad del aire en varias zonas del país. En algunos casos se evidenciaron por primera vez, y en otros persistieron o se agravaron los que ya se habían documentado en almanaques anteriores.

- **Juárez** fue la ciudad más contaminada con PM_{10} en 2009, pues la exposición promedio anual aumentó casi un 10% con respecto a 2005. En los últimos tres años, casi el 45% de los muestreos que se registran anualmente no cumplen con el límite de 24 horas y, por lo tanto, tampoco se cumple con el límite anual.
- **Toluca** fue clasificada como la segunda ciudad más contaminada con PM_{10} en 2009. Durante ese año se rebasó la norma

en el 42% de los días del año, más que en cualquier otra localidad, y el límite anual se superó con concentraciones que son el doble de dicho límite.

- **El valle de México** figura ahora como la cuarta ciudad más contaminada con PM_{10} , pues no se cumple con ninguno de los límites de la norma, y el número de días en los que se excedió la norma diaria aumentó en los últimos dos años, especialmente en las estaciones del noreste, hasta llegar a 48 en 2009.
- **Mexicali**, que figuraba como el primer lugar en el país por contaminación con PM_{10} en el tercer almanaque, no pudo ser clasificada en 2009 por falta de datos. Durante 2008, sin embargo, en el 65% de los muestreos efectuados se rebasó el límite diario, y los registros de años anteriores corresponden a valores que son el doble o el triple de los dos límites de la norma.
- **Guadalajara** continúa siendo la segunda ciudad más contaminada con ozono, después del valle de México. La exposición promedio anual a este contaminante aumentó el 27%. Los indicadores de la norma de 2009 sobrepasaron los niveles registrados en el valle de México y muestran una tendencia creciente.
- **León** se convirtió en la tercera ciudad más contaminada con ozono en México. En los últimos cuatro años el indicador del límite anual aumentó el 80%, y el número de días en los que se rebasó la norma aumentó de 0 a 23. En esta ciudad tampoco se cumplen los límites de la norma para las PM_{10} desde que la red de monitoreo inició operaciones, y las concentraciones de CO de los últimos dos años excedieron la norma.
- En **Salamanca** casi se triplicó la concentración de NO_2 en los últimos tres años, y la concentración de 2009 se encuentra muy cerca del valor de la norma.
- En **Irapuato** las concentraciones de CO aumentaron desde que comenzó a operar la red de monitoreo; los dos últimos años muestran un incremento muy notable de dichas concentraciones, con valores muy próximos al límite normado.

Insuficiencia de información de las ciudades y zonas metropolitanas medianas y pequeñas

La calidad y la cantidad de los datos reportados por las distintas redes de monitoreo son muy heterogéneas. Solamente en el valle de México los datos reportados fueron adecuados y suficientes para evaluar la calidad del aire con respecto a todos los contaminantes durante todo el periodo 2000 a 2009. En general, los datos que reportan la mayoría de las redes de monitoreo son insuficientes para realizar un diagnóstico completo de la calidad del aire entre 2000 y 2009.

- En **Toluca, Puebla, Juárez, Tijuana, Mexicali, Tecate y Rosarito** no se generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de las normas de la calidad del aire o, inclusive, se dejaron de realizar mediciones de uno o varios contaminantes durante uno o varios años.
- Las redes de monitoreo que recientemente iniciaron operaciones enviaron, en su mayoría, información incompleta o insuficiente para el diagnóstico. Destacan las ciudades de **Durango, Gómez Palacio y Lerdo, Celaya, y la redes de Tabasco y Tula-Tepeji**, para las cuales no fue posible hacer un diagnóstico de la calidad del aire para ninguno de los contaminantes en 2009. De León, San Luis Potosí, Irapuato, Salamanca y Silao la información fue incompleta, aunque suficiente para evaluar uno, dos o tres contaminantes.

Limitaciones en la medición de las $PM_{2.5}$

A pesar de ser un contaminante de primera relevancia por sus impactos negativos en la salud (seguramente el más relevante en términos de mortalidad prematura), la medición de las $PM_{2.5}$ todavía no se consolida en las redes de monitoreo que cuentan con equipo para tal efecto. Únicamente fue posible evaluar el cumplimiento de las normas en el valle de México para todos los años, y en Mexicali para tres años. En Monterrey, a pesar de que

se realizaron mediciones, la información recopilada solamente fue suficiente para evaluar el número de días en los que se rebasa la norma diaria, y en Guadalajara los datos fueron declarados inválidos por los responsables de la red.

Desempeño favorable de las redes de monitoreo del valle de México, Juárez, Monterrey, León, Rosarito, Salamanca, Tecate, Tijuana y Mexicali

Las actividades de mantenimiento de las redes, su operación y los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad que se implementaron entre los años 2000 y 2009 en las redes del valle de México y Juárez redundaron en un desempeño *muy bueno*, mientras que en Monterrey, León, Rosarito, Salamanca, Tecate, Tijuana y Mexicali el desempeño se calificó como *bueno*. En estas redes persisten, empero, áreas de oportunidad importantes, como la frecuencia de auditorías en el valle de México, Monterrey y León. El porcentaje de datos válidos (en particular de ozono y PM_{10}) y la oportunidad de la validación son los aspectos más importantes a mejorar en las cuatro redes del estado de Baja California.

Grandes oportunidades de mejora en el desempeño de once redes de monitoreo

En las redes de monitoreo con desempeño considerado *mínimo aceptable* (Celaya, Irapuato, Puebla, Silao y Toluca) y que *requiere atención* (Durango, Gómez Palacio y Lerdo, Tabasco, Tula y Tepeji del Río, Guadalajara y San Luis Potosí), las áreas de oportunidad más importantes se detectaron con respecto a la baja frecuencia o la ausencia de las auditorías, el bajo porcentaje de aprobación de los equipos de medición (particularmente de PM_{10} y NO_2) en las auditorías que sí se realizaron, la baja trazabilidad de los equipos de calibración y el bajo porcentaje de datos válidos

(particularmente de PM_{10} y ozono). En contraste, en la mayoría de estas redes se cuenta con *buenos o muy buenos* procedimientos de validación, que se realizan con oportunidad; la difusión de la información producida es, en general, adecuada.

Recomendaciones

El monitoreo atmosférico de los contaminantes del aire es, junto con los inventarios de emisiones, una herramienta fundamental para proteger a la población de los impactos negativos de la contaminación atmosférica. En la medida en que estos instrumentos estén actualizados y proporcionen información confiable, la gestión de la calidad del aire se hará de manera más costo-efectiva, y se aprovecharán mejor los recursos humanos, tecnológicos y económicos disponibles para mejorar la calidad del aire en el país. Para lograr lo anterior, se recomienda lo siguiente:

Actualizar y complementar las normas de la calidad del aire

Es necesario revisar las normas de la calidad del aire, en especial las correspondientes al SO_2 y el NO_2 , para que se alineen con los objetivos intermedios y, finalmente, con los valores recomendados por la OMS. Asimismo, es recomendable incluir en la normatividad mexicana criterios y lineamientos específicos para el manejo adecuado de los datos provenientes de las redes de monitoreo. Los criterios de suficiencia de información y de cumplimiento de las normas a escala urbana, por ejemplo, están ausentes de la normatividad actual y son indispensables para evaluar correctamente la calidad del aire.

Mejorar la operación de las redes de monitoreo

En este almanaque se incluye información de menos de la mitad de las más de ochenta redes de monitoreo que se han instalado en el país. Es necesario que todas las redes que aún no lo hacen reporten con regularidad sus mediciones, establezcan programas de operación y mantenimiento eficaces, y desarrollen actividades de control

y aseguramiento de la calidad de los datos. Esto es indispensable para que se cumpla el propósito para el cual fueron instaladas: que toda la población que se encuentra en su área de cobertura conozca, a partir de datos confiables, la calidad del aire que respira.

Las veinte redes de monitoreo que comprende este almanaque cuentan ahora con un diagnóstico de su desempeño que deberá servir como primer paso para la mejora de sus operaciones. Se requiere, por tanto, que los responsables de las redes de monitoreo desarrollen e implementen planes de mejora de las áreas de oportunidad identificadas en esta primera evaluación de su desempeño, sobre todo en lo que respecta a las auditorías de los equipos de medición. Esto es indispensable particularmente en las zonas metropolitanas de Puebla, Tijuana y Toluca, donde se concentran cerca de cinco millones de personas, y en la zona de Tula-Tepeji, donde se encuentra un complejo importante para el sector energético del país y donde, además, se construirá una nueva refinería.

Asimismo, la Semarnat, en conjunto con los responsables de las redes, debe desarrollar protocolos detallados para todos los aspectos de la operación, el mantenimiento, la evaluación del desempeño y el manejo de los datos provenientes de las redes.

Aumentar la infraestructura de monitoreo y mejorar la representatividad de los datos

La cantidad y la ubicación de los equipos de monitoreo en una zona determinan la representatividad de los datos obtenidos. Las redes de Rosarito, Silao y Tecate, por ejemplo, se componen de una sola estación de monitoreo, cuyas mediciones difícilmente pueden considerarse representativas de toda una zona urbana, pero que, en ausencia de más estaciones distribuidas en esta región, se interpretan erróneamente como representativas. Otras redes comprenden varias estaciones, pero de éstas algunas se encuentran ubicadas en el área de influencia de fuentes de emi-

sión importantes, lo que reduce su representatividad a una zona muy específica. La estación Progreso de Mexicali, por ejemplo, que registra las concentraciones más altas de PM_{10} en esa ciudad, recibe la influencia del polvo proveniente de una zona aledaña sin cubierta vegetal. Por lo tanto, es necesario ampliar la infraestructura de monitoreo en las zonas donde es insuficiente; y en aquellas zonas donde existen suficientes estaciones de monitoreo, es preciso que los responsables de las redes definan la clasificación de todas las estaciones con respecto a su representatividad y evalúen su distribución para garantizar que los datos obtenidos sean representativos de la calidad del aire a escala urbana.

La información sobre la calidad del aire: prioridad de salud pública y ambiental

En la medida en que la información sobre la calidad del aire se ponga a disposición del público, del sector privado y de las autoridades ambientales, la sociedad en su conjunto podrá, en principio, tomar conciencia sobre los problemas de contaminación atmosférica de su localidad y, por ende, proponer y participar activamente en las acciones para mejorarla. El primer paso para aspirar a reducir los miles de casos de mortalidad y morbilidad que ocasiona la contaminación atmosférica en nuestro país cada año es conocer y dar a conocer el estado que guarda el aire. La instrumentación de las recomendaciones que se plantean en los párrafos anteriores muy probablemente demandará incrementar los recursos humanos, tecnológicos y monetarios destinados a la gestión de la calidad del aire y a la operación de las redes de monitoreo. En el entorno económico actual, estos recursos serán inaccesibles a menos que esta información se comunique adecuadamente a la población, a los investigadores, a las autoridades ambientales y de salud de los tres órdenes de gobierno, y a los miembros del Congreso de la Unión. Respirar una calidad del aire adecuada debe convertirse en una prioridad de salud pública nacional. Eso es lo que demandan los miles de mexicanos que

padecen asma o enfermedades cardiopulmonares, los hipertensos, los diabéticos, los niños, los adultos mayores de 65 años, las mujeres embarazadas, los policías de tránsito, los atletas y todos aquellos que están expuestos continuamente a la contaminación ambiental por la naturaleza de las actividades que realizan diariamente. Eso es lo que demandamos todos los mexicanos.