

# **Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 2008-2012**

---

## **Informe de Evaluación Periodo 2008-2011**

---

**Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y  
Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes**

**Dirección de Calidad del Aire**

**Subdirección de Programas de Calidad del Aire**

**Diciembre de 2012**

# Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 2008-2012

## Informe de Evaluación

### Contenido

---

Introducción .....	4
1. Descripción del ProAire Monterrey 2008-2012.....	7
1.1. Antecedentes .....	7
1.2. Calidad del aire antes del ProAire Monterrey 2008-2012.....	8
1.3. Estructura y contenido del ProAire Monterrey 2008-2012.....	11
1.4. Sistema de administración .....	14
2. Evolución del Área Metropolitana de Monterrey.....	15
2.1. Expansión territorial.....	15
2.2. Crecimiento de la población .....	16
2.3. Sector primario .....	16
2.4. Sector industrial.....	18
2.5. Comercio y servicios .....	19
2.6. Parque vehicular .....	20
3. Evolución de la Calidad del Aire y Emisiones a la Atmósfera.....	21
3.1. Evolución del sistema de monitoreo atmosférico .....	21
3.2. Indicadores de la calidad del aire .....	23
3.2.1. Partículas PM <sub>10</sub> .....	23
3.2.2. Ozono (O <sub>3</sub> ).....	26
3.2.3. Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	29
3.2.4. Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	31
3.2.5. Monóxido de carbono (CO).....	32
3.3. Evolución de las emisiones contaminantes a la atmósfera .....	34
4. Metodología de Evaluación.....	36
4.1. Evaluación cualitativa .....	37

4.2. Evaluación cuantitativa.....	40
5. Avances en la Aplicación de las Medidas, Periodo 2008-2012 .....	43
5.1. Estrategia 1. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte .....	43
5.2. Estrategia 2. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios .....	46
5.3. Estrategia 3. Protección a la salud .....	50
5.4. Estrategia 4. Fomento a la educación ambiental .....	51
5.5. Estrategia 5. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área .....	52
5.6. Estrategia 6. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental .....	54
6. Evaluación de la Calidad del Aire y de la Reducción de Emisiones .....	58
6.1. Tendencias de la calidad del aire .....	58
6.2. Evaluación en la reducción de emisiones .....	60
7. Conclusiones y Recomendaciones .....	62
Bibliografía.....	65
Siglas y Acrónimos .....	67

# Introducción

---

Como respuesta al problema de la contaminación del aire en las principales ciudades del país, el gobierno federal, por conducto de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, y la participación de los distintos sectores de la sociedad, ha desarrollado programas de gestión para mejorar la calidad del aire, también conocidos como ProAire. Estos programas representan una de las principales herramientas de la política ambiental en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica para revertir las tendencias de deterioro.

Los ProAire proponen una serie de acciones concretas para la reducción y control de las emisiones provenientes de las fuentes que tienen una mayor contribución en la carga de contaminantes. Dichas medidas toman en cuenta la factibilidad económica (costo) y el beneficio en la calidad del aire y la salud humana.

Los ProAire se aplican a escala municipal, o como en el caso del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, a escala regional, cuando por sus características económicas, demográficas, urbanas, climáticas y geográficas, entre otras, las ciudades presentan problemas de contaminación del aire, por consiguiente la alteración del ecosistema urbano.

Este es el caso del Área Metropolitana de Monterrey, cuando a mediados de la década de los noventa del siglo pasado las partículas menores de 10 micrómetros y el ozono registraron frecuentes rebases a la norma de calidad del aire ambiente, al mismo tiempo la cuenca atmosférica recibía una carga de un millón novecientas toneladas de contaminantes. En este contexto, el Plan Estatal de Medio Ambiente 1995-2020 estableció las directrices para desarrollar el Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000.

Este programa obtuvo resultados positivos al controlar las emisiones contaminantes. No obstante, el crecimiento demográfico, urbano y económico de la metrópoli trajo consigo mayor consumo de combustible, incremento de la flota vehicular y mayor tráfico, con lo que las emisiones contaminantes presentaron una tendencia ascendente. Por esta razón,

se tomó la determinación de implementar un segundo programa denominado el “Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 2008-2012”, objeto de la presente evaluación.

Así como la SEMARNAT participa en la elaboración de los ProAire, también actúa en las evaluaciones periódicas a cada uno de éstos, a fin de conocer el grado de avance logrado, la reducción de emisiones, el impacto en la calidad del aire, las fortalezas y debilidades tanto en la instrumentación del programa como en la coordinación institucional. Los resultados de estas evaluaciones se utilizan para aportar al proceso metas más ambiciosas de reducción de emisiones, nuevas directrices, o bien, el replanteamiento de las estrategias. De esta forma se establece un círculo de mejora continua para la elaboración y ejecución de los subsiguientes ProAire.

El presente *Informe de Evaluación del periodo 2008-2011*, tiene como objetivos: a) dar a conocer los resultados del seguimiento y evaluación realizado en el periodo de referencia, incorporando para ello la información más reciente y accesible; b) evaluar el grado de avance en la instrumentación del Programa; y c) conocer los cambios en la calidad del aire y cantidad de emisiones. Cabe señalar que la información que aquí se presenta corresponde a la más relevante y que se ajusta a los indicadores aplicados, por lo que no es de carácter exhaustivo.

El documento está conformado por siete capítulos.

El Capítulo 1 contiene una breve descripción de los antecedentes y estructura del ProAire Monterrey 2008-2012.

El *Capítulo 2* describe información sobre el crecimiento del Área Metropolitana de Monterrey respecto a su población, industria, comercios y transporte, importantes fuerzas de presión del recurso aire.

En el *Capítulo 3* se presenta, por una parte, el estado que guarda la calidad del aire en la metrópoli respecto a las normas de calidad del aire ambiente; por otra, la evolución de las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

El *Capítulo 4* describe la metodología aplicada para la evaluación cualitativa y cuantitativa, entre otras consideraciones y aclaraciones.

El *Capítulo 5* presenta los resultados del seguimiento de las actividades realizada en cada una de las acciones y medidas, así como un cuadro resumen de la evaluación cualitativa (calificación del grado de avance).

El *Capítulo 6* consiste en la presentación de las tendencias de los contaminantes atmosféricos mediante el uso del *índice de la media anual relativa*, y algunas consideraciones respecto a los objetivos de reducción de emisiones.

Finalmente, en el *Capítulo 7* se describen las conclusiones y señalan algunas recomendaciones como resultado de la presente evaluación.

# 1. Descripción del ProAire Monterrey 2008-2012

---

## 1.1. Antecedentes

El crecimiento del sector secundario en el estado de Nuevo León en la década de los cuarenta trajo consigo la concentración de la planta industrial en la ciudad de Monterrey. El mayor crecimiento de este sector se dio en la década de los sesenta debido, entre otros factores, a las estrategias de fomento industrial tales como precios bajos de energéticos, de energía eléctrica y de bienes y servicios. A la par de este dinamismo económico, hubo un intenso proceso de urbanización que trajo como resultado la consolidación del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) conformada por diez municipios. A finales de la década de los noventa estos municipios concentraron el 83% de la población estatal.

En este proceso de desarrollo se observó un deterioro gradual de la calidad del aire. En el periodo comprendido de 1993 a 1996 las partículas menores de 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) y el ozono ( $O_3$ ) registraron frecuentes rebases a la norma de calidad del aire ambiente, hasta 15% de los días del año en el caso de las  $PM_{10}$  y de 7%, en el caso del  $O_3$ . Asimismo, se registraron concentraciones máximas de hasta  $272 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  (127% por arriba de la norma actual) y de hasta 0.195 partes por millón (ppm) de  $O_3$ , esto es, 72% por arriba de la norma. De forma esporádica, el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y el monóxido de carbono (CO) mostraron rebases a la norma. La cuenca atmosférica recibía una carga de un millón novecientas toneladas de contaminantes, de las cuales las partículas suspendidas aportaban el 42.2%, el 47% el monóxido de carbono. Ahora bien, por tipo de fuente, la erosión del suelo y la actividad minera de materiales pétreos contribuían con 98.9% de la emisión de las partículas, mientras que los vehículos automotores el 99.6% del CO.

En este contexto, el Plan Estatal de Medio Ambiente 1995-2020 estableció las directrices para desarrollar el Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000. En dicho programa se establecieron 31 acciones

con la meta de reducir una cantidad de 381 mil toneladas anuales de contaminantes. Dentro de las acciones planteadas estaban:

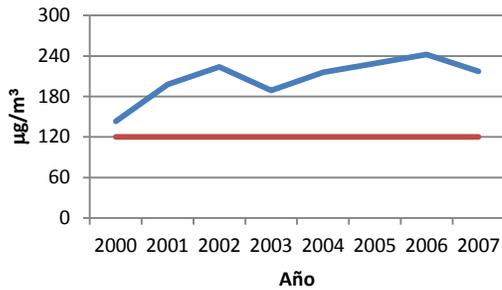
- Establecimiento de convenios con las pedreras para controlar y reducir las emisiones de partículas;
- Establecimiento de convenios con el sector industrial para controlar y reducir las emisiones de precursores de O<sub>3</sub>, así como de partículas y óxidos de azufre;
- Renovación de la flota vehicular de transporte público y conversión de unidades a gas natural;
- Intensificación de los programa de reforestación, pavimentación de calles y avenidas;
- Diseño e implementación de un programa de respuesta a episodios de contingencia ambiental atmosférica;
- Introducción de combustibles limpios para uso industrial y vehicular.

El objetivo a cumplir en el año 2000 era alcanzar una reducción del 31% de las emisiones de partículas, del 76%, de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>); del 30%, de NO<sub>2</sub>; de 7% de hidrocarburos (HC) y de 6% de CO. Con estas reducciones respecto al año base se estimaba que el porcentaje de días que se rebasaba alguna de las normas de calidad del aire bajaría de 18% a 10%.

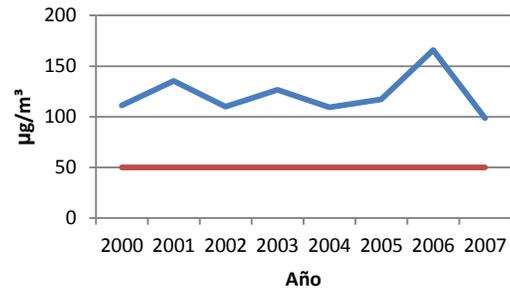
## **1.2. Calidad del aire antes del ProAire Monterrey 2008-2012**

En los años siguientes el AMM mantuvo un crecimiento socioeconómico importante expandiendo el área urbana. El número de municipios metropolitanos pasó de 10 a 12, situación que vino a acentuar la problemática ambiental. Del periodo 2000 a 2007 indicadores de la calidad del aire mostraban una tendencia a la alza de las concentraciones diarias de PM<sub>10</sub>, al pasar de 143 µg/m<sup>3</sup> a 217 µg/m<sup>3</sup>, con un máximo de 242 en el año 2006 (gráficas 1.1 y 1.2); asimismo, la frecuencia de los día fuera de norma pasó de 45 días a 95 días con máximo de 163 días en el 2005.

Gráfica 1.1 Comportamiento de la norma diaria de PM10 en el AMM, 2000-2007



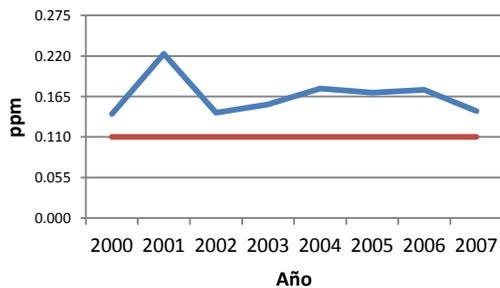
Gráfica 1.2. Comportamiento de la norma anual de PM10 en el AMM, 2000-2007



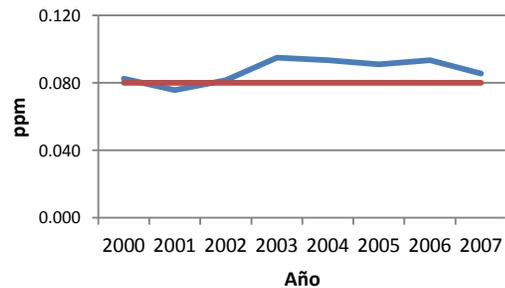
Fuente: INE (2011)

En el caso del O<sub>3</sub>, durante el periodo 2000-2006, la norma horaria no mostró una tendencia definida, sin embargo, las concentraciones se mantuvieron por arriba de la norma durante todo el periodo. Las concentraciones se mantuvieron dentro de un rango de 0.141 ppm a 0.223 ppm. Respecto a la norma anual, tampoco se cumplió el límite máximo (excepto en el 2001), ya que las concentraciones de O<sub>3</sub> se mantuvieron dentro de un rango de 0.0816 ppm a 0.094 ppm (gráficas 1.3 y 1.4). De 2000 a 2007, el número de días fuera de norma pasó de 12 a 17, con un máximo de día de 36 y 32 en los años 2004 y 2005, respectivamente.

Gráfica 1.3. Comportamiento de la norma horaria de O<sub>3</sub> en el AMM, 2000-2007



Gráfica 1.4. Comportamiento de la norma anual de O<sub>3</sub> en el AMM, 2000-2007



Fuente: INE (2011)

De acuerdo con el inventario de emisiones para el año 2005 reportado en el ProAire, las fuentes móviles contribuyeron con el 97% de las emisiones de CO; 48% de NO<sub>x</sub> y 47% de COV. En el caso del material particulado las fuentes fijas y de área aportaron el mayor porcentaje con el 88% del total de las emisiones; además, para el SO<sub>2</sub>, las fuentes fijas son las que aportaron el 98% de este contaminante.

Respecto al CO, las fuentes móviles emitieron más del 97%, destacando los vehículos a gasolina (particulares) con un 34%, seguido de los camionetas de carga ligera 1, 2 y 3 así como los autobuses urbanos y escolares que contribuyeron con el 42% del total de las emisiones de este contaminante.

En cuanto a los COV, el 47% de las emisiones se generó de las fuentes móviles, en donde la contribución principal fue de los vehículos ligeros a gasolina (particulares) con un 18% y de las camionetas de carga ligera 1 con un 14%. Por su parte, las fuentes de área aportaron el 43% de las emisiones de este contaminante en donde el consumo doméstico de solventes contribuyó con el 15%, mientras que las subcategorías relacionadas con la distribución y uso de combustibles, tales como las fugas de gas LP (doméstico y comercial) y la distribución y venta de gasolina aportaron el 11%; finalmente, el recubrimiento de superficies industriales así como la limpieza de superficies aportaron el 10% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

El SO<sub>2</sub> tuvo su principal contribución en las fuentes fijas con un 98% del total de las emisiones, la principales subcategorías fueron la de petróleo y petroquímica así como la química y la generación de energía eléctrica que emitieron el 77%, las restantes catorce subcategorías contribuyeron con un 21%. Por su parte, el conjunto de las fuentes móviles, de área y naturales aportaron el 2% de las emisiones totales de bióxido de azufre.

En el caso del material particulado, las fuentes de área contribuyeron con más del 74% de las emisiones totales, en donde destacan las subcategorías de los caminos no pavimentados y la extracción y beneficio de materiales no metálicos que conjuntamente aportaron el 25% de las emisiones de este contaminante. Por otro lado, la construcción urbana e industrial y los caminos pavimentados participaron con una emisión del 19% y 37%, respectivamente. Finalmente, la erosión eólica contribuyó con el 11% de las emisiones de partículas suspendidas.

Por otra parte, los altos niveles de contaminación del aire en el AMM pueden ser asociados a casos frecuentes de infecciones respiratorias agudas, asma y conjuntivitis, entre otras.

Con el objetivo de fortalecer la protección al medio ambiente y los recursos naturales, así como proteger la salud humana y promover el desarrollo sostenible, el gobierno del estado de Nuevo León y el gobierno federal por conducto de la SEMARNAT se dan a la tarea de actualizar el ProAire anterior, así como de proponer nuevas medidas acordes a la situación económica, tecnológica y urbana del AMM. Es así que surge el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 2008-2012 (ProAire Monterrey).

### **1.3. Estructura y contenido del ProAire Monterrey 2008-2012**

El ProAire Monterrey 2008-2012 es el resultado de un esfuerzo conjunto de las autoridades municipales, estatales y federales, así como de la participación de la comunidad académica, de los sectores productivos y de organizaciones de la sociedad civil. Este Programa fue dado a conocer a la opinión pública en septiembre del año 2009.

El ProAire Monterrey establece una serie de medidas tendientes a prevenir, controlar y reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera generadas por las fuentes fijas, móviles y naturales en el AMM, considerando que esta zona se encuentra inmersa en una dinámica de crecimiento económico y urbano que influye en el comportamiento de la calidad del aire. Fue elaborado con base en el diagnóstico ambiental del AMM, el inventario de emisiones año base 2005 y los registros de la red de monitoreo atmosférico durante el periodo 2004-2007.

En dicho programa se incluye un capítulo que aborda el tema de cambio climático y el papel que tiene el estado de Nuevo León para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero; y otro que se refiere a la protección a la capa de ozono y las medidas a realizar.

El ProAire Monterrey tiene como objetivo general revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire, es decir, reducir significativamente el número de días en que se rebasa la norma de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , así como reducir las excedencias a la norma de  $O_3$ , al tiempo que se mantienen dentro de norma los restantes contaminantes criterio.

Para alcanzar los objetivos y metas planteadas se establecen cinco estrategias dirigidas a los principales sectores generadores de contaminantes atmosféricos:

- I. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte.
- II. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios.
- III. Protección a la salud.
- IV. Fomento a la educación ambiental.
- V. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área.
- VI. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental.

Cada estrategia está conformada por una serie de medidas que incluyen diversas acciones. En total son 28 medidas y 131 acciones (tabla 1.1).

**Tabla 1.1. Estrategias y medidas establecidas en el ProAire Monterrey 2008-2012**

Estrategia	Medida
I. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generar, promover e instrumentar un sistema de movilidad sustentable.</li> <li>2. Garantizar y sostener la renovación y mantenimiento de la flota de uso intensivo (taxis, transporte urbano, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal).</li> <li>3. Implementar criterios de regulación para el transporte público y de carga.</li> <li>4. Actualizar el diagnóstico de la movilidad del AMM para mejorar el Sistema Integrado de Transporte Público.</li> <li>5. Implementar el Programa de Verificación Vehicular.</li> <li>6. Promover el uso de combustibles de contenido ultra-bajo de azufre (UBA) en el sector transporte.</li> </ol>
II. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Fortalecer un programa permanente de inspección y vigilancia del sector industrial, comercial y de servicio en el AMM.</li> <li>8. Crear programa reducción emisiones fuentes prioritarias en el AMM.</li> <li>9. Establecer un programa de reducción de emisiones a la atmósfera del sector de empresas dedicadas a realizar el aprovechamiento de minerales y sustancias no reservadas a la Federación.</li> <li>10. Fortalecimiento del Programa de Auditoría Ambiental Voluntario en el AMM.</li> <li>11. Incentivar el cambio hacia el uso de combustibles más limpios y de tecnologías de control de emisiones de la combustión.</li> <li>12. Implementar un programa de control de vapores de gasolina en terminales de almacenamiento y distribución, así como en estaciones de servicio (gasolineras).</li> <li>13. Reducción de emisiones de dióxido de azufre en la refinería de Cadereyta.</li> </ol>
III. Protección a la salud	<ol style="list-style-type: none"> <li>14. Establecer un programa de vigilancia epidemiológica, enfocado a evaluar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población del AMM.</li> <li>15. Evaluar y actualizar el Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas.</li> <li>16. Impulsar la realización de estudios de exposición a contaminantes.</li> <li>17. Establecer estrategias de comunicación y planes de difusión sobre los efectos y riesgos a la salud.</li> </ol>
IV. Fomento a la educación ambiental.	<ol style="list-style-type: none"> <li>18. Diseñar e instrumentar un programa de difusión, comunicación y educación no formal sobre la problemática de la calidad del aire en el AMM, dirigida a la población en general, buscando su participación activa.</li> </ol>
V. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área	<ol style="list-style-type: none"> <li>19. Diseñar e instrumentar una campaña para la reducción de emisiones por la resuspensión de polvos en caminos no pavimentados y áreas erosionadas.</li> <li>20. Recuperación y ampliación de áreas verdes en el AMM.</li> </ol>
VI. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental	<ol style="list-style-type: none"> <li>21. Consolidar el Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) de los municipios periféricos del AMM.</li> <li>22. Establecer un plan integral de coordinación metropolitana.</li> <li>23. Fortalecer la red de monitoreo de calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey.</li> <li>24. Desarrollar y ejecutar un programa de actividades de capacitación, investigación e intercambio de información sobre calidad del aire.</li> <li>25. Actualizaciones del inventario de emisiones (IE).</li> <li>26. Formalizar el Grupo Interinstitucional de Evaluación y Seguimiento del ProAire.</li> <li>27. Creación de un fideicomiso ambiental.</li> <li>28. Homologación de criterios, códigos y lineamientos municipales en materia de calidad del aire.</li> </ol>

## 1.4. Sistema de administración

La coordinación para implementar las 28 medidas establecidas en el ProAire Monterrey 2008-2012 está a cargo de la Subsecretaría de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno Estado de Nuevo León, dependencia que preside el Comité de Seguimiento y Evaluación del ProAire. Este Comité es de carácter interinstitucional y es responsable de analizar la ejecución de las medidas y el cumplimiento de las obligaciones de los actores involucrados para identificar los componentes que limitan o fortalecen el cumplimiento de los objetivos planteados.

En este Comité están involucrados los siguientes organismos, instituciones y dependencias:

- Doce gobiernos municipales del AMM
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno Estado de Nuevo León
- Subsecretaría de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales<sup>1</sup>
- Subsecretaría de Desarrollo Urbano<sup>2</sup>
- Secretaría de Salud
- Secretaría de Desarrollo Económico
- Consejo Estatal de Transporte y Vialidad
- Instituto de Control Vehicular
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPa)
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
- Cámaras y asociaciones industriales
- Universidades e institutos de investigación

---

<sup>1</sup>Anteriormente Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales

<sup>2</sup>Anteriormente Agencia para la Planeación del Desarrollo Urbano

## 2. Evolución del Área Metropolitana de Monterrey

---

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) está conformada por 12 municipios<sup>3</sup>, que por su dinámica e interacción socioeconómica contribuyen de manera significativa al problema de la contaminación atmosférica. El AMM se localiza en la porción centro-oeste del estado de Nuevo León limitando al oeste con el estado de Coahuila. Los doce municipios metropolitanos que la integran son Apodaca, Cadereyta Jiménez, General Escobedo, García, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García, Santa Catarina y Santiago. Este grupo de municipios comprenden una extensión territorial de 6,351.2 km<sup>2</sup>; lo que representa el 9.9% de la superficie estatal (64,069 km<sup>2</sup>). La altitud en la ciudad de Monterrey es de 587 msnm.

La posición geográfica del AMM favorece la presencia a lo largo del año de diversos fenómenos meteorológicos, que influyen en la acumulación y dispersión de contaminantes. Asimismo, las características del relieve ofrecen una barrera natural para la circulación del viento y el transporte de los contaminantes como es el caso de la Sierra Madre Oriental, el Cerro de la Silla, el Cerro de las Mitras y el Cerro del Topo Chico.

### 2.1. Expansión territorial

El proceso de metropolización de Monterrey inició en la década de los cincuenta con la conurbación de cuatro municipios; en la década de los ochenta se incorporan otros cinco municipios y en las siguientes décadas el área metropolitana se suman más municipios hasta llegar a los doce que actualmente la conforman. La superficie urbana pasó de 1,511 km<sup>2</sup> en 1960 a 3,293 en el 2000, en 40 años el AMM creció 2.18 veces. El AMM es la segunda área conurbada más grande de México después de la Zona Metropolitana del Valle de México, y la tercera metrópoli en población. Se estima que de 2000 a 2006, el AMM

---

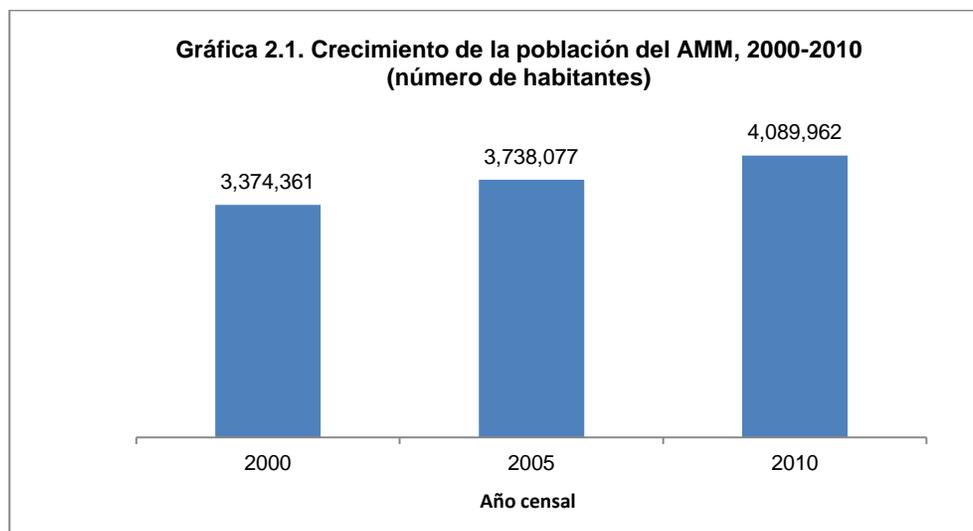
<sup>3</sup>De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo de Nuevo León 2010-2015, el AMM está conformado por 9 municipios metropolitanos. Por su parte, el estudio *Delimitación de zonas metropolitanas de México 2005* (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2008) considera 12 municipios. En el Capítulo 1, Introducción, del ProAire 2008-2012, habla de 14 municipios. Para fines de la presente evaluación, se tomaron en cuenta 12 municipios, ya que así lo señala los convenios de coordinación para la instrumentación del ProAire suscritos en 2009, además, de que estos municipios comprenden la cobertura geográfica del Inventario de Emisiones 2005 elaborado por la DGGCARETC-SEMARNAT.

mostró un crecimiento promedio de 40 m<sup>2</sup> al día. Al año 2020 el AMM concentra el 87.9% de la población estatal en una superficie urbana equivalente a 5.8% del territorio estatal.

Debido a las condiciones orográficas que rodean al AMM por la parte oriente, la expansión de los asentamientos humanos forma un anillo el cual se orienta principalmente hacia el noreste y sureste, en donde se encuentra la zona de llanuras y lomeríos. En ese lugar se encuentran los municipios de Pesquería, Ciénega de Flores, Marín y General Zuazua, los cuales se prevé que a mediano plazo pasen a formar parte del AMM.

## 2.2. Crecimiento de la población

Desde 1970 la población del AMM ha estado en constante aumento y al año 2010 representa el 87.9% del total de la población estatal. Después de un crecimiento acelerado de la población, a tasas alrededor del 6% anual entre 1940-1970, ésta disminuyó al 4.3% entre 1970-1980 y de 1980 a 2000 pasó del 2.6% al 2.3%. En la gráfica 2.1 se muestra el crecimiento de la población del AMM.



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2000 y 2010, y II Conteo de Población y Vivienda 2005

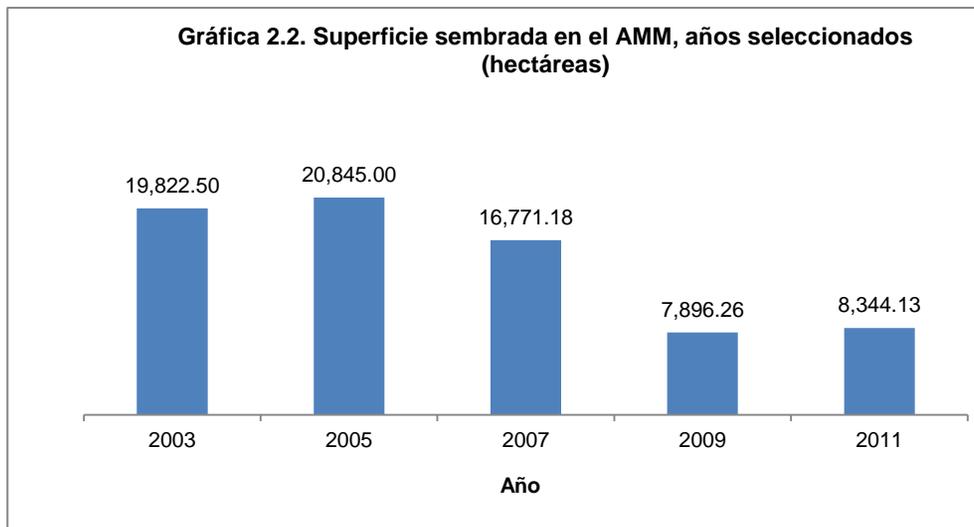
## 2.3. Sector primario

Las actividades pecuarias ocupan un lugar importante dentro de la economía del estado y son numerosos los terrenos potencialmente aptos para diversos usos de este tipo. En el AMM se caracterizan por la explotación extensiva, así como por la actividad de traspatio, destinada preferentemente al autoconsumo.

En el AMM la actividad agrícola tiene una relativa importancia económica ya que la superficie para tal fin (8,344 ha) representó el 0.13% de la superficie sembrada en la entidad durante el año 2011. El clima de tipo cálido-seco, el suelo árido y la baja disponibilidad de agua, son la principales limitantes ambientales de esta actividad productiva. En los municipios con baja disponibilidad de riego, la producción agrícola se destina a satisfacer la demanda local.

La producción de los cultivos cíclicos en los municipios metropolitanos se orienta hacia productos forrajeros destinados a cubrir parte de la demanda de la alimentación del ganado, destacando la producción de sorgo, avena y cebada forrajeros. En lo que respecta a cultivos básicos, la producción está destinada al autoconsumo, como maíz y frijol. Los cultivos perennes consisten en naranja, toronja, nuez, manzana y, en mayor proporción, en pastos.

En la gráfica 2.2 se presenta la superficie sembrada en el AMM para años seleccionados dentro del periodo 2003-2011. Como se puede observar, la superficie sembrada se ha reducido significativamente, al pasar de 19,822.50 Ha en 2003, a 8,344.13 Ha en el 2011, esto significa un decremento de 57.9%.



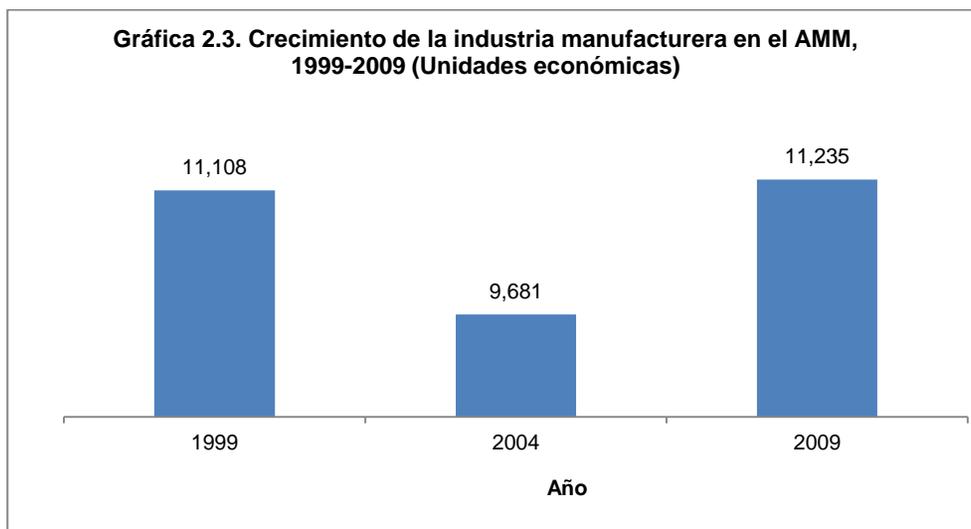
Fuente: SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

## 2.4. Sector industrial

La industria de la transformación en el estado de Nuevo León ocupa los primeros lugares a nivel nacional. La mayor parte de la producción se concentra en el AMM. De acuerdo con el censo industrial de 2009, en el AMM existen 23,000 establecimientos industriales.

Los principales bienes que este sector produce tiene que ver con productos siderúrgicos, fabricación de maquinaria, artículos metálicos, automotriz, productos químicos, celulosa y papel, vidrio, barro, loza cerámica, textil, cemento, electrónica, productos eléctricos, curtiduría y productos de hule, cigarros, calzado, cerveza, aceites, jabones, productos lácteos, empacadoras de frutas, legumbres y carnes, entre otras.

En la gráfica 2.3 se presenta el crecimiento que ha tenido este sector dentro del periodo 1999 a 2009. Como se puede apreciar, el sector ha tenido altibajos, de 1999 a 2004 hubo un decremento de 12.8%, luego, dentro de los cinco años siguientes, presentó una recuperación, al crecer 16%. La industria manufacturera, aunque aún es importante, está cediendo espacio a una economía de comercios y servicios, sobre todo, la actividad turística.



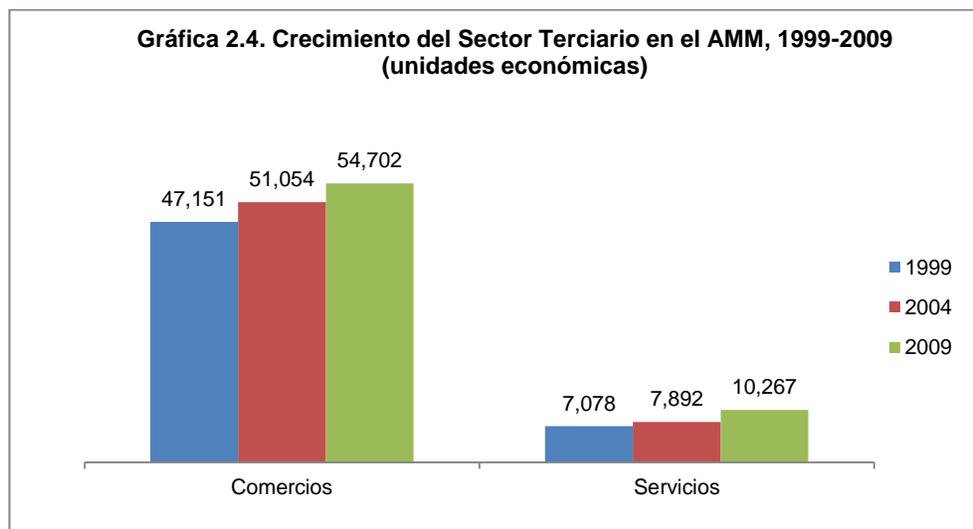
Fuente: INEGI. Censos Económicos 1999, 2004 y 2009.

## 2.5. Comercio y servicios

El AMM ha experimentado, cambios estructurales en las actividades productivas, marcados por la predominancia creciente de las actividades comerciales y de servicios, ya que las actividades industriales cobran mayor importancia en los municipios periféricos. En conjunto, este proceso es cada vez más selectivo de la mano de obra y va conformando un amplio segmento social dedicado a actividades comerciales y de servicios. En este sentido, por el número de establecimiento destaca la comercialización de productos alimenticios, bebidas y tabaco.

Monterrey, como capital del estado de Nuevo León, es sede de importantes grupos empresariales y financieros, tanto nacionales como extranjeros. En años recientes la actividad turística se promueve como una novedosa y creciente fuente de ingresos asociada con la organización de eventos de negocios y de espectáculos.

En la gráfica 2.4 se presenta el crecimiento del sector terciario en el AMM dentro del periodo 1999-2009. Este sector ha tenido un crecimiento sostenido del orden del 16% y 45% en comercios y servicios, respectivamente.



Fuente: INEGI. Censos Económicos 1999, 2004 y 2009

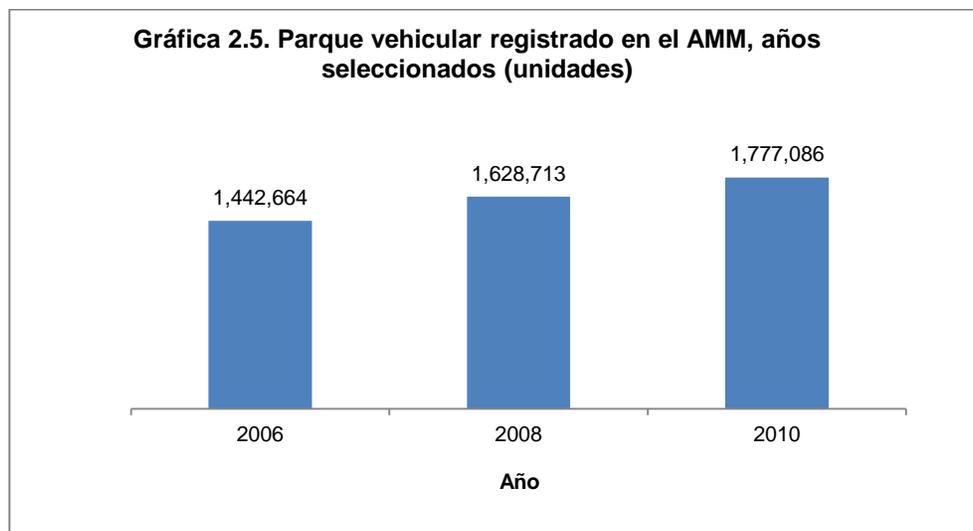
## 2.6. Parque vehicular

El parque vehicular registrado en el AMM representó en el año 2010 el 90% del total estatal, esto es 1.77 millones de vehículos. Se calcula que el índice de motorización es de 434 vehículos por cada mil habitantes. En la tabla 2.1 se presenta el parque vehicular registrado por tipo de servicio. Como se puede apreciar el tipo de servicio que domina es el de los automóviles y los camiones de carga, le sigue en importancia las motocicletas, y en cuarto lugar está el servicio de pasajeros. En cuatro años, de 2006 a 2010, el parque vehicular experimentó un incremento del 23.2% (gráfica 2.5).

**Tabla 2.1. Parque vehicular registrado en el AMM por año según tipo de servicio**

Año	Automóviles	Camiones de pasajeros	Camiones de carga	Motocicletas	Total
2006	1,039,673	14,852	362,160	25,979	1,442,664
2008	1,180,948	14,683	400,440	32,642	1,628,713
2010	1,292,751	15,110	430,840	38,385	1,777,086

Fuente: INEGI, Anuario estadístico del Estado de Nuevo León, varios años.



Fuente: INEGI, Anuario estadístico del Estado de Nuevo León, varios años.

Cabe mencionar que la flota vehicular del AMM está compuesta principalmente por vehículos nacionales, pero un porcentaje importante (25%) son vehículos usados importados de los E.UA. Comparada la flota vehicular con la de ciudades fronterizas en el AMM es relativamente más reciente, incluso el promedio de edad de los vehículos es similar con la de la Zona Metropolitana del Valle de México.

## 3. Evolución de la Calidad del Aire y Emisiones a la Atmósfera

---

El presente capítulo se refiere a los antecedentes y situación actual del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) en el AMM; a los indicadores de la calidad del aire respecto a los cinco contaminantes criterio; y a los cambios en la cantidad de emisión, tomando en cuenta los inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

### 3.1. Evolución del sistema de monitoreo atmosférico

El monitoreo atmosférico en el AMM inició en 1970 mediante una red manual con 12 muestreadores de alto volumen para partículas suspendidas totales (PST), la cual operó hasta 1992. En noviembre de ese mismo año el gobierno estatal puso en operación una red automática de monitoreo atmosférico con 5 estaciones para la medición de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), partículas suspendidas menores de 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), así como para la determinación de parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión barométrica y radiación solar), con la finalidad de contar con información de los niveles de contaminación ambiental, verificar el cumplimiento de los criterios de la calidad del aire ambiente y activar el Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas.

En junio de 2003 los equipos de monitoreo fueron renovados asimismo se incorporó a la red el monitoreo las partículas menores a 2.5 micrómetros y en 2009 se amplió la cobertura de medición de la calidad del aire, con la inclusión de dos estaciones en los municipios de General Escobedo y García. En el 2011 se incorporó una nueva estación en el municipio de Apodaca. En octubre de 2012 se instaló una estación más en el municipio de Juárez.

Hasta el momento del elaborar el presente informe, el SIMA cuenta con nueve estaciones automáticas de monitoreo, cinco muestreadores de alto volumen y dos unidades móviles de monitoreo. Mediante esta infraestructura se miden las concentraciones de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. El SIMA es administrado por la Subsecretaría de Protección al

Medio Ambiente y Recursos Naturales, de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Nuevo León.

**Tabla 3.1. Estaciones que conforman el SIMA del AMM**

<i>Clave</i>	<i>Estación</i>	<i>Municipio</i>	<i>Año de inicio de operación</i>
SO	Santa Catarina	Santa Catarina	1992
NO	San Bernabé	Monterrey	1992
CE	Obispado	Monterrey	1992
NE	San Nicolás	San Nicolás de los Garza	1992
SE	La Pastora	Guadalupe	1992
N	Escobedo	General Escobedo	2009
NO(2)	García	García	2009
NE(2)	Apodaca	Apodaca	2011
SE (2)	Juárez	Juárez	2012

Fuente: INE (2011); Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

En el 2004 el SIMA se incorporó al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) y desde entonces transmite sus datos a dicho sistema en tiempo casi real, lo que permite conocer rápidamente valoraciones y episodios de la contaminación del aire en una ciudad o región en particular<sup>4</sup>.

Con la finalidad de que la población en general comprenda los niveles de contaminación existentes en el aire, se utiliza el índice metropolitano de calidad del aire (IMECA). La información de la calidad del aire y datos estadísticos desde 1993, se encuentra reportada en las siguientes direcciones electrónicas del Portal de Gobierno:

[http://www.nl.gob.mx/?P=med\\_amb\\_mej\\_amb\\_sima](http://www.nl.gob.mx/?P=med_amb_mej_amb_sima)

[http://www.nl.gob.mx/?P=sima\\_metropolitano](http://www.nl.gob.mx/?P=sima_metropolitano)

De igual manera, los datos y reportes de la calidad del aire se pueden proporcionar por parte de la Secretaría de Desarrollo Sustentable por diversos medios, ya sea de manera personal, escrita, telefónica, electrónica o vía fax.

---

<sup>4</sup> Al momento de realizar el presente ejercicio, personal responsable del ProAire dio a conocer la siguiente situación: desde el mes de junio de 2011, se dejó transmitir la información en el SINAICA debido a un problema de comunicación, por tal motivo SINAICA no puede acceder a su información.

## 3.2. Indicadores de la calidad del aire

A continuación se presentan los indicadores de la calidad del aire para los contaminantes criterio muestreados/monitoreados en el AMM durante el periodo 2000-2011. Estos indicadores se presentan a modo de tablas y gráficas y se relacionan con el cumplimiento de los límites establecidos en las normas oficiales mexicanas (NOM) de salud ambiental en materia de calidad del aire ambiente a través del tiempo, y con el número de días al año que se rebasa la norma.

### 3.2.1. Partículas PM<sub>10</sub>

La modificación a la NOM-025-SSA1-1993 de este contaminante establece dos límites máximos permisibles para la protección a la salud, el primero, de 120 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas; y el segundo, de 50 µg/m<sup>3</sup> promedio anual. A lo largo del periodo, en prácticamente todas las estaciones se rebasa el criterio de la norma diaria y las concentraciones tienen un comportamiento variable y sin una tendencia clara. Las estaciones Noroeste (NO), Noroeste Dos NO (2) y Suroeste (SO) son las que registran los valores más altos (tabla 3.2 y gráfica 3.1).

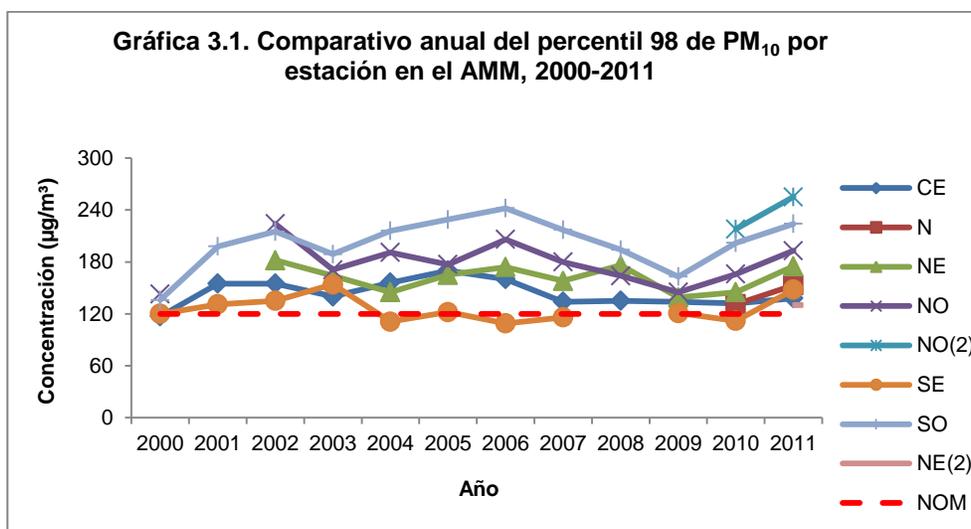
**Tabla 3.2. Cumplimiento de la norma diaria de PM<sub>10</sub> (120 µg/m<sup>3</sup>) en el AMM  
Percentil 98 de los promedios de 24 horas, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	117	SM	SM	143	SM	120	136	SM
2001	155	SM	DI	DI	SM	131	198	SM
2002	155	SM	182	224	SM	135	215	SM
2003	140	SM	164	171	SM	154	189	SM
2004	156	SM	145	191	SM	111	216	SM
2005	170	SM	165	177	SM	122	229	SM
2006	160	SM	174	206	SM	109	242	SM
2007	134	SM	158	180	SM	116	217	SM
2008	135	SM	176	164	SM	DI	194	SM
2009	134	DI	139	145	DI	121	163	SM
2010	132	131	145	166	218	112	202	SM
2011	138	153	175	193	255	148	224	130

DI = datos insuficientes, SM = sin medición

Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.2

El valor del indicador anual de la norma de PM<sub>10</sub> muestra un comportamiento consistente a lo largo del periodo de análisis excepto en dos estaciones: Suroeste (SO) y Noroeste, las cuales presentaron un pico en el 2006 y 2002 respectivamente. La primera con aproximadamente tres veces el valor límite. La segunda con aproximadamente dos veces el valor límite. En prácticamente todas las estaciones y en todos los años el límite normado no se cumplió, excepto en las estaciones Centro (CE) y Sureste (SE) en el año 2000. Del 2009 al 2011 se observa una repunte (tabla 3.3 y gráfica 3.2).

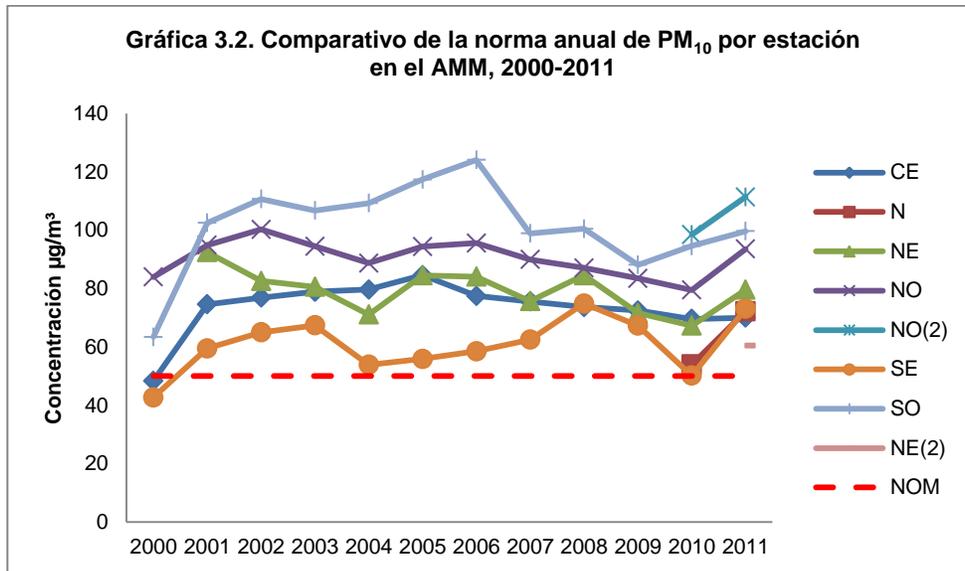
**Tabla 3.3. Cumplimiento de la norma anual de PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) en el AMM.  
Promedio anual de los promedios de 24 horas, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	48.4	SM	SM	84.0	SM	42.7	63.4	SM
2001	74.6	SM	95.5	94.9	SM	59.5	102.5	SM
2002	76.9	SM	82.6	100.3	SM	65.0	110.7	SM
2003	78.9	SM	80.6	94.5	SM	67.4	106.8	SM
2004	79.7	SM	71.1	88.7	SM	53.9	109.3	SM
2005	84.6	SM	84.5	94.4	SM	55.9	117.4	SM
2006	77.5	SM	84.1	95.6	SM	58.5	124.1	SM
2007	75.6	SM	75.7	90.0	SM	62.5	98.9	SM
2008	73.7	SM	84.6	87.1	SM	74.9	100.5	SM
2009	72.5	DI	71.6	83.5	DI	67.3	88.1	SM
2010	69.6	54.0	67.3	79.5	98.5	50.2	94.6	SM
2011	70.0	72.2	79.6	93.6	111.4	73.1	99.7	60.5

DI = datos insuficientes, SM = sin medición

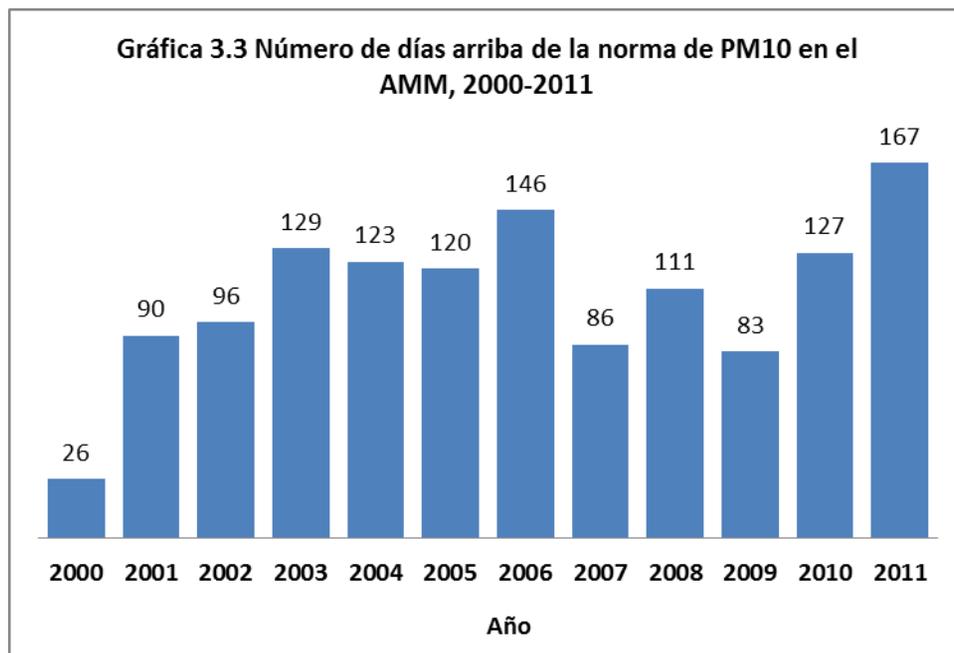
Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.3

En la gráfica 3.3 se presenta la frecuencia de los días al año fuera de norma de PM<sub>10</sub>. Dentro del periodo la frecuencia presentó altibajos. Se puede decir que la tendencia fue ascendente pues se observa que el número de días fuera de norma pasó de 26, en el 2000; a 167, en el 2011. Esta tendencia está mucho más marcada en los dos últimos años del periodo. Este ascenso se debió en gran medida a que se tuvo una sequía con escasas lluvias en los períodos de finales de 2010 y durante el 2011, lo que facilitó la resuspensión de polvos en la atmósfera elevando los días sobre la norma.



### 3.2.2. Ozono (O<sub>3</sub>)

La modificación a la NOM-020-SSA1-1993 de este contaminante establece dos criterios de exposición para la protección a la salud, el primero, de 0.110 ppm de O<sub>3</sub> promedio de una hora; y el segundo, de 0.080 ppm en el quinto máximo anual del promedio de 8 horas.

Las concentraciones horarias del O<sub>3</sub> muestran un comportamiento con un rango de variación amplio en los primeros dos años, posteriormente, el comportamiento se muestra más homogéneo y consistente. Salvo en dos estaciones; Noreste (NE) y Suroeste (SO), típicamente las concentraciones de este contaminante estuvieron por arriba del límite normado. A partir de 2004 se observa una tendencia a la baja en 7 estaciones, sin contar la estación Norte (N) – tabla 3.4 y gráfica 3.4 –.

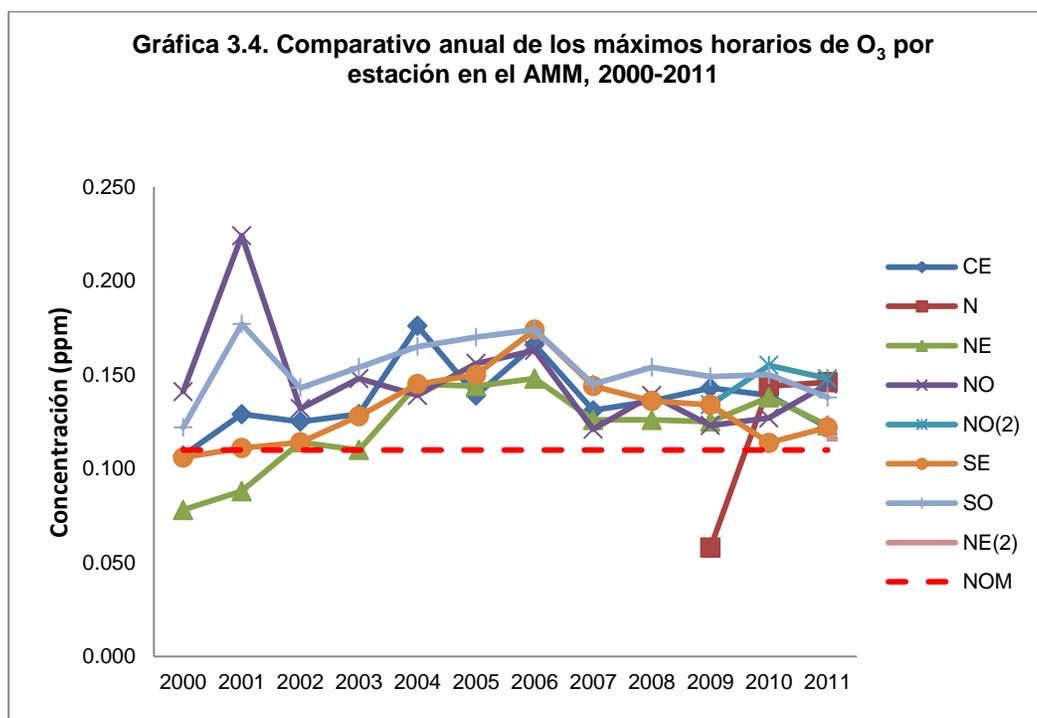
**Tabla 3.4. Cumplimiento de la norma horaria de O<sub>3</sub> (0.110 ppm) en el AMM.  
Máximo horario, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	0.107	SM	0.078	0.141	SM	0.106	0.122	SM
2001	0.129	SM	0.088	0.224	SM	0.111	0.177	SM
2002	0.125	SM	0.114	0.132	SM	0.114	0.143	SM
2003	0.129	SM	0.110	0.148	SM	0.128	0.154	SM
2004	0.176	SM	0.145	0.139	SM	0.145	0.165	SM
2005	0.139	SM	0.144	0.156	SM	0.150	0.170	SM
2006	0.166	SM	0.148	0.163	SM	0.174	0.174	SM
2007	0.131	SM	0.126	0.121	SM	0.144	0.145	SM
2008	0.136	SM	0.126	0.139	SM	0.136	0.154	SM
2009	0.143	0.058	0.125	0.123	0.134	0.134	0.149	SM
2010	0.139	0.144	0.138	0.127	0.155	0.138	0.150	SM
2011	0.122	0.146	0.123	0.145	0.148	0.122	0.138	0.116

DI = datos insuficientes, SM = sin medición

Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.4

Con relación al indicador de la norma anual del O<sub>3</sub>, a lo largo del periodo en todas las estaciones del AMM las concentraciones presentan una tendencia ascendente. A partir del año 2005 el rango de variación se vuelve más estrecho y el comportamiento es consistente. Las estaciones con las menores concentraciones corresponden a la Noreste (NE) y Centro (CE). Ver tabla 3.5 y gráfica 3.5.

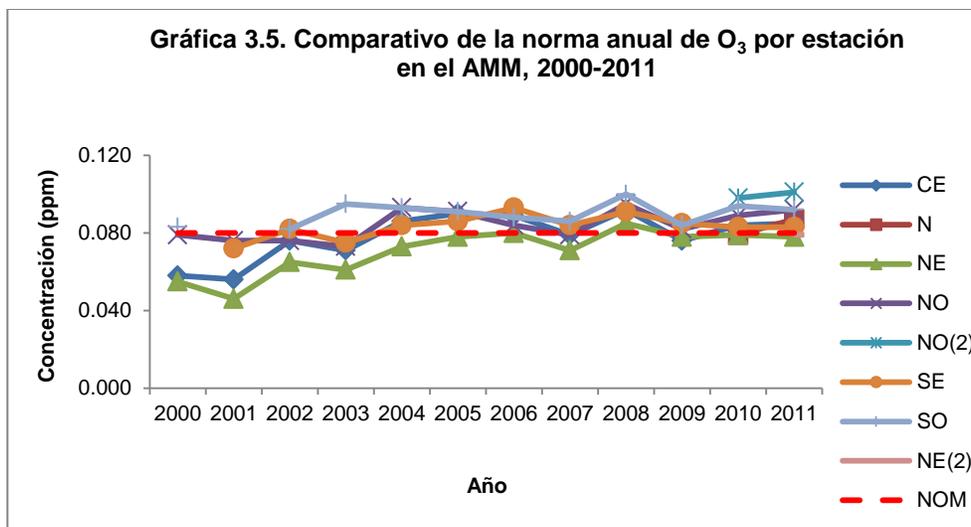
**Tabla 3.5. Cumplimiento de la norma anual de O<sub>3</sub> (0.08 ppm) en el AMM. Quinto máximo de los promedios móviles de 8 horas, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	0.058	SM	0.055	0.079	SM	DI	0.083	SM
2001	0.056	SM	0.046	0.076	SM	0.072	DI	SM
2002	0.076	SM	0.065	0.076	SM	0.082	0.082	SM
2003	0.071	SM	0.061	0.073	SM	0.075	0.095	SM
2004	0.086	SM	0.073	0.093	SM	0.084	0.093	SM
2005	0.090	SM	0.078	0.091	SM	0.086	0.091	SM
2006	0.089	SM	0.080	0.084	SM	0.093	0.088	SM
2007	0.079	SM	0.071	0.079	SM	0.084	0.086	SM
2008	0.092	SM	0.085	0.095	SM	0.091	0.100	SM
2009	0.076	DI	0.078	0.082	DI	0.085	0.084	SM
2010	0.084	0.079	0.079	0.089	0.098	0.083	0.094	SM
2011	0.085	0.087	0.078	0.092	0.101	0.083	0.092	0.079

DI = datos insuficientes, SM = sin medición

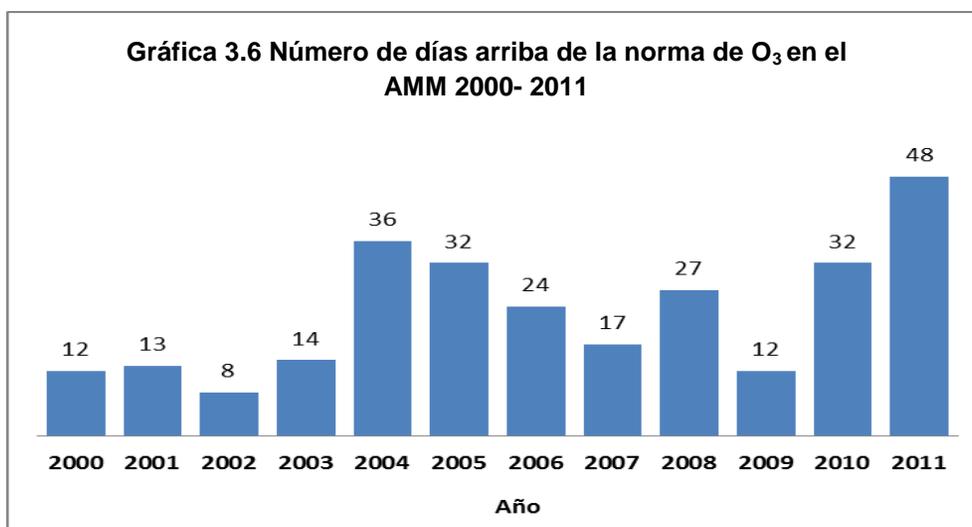
Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.5

La frecuencia del número de días del año en que se rebasó la norma de O<sub>3</sub> a lo largo del periodo mostró altibajos y se puede observar un incremento en la frecuencia al pasar de 12 días en el 2000 a 48 días en el 2008, que por cierto, este último año tuvo la mayor frecuencia de rebases a la norma (gráfica 3.6).



Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental

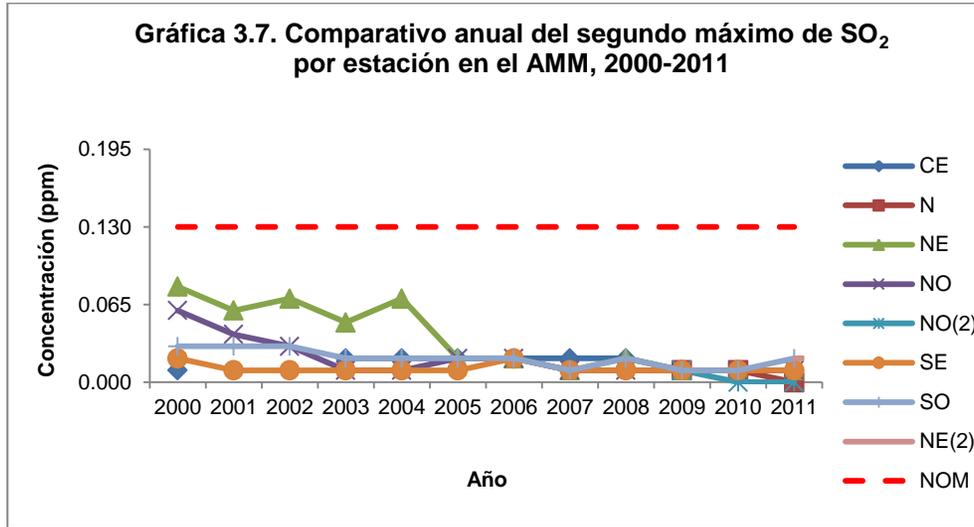
### 3.2.3. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

La NOM-022-SSA1-1993 de este contaminante establece dos límites máximos permisibles para la protección a la salud, el primero, de 0.130 ppm de SO<sub>2</sub> promedio de 24 horas; y el segundo, de 0.030 ppm promedio anual. El criterio de la norma de 24 horas se cumple en todas las estaciones ampliamente. De 2000 a 2004 la estación Noreste (NE) fue la que presentó las concentraciones más altas; en los años subsecuentes todas las estaciones muestran un comportamiento similar y con una tendencia estable (tabla 3.6 y gráfica 3.7).

**Tabla 3.6. Cumplimiento de la norma de 24 horas de SO<sub>2</sub> (0.13 ppm) en el AMM. Segundo máximo de los promedios de 24 horas, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	0.01	SM	0.08	0.06	SM	0.02	0.03	SM
2001	SM	SM	0.06	0.04	SM	0.01	0.03	SM
2002	SM	SM	0.07	0.03	SM	0.01	0.03	SM
2003	0.02	SM	0.05	0.01	SM	0.01	0.02	SM
2004	0.02	SM	0.07	0.01	SM	0.01	0.02	SM
2005	0.02	SM	0.02	0.02	SM	0.01	0.02	SM
2006	0.02	SM	0.02	0.02	SM	0.02	0.02	SM
2007	0.02	SM	0.01	0.01	SM	0.01	0.01	SM
2008	0.02	SM	0.02	0.01	SM	0.01	0.02	SM
2009	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	SM
2010	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	SM
2011	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02

DI = datos insuficientes, SM = sin medición. Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.  
Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.6

Los valores del indicador de cumplimiento de la norma anual de SO<sub>2</sub> en el AMM presentan un comportamiento similar al de las concentraciones horarias. A lo largo del periodo, las concentraciones en todas las estaciones cumplen con el límite normado y muestran una tendencia a la baja, siendo mucho más marcada en la estación Noreste (NE), la cual presentó los registros más altos hasta el 2005 (tabla 3.7 y gráfica 3.8). Sin embargo, al ser este contaminante un precursor de aerosoles es importante su control para disminuir la concentración de PM<sub>10</sub> y de PM<sub>2.5</sub>.

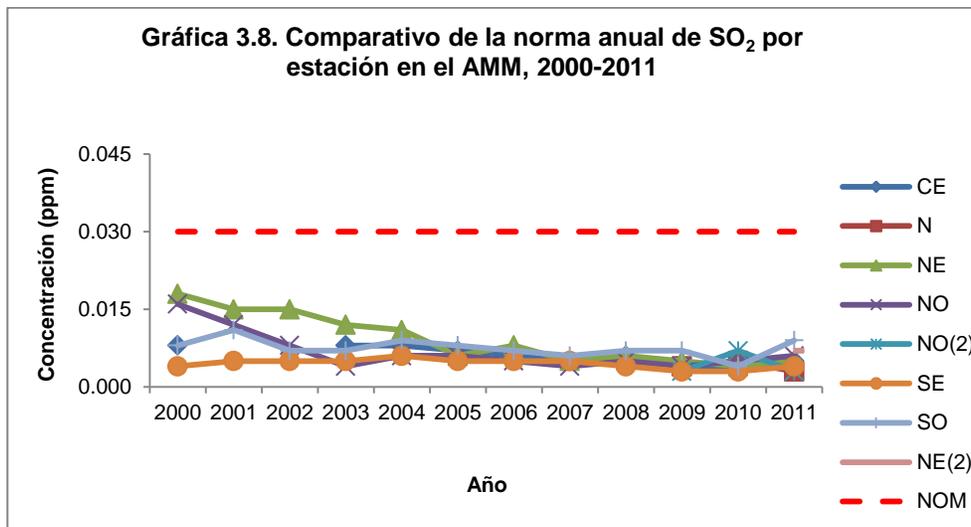
**Tabla 3.7. Cumplimiento de la norma anual de SO<sub>2</sub> (0.030 ppm) en el AMM.  
Promedio anual de las concentraciones horarias, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	0.008	SM	0.018	0.016	SM	0.004	0.008	SM
2001	SM	SM	0.015	0.012	SM	0.005	0.011	SM
2002	SM	SM	0.015	0.008	SM	0.005	0.007	SM
2003	0.008	SM	0.012	0.004	SM	0.005	0.007	SM
2004	0.008	SM	0.011	0.006	SM	0.006	0.009	SM
2005	0.007	SM	0.006	0.006	SM	0.005	0.008	SM
2006	0.006	SM	0.008	0.005	SM	0.005	0.007	SM
2007	0.005	SM	0.005	0.004	SM	0.005	0.006	SM
2008	0.006	SM	0.006	0.005	SM	0.004	0.007	SM
2009	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.003	0.007	SM
2010	0.004	0.005	0.004	0.005	0.007	0.003	0.004	SM
2011	0.005	0.003	0.005	0.006	0.003	0.004	0.009	0.007

SM = sin medición

Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.7

### 3.2.4. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

La NOM-023-SSA1-1993 para el NO<sub>2</sub> establece un límite máximo de 0.210 ppm promedio horario. Al respecto, se observa que las concentraciones están por debajo de la norma en todas las estaciones. Este contaminante es también un precursor de aerosoles, por lo que es importante su control para disminuir las concentraciones de PM<sub>10</sub> y de PM<sub>2.5</sub> en la atmósfera. Asimismo, el comportamiento del NO<sub>2</sub> es muy irregular por lo que no se observa una tendencia clara (tabla 3.8 y gráfica 3.9).

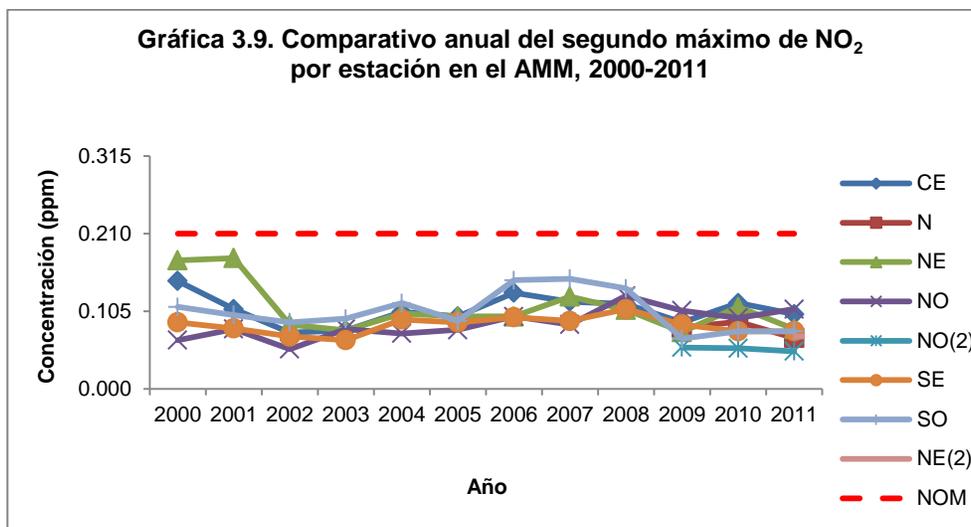
**Tabla 3.8. Cumplimiento de la norma horaria de NO<sub>2</sub> (0.21 ppm) en el AMM. Segundo máximo de las concentraciones horarias, 2000-2011**

Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	0.146	SM	0.174	0.066	SM	0.090	0.111	SM
2001	0.108	SM	0.177	0.081	SM	0.082	0.100	SM
2002	0.076	SM	0.087	0.054	SM	0.071	0.090	SM
2003	0.079	SM	0.079	0.081	SM	0.066	0.095	SM
2004	0.104	SM	0.102	0.075	SM	0.094	0.116	SM
2005	0.098	SM	0.098	0.080	SM	0.090	0.092	SM
2006	0.130	SM	0.098	0.098	SM	0.097	0.147	SM
2007	0.118	SM	0.125	0.087	SM	0.092	0.149	SM
2008	0.115	SM	0.107	0.126	SM	0.108	0.136	SM
2009	0.090	0.083	0.077	0.106	0.056	0.087	0.068	SM
2010	0.116	0.091	0.111	0.096	0.055	0.078	0.078	SM
2011	0.101	0.069	0.081	0.108	0.051	0.078	0.078	0.071

SM = sin medición

Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.8

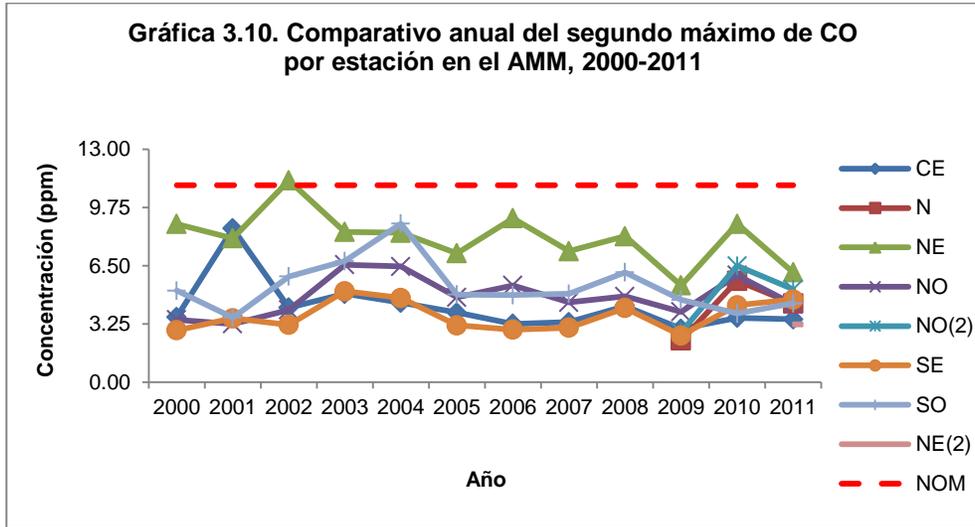
### 3.2.5. Monóxido de carbono (CO)

La NOM-021-SSA1-1993 de CO establece un límite máximo de 11.0 ppm en promedio móvil de 8 horas. Durante el periodo de análisis, este contaminante se mantuvo por debajo del criterio normado en todas las estaciones, aunque hay tres estaciones que registran los valores más altos, siendo éstas NO, NE y SO. También se observa que entre cada una de las estaciones existe un rango de variación amplio, el cual se reduce notablemente en el 2011, se puede advertir que la tendencia de este contaminante es estable (tabla 3.9 y gráfica 3.10).

**Tabla 3.9. Cumplimiento de la norma de 8 horas de CO (11 ppm) en el AMM.  
Segundo máximo de los promedios móviles de ocho horas, 2000-2011**

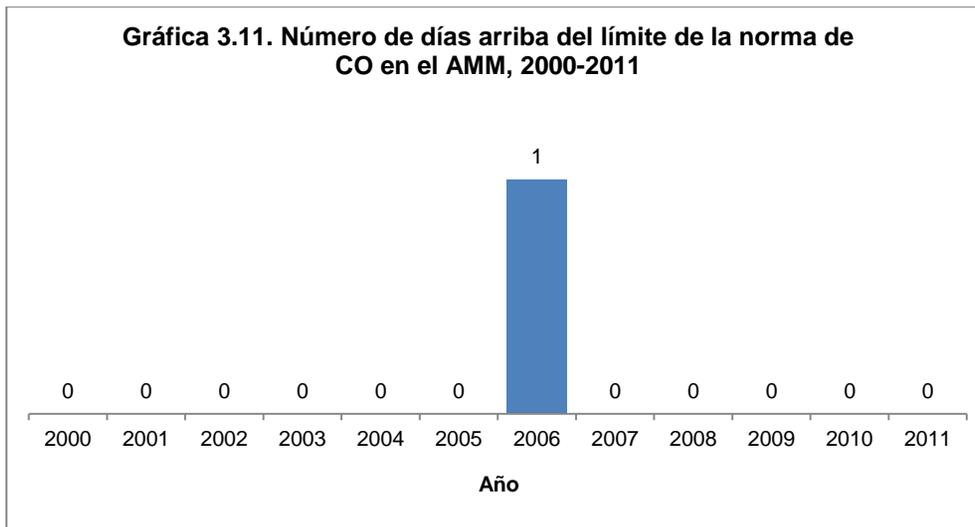
Año	Estación							
	CE	N	NE	NO	NO(2)	SE	SO	NE(2) <sup>a/</sup>
2000	3.64	SM	8.83	3.49	SM	2.90	5.11	SM
2001	8.58	SM	8.03	3.26	SM	3.57	3.61	SM
2002	4.16	SM	11.26	4.04	SM	3.20	5.90	SM
2003	4.93	SM	8.39	6.56	SM	5.08	6.76	SM
2004	4.44	SM	8.34	6.46	SM	4.70	8.85	SM
2005	3.89	SM	7.20	4.74	SM	3.18	4.89	SM
2006	3.26	SM	9.15	5.40	SM	2.94	4.86	SM
2007	3.35	SM	7.31	4.45	SM	3.04	4.93	SM
2008	4.25	SM	8.15	4.79	SM	4.14	6.13	SM
2009	2.98	2.33	5.40	3.93	2.79	2.61	4.60	SM
2010	3.59	5.66	8.84	5.97	6.50	4.29	3.83	SM
2011	3.51	4.39	6.13	4.36	5.18	4.61	4.40	3.22

SM = sin medición. Nota: <sup>a/</sup> la Estación NE (2) inició operaciones en junio de 2011.  
Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental



Fuente: Tabla 3.9

Respecto al número de días que se rebasa la norma de CO durante el periodo de análisis, solamente en el año 2006 se registró un día en el que se presentó esta situación (gráfica 3.11).



Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental

### 3.3. Evolución de las emisiones contaminantes a la atmósfera

Los primeros esfuerzos para integrar un inventario de emisiones del AMM los realizaron el INE en 1993 (tabla 3.10) y la entonces Subsecretaría de Ecología del Gobierno de Nuevo León en 1995. Dichos inventario consideraban las emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles de seis contaminantes criterio, entre éstos el plomo (Pb).

**Tabla 3.10. Inventario de emisiones 1993, Monterrey**

Fuente	Contaminante (contribución porcentual)					
	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Pb
Móviles	71.27	30.45	94.06	90.54	99.97	100.00
Puntuales	28.73	69.55	5.94	9.46	0.03	0.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

NE= no estimado

Fuente: INE-SEDESOL (1994). Programa Regional de Administración de la Calidad del Aire en Zonas Críticas

Con la información recopilada durante 1996 se hizo un tercer inventario de emisiones, el cual sirvió de base para la elaboración del Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000. Este inventario fue mucho más detallado que los dos anteriores (tabla 3.11).

**Tabla 3.11. Inventario de emisiones del AMM 1995**

Fuente	Contaminante (contribución porcentual)					
	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Pb
Puntuales	5.63	91.90	0.36	34.82	4.45	NA
Área	0.00	NS	0.00	0.86	29.24	NA
Móviles	0.73	8.10	99.64	64.32	66.31	100.00
Erosivas	93.64	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

NS = no significativo; NA = no aplica

Fuente: ProAire Monterrey 1997-2000

En el 2006, la SEMARNAT integró el inventario de emisiones del estado de Nuevo León como parte del Inventario Nacional de Emisiones de México con año base 1999 (tabla 3.12).

**Tabla 3.12. Inventario de emisiones del AMM 1999**

Fuente	Contaminante (contribución porcentual)					
	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV
Puntuales	20.04	5.70	85.40	5.30	31.19	16.52
Área	77.55	93.58	12.28	3.68	8.23	45.71
Móviles	1.75	0.54	1.97	90.31	56.79	37.14
MNC	0.66	0.18	0.34	0.71	3.79	0.63
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

MNC = móviles no carreteras  
Fuente: SEMARNAT (1999)

Posteriormente, la SEMARNAT llevó a cabo la actualización del inventario de emisiones año base 2005, que se muestra en la tabla 3.13.

**Tabla 3.13. Inventario de emisiones del AMM 2005**

Fuente	Contaminante (contribución porcentual)						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	NH <sub>3</sub>
Fijas	53.90	62.40	67.46	2.44	14.38	4.88	2.87
Área	40.85	32.73	29.62	0.76	3.48	18.65	89.78
Móviles	5.24	4.87	2.92	96.80	78.25	70.49	7.36
Naturales	NA	NA	NA	NA	3.89	5.98	NA
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Contaminantes criterio y precursores de contaminantes secundarios (Ozono y PM<sub>2.5</sub>)  
Naturales: vegetación y actividad microbiana en el suelo  
Fuente: INEM 2005

La SEMARNAT junto con la participación del Gobierno del Nuevo León, llevó a cabo la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México 2008, del cual se presentan los datos preliminares para el Área Metropolitana de Monterrey en la tabla 3.14.

**Tabla 3.14. Inventario de emisiones del AMM 2008**

Fuente	Contaminante (contribución porcentual)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	NH <sub>3</sub>	CN
Fijas	54.79	60.36	93.05	3.12	12.30	3.95	3.45	29.60
Área	34.58	27.06	0.50	0.76	4.23	19.00	53.12	21.59
Móviles	10.63	12.59	6.45	96.12	81.09	72.32	43.43	48.72
Naturales	NA	NA	NA	NA	2.39	4.74	NA	NA
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Contaminantes criterio y precursores de contaminantes secundarios (Ozono y PM<sub>2.5</sub>)  
Naturales: vegetación y actividad microbiana en el suelo  
Fuente: INEM 2008

## 4. Metodología de Evaluación

---

La Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGGCARETC) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), conforme a sus atribuciones establecidas en el Reglamento Interior, tiene las siguientes tareas:

1. Participar y apoyar a los gobiernos locales en la elaboración de los programas de gestión para mejorar la calidad del aire y en la gestión del monitoreo ambiental;
2. Planear y organizar el seguimiento y evaluación de los avances en el abatimiento de emisiones de contaminantes a la atmósfera, con la colaboración de las autoridades federales, estatales y municipales competentes;
3. Coordinar el diseño e instrumentación de estrategias integrales de gestión de la calidad del aire y su relación con la agenda nacional de energía y los programas de transporte y desarrollo urbano, entre otros, representando a la SEMARNAT en las diferentes actividades regionales y metropolitanas relacionadas con el manejo sustentable de las cuencas atmosféricas.

Dentro de la Dirección de Calidad del Aire de la SEMARNAT, el seguimiento y evaluación de los ProAire en las distintas ciudades mexicanas está a cargo de la Subdirección de Programas de Calidad del Aire, en donde se desarrolló la metodología y herramientas que permiten, en principio ayudar a los estados a sistematizar la información, identificar oportunidades de mejora, cuantificar el avance de cada una de las acciones, medidas y estrategias, pero sobre todo, permite conocer el grado de cumplimiento respecto a la reducción de emisiones y cumplimiento de las normas de calidad del aire ambiente. Además permite estandarizar la forma de reportar y presentar la información de cada uno de los ProAire vigentes en el país, con la evidencia documental respectiva.

Las evaluaciones de los ProAire sirven de base para la mejora continua tanto de las estrategias y medidas, como de los procesos de coordinación. En este sentido, la evaluación se convierte en un instrumento mediante el cual se logra identificar tanto oportunidades de mejora como las barreras que dificultan o impiden el cumplimiento de

las metas, de tal suerte que se llega a determinar cuáles son las medidas que deben ser replanteadas, reforzadas, o bien, deben continuar. Otro tipo de evaluaciones como la evaluación ambiental estratégica y la de vías de impacto permiten conocer el grado de eficiencia con base a estudios de costo-beneficio, costo-eficiencia y evaluación de impactos.

La evaluación y seguimiento del ProAire Monterrey 2008-2012 se realiza desde dos enfoques: cualitativo y cuantitativo, los cuales se describen a continuación.

#### **4.1. Evaluación cualitativa**

La evaluación cualitativa consiste en el seguimiento de las acciones realizadas en las medidas para verificar su cumplimiento. Con la información recabada es posible conocer el estatus de avance, es decir, si la medida inició, se encuentra en proceso de instrumentación, está por concluir o bien si está terminada. Esta actividad considera los siguientes pasos:

1. Solicitud de información. La SEMARNAT a través de la DGGCARETC solicita al responsable del seguimiento del ProAire Monterrey en el estado de Nuevo León la información referente a las acciones realizadas y avance logrado mediante el llenado del Formato de Seguimiento y Evaluación (SyE).
2. Recopilación de información. Adicionalmente, se realiza una consulta y recopilación de información en diversas fuentes que incluyen informes de gobierno, anuarios estadísticos, reportes y estudios técnicos, leyes, reglamentos, normas y artículos científicos, así como sitios web en Internet de los gobiernos de los estados, dependencias gubernamentales, universidades y centros de investigación, entre otros.
3. Depuración de la información. Una vez que se cuenta con el formato SyE llenado por el responsable del ProAire Monterrey, las evidencias de las acciones realizadas y el material bibliográfico, se revisa que la información corresponda a las acciones establecidas en el ProAire y que sea clara, consistente y representativa.
4. Análisis e interpretación. Este paso corresponde propiamente al seguimiento de avances de las acciones y al llenado de la Matriz de Evaluación y Ponderación (EyP), de manera que permite obtener información del cumplimiento y grado de avance de los objetivos y metas establecidas en el ProAire.

5. Presentación de resultados. Las acciones realizadas en cada una de las medidas y estrategias se describen de forma resumida.

Es importante señalar que el proceso de seguimiento de avances tiene fundamento en la información que proporciona cada una de las autoridades municipales, estatales y federales que participan. Además, se cuenta con el soporte documental correspondiente que, según sea el caso, consiste en informes, estudios técnicos, publicaciones oficiales, gacetas o periódicos oficiales, normas, reglamentos, fotos, entre otros.

Asimismo, para fortalecer el desarrollo del proyecto y solicitar información adicional de calidad del aire y de las acciones realizadas en el ProAire, se mantuvo comunicación con el responsable del programa y con el área técnica de Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

Como se mencionó, para sistematizar la información se utilizan dos formatos de trabajo desarrollados por la SEMARNAT:

1. Formato de seguimiento y evaluación 2011 (SyE). El cual consiste en una hoja de cálculo de Excel en la que se registran los avances obtenidos y soporte documental (evidencia) a partir del año de inicio del ProAire y hasta el 2011 para cada una de las acciones establecidas en el Programa. Así mismo, cada acción va acompañada de uno o más indicadores y de un código de colores que denota el grado de avance (tabla 4.1). Tanto los indicadores como el código se utilizan posteriormente en la ponderación del grado de avance del ProAire. Un indicador es una herramienta que consiste en una estadística o parámetro para describir el estado de un evento a través del tiempo, por ejemplo, metros cuadrados a pavimentar anualmente, hectáreas reforestadas al año, vehículos verificados por semestre, entre otros más.

Este formato es llenado por el responsable del seguimiento del ProAire Monterrey, con información de las áreas correspondientes y enviado a la DGGCARETC para su revisión y análisis.

2. La matriz de Evaluación y Ponderación de Avance 2011 (EyP) es un formato de Excel que permite evaluar las acciones desarrolladas en la planificación del ProAire y

establece las ponderaciones teórica y real, con el fin de obtener el porcentaje de avance ponderado de cumplimiento del programa en su conjunto.

Se entiende por ponderación teórica al valor porcentual asignado por la SEMARNAT para el ProAire Monterrey de acuerdo con la importancia relativa por acción, medida y estrategia.

Se entiende por ponderación anual programada al valor teórico de avance que asignó la SEMARNAT, con base en la programación establecida en el ProAire Monterrey 2008-2012.

Se entiende por ponderación real anual al valor porcentual obtenido en el presente ejercicio de evaluación, correspondiente al avance en la instrumentación de las acciones del ProAire Monterrey al año 2011, tomando como base las actividades realizadas y los indicadores reportados en el Formato SyE para cada acción establecida en el programa, así como las evidencias reportadas e información documental obtenida de fuentes oficiales.

Para conocer el grado total de avance ponderado, la matriz EyP realiza cálculos aritméticos básicos para generar el valor porcentual de cumplimiento que ha tenido la aplicación del ProAire Monterrey.

Finalmente se obtiene el grado total de avance ponderado de cumplimiento y se clasifica de acuerdo con la siguiente escala cromática (tabla 4.1). Dentro de las mejoras realizadas a la escala cromática se encuentra el ajuste de la escala porcentual y por consecuencia de los criterios de cumplimiento que establece dicha tabla.

**Tabla 4.1. Código de colores, escala de avance ponderado y criterio de cumplimiento**

Color	Avance	Clave	Escala	Cumplimiento
Rojo	No Iniciada	(NI)	0%	Insuficiente
Naranja	Iniciada	(I)	01-25%	Regular
Amarillo	En proceso	(P)	26-75%	Moderado
Verde	Por Terminar	(PT)	76-99%	Bueno
Verde oscuro	Terminada	(T)	100%	Óptimo

Nota: la escala porcentual es diferente a la utilizada en la evaluación 2009, pero la escala de color es la misma.

## 4.2. Evaluación cuantitativa

La evaluación cuantitativa se refiere al impacto que tienen en su conjunto las medidas y estrategias del ProAire Monterrey 2008-2012 en la calidad del aire y reducción de emisiones contaminantes a la atmosfera y se realiza desde dos puntos de vista:

1. Respecto al cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de salud ambiental en materia de calidad del aire ambiente y el análisis de las tendencias de los contaminantes de interés. Para el presente Proyecto se tomó como base la información del *Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009)*<sup>5</sup>, así como con información del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental para los años 2010 y 2011.
2. Respecto al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones propuestas en el ProAire. Dicha reducción se ve reflejada con la comparación del inventario de emisiones año base inicial (2005) contra el inventario más reciente, el cual corresponde al Inventario Nacional de Emisiones de México 2008, (SEMARNAT, 2012, datos preliminares).

Para este tipo de evaluación es indispensable contar con la información suficiente y actualizada respecto a indicadores de calidad del aire e inventarios de emisiones. Sólo entonces se puede conocer la magnitud de los cambios o variaciones a través del tiempo de las emisiones y la calidad del aire.

---

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Ecología (2011)

Con la finalidad de complementar la información de la calidad del aire al 2011, y que además ésta fuera consistente y uniforme, se preparó el formato de Indicadores de Calidad del Aire (ICA), el cual fue proporcionado al responsable del ProAire Monterrey para que recopilara la información generada por el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

En la tabla 4.2 se enlistan los indicadores de la calidad del aire utilizados con base en las normas oficiales mexicanas de salud ambiental en materia de calidad del aire ambiente de cinco contaminantes atmosféricos.

**Tabla 4.2. Normas oficiales mexicanas de salud ambiental e indicadores de la calidad del aire**

<i>Contaminante</i>	<i>Norma</i>	<i>Valor normado</i>	<i>Indicador</i>
O <sub>3</sub>	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993	0.11 ppm	Máximo horario
		0.08 ppm	Quinto máximo de los promedios móviles de 8 horas
CO	NOM-021-SSA1-1993	11.00 ppm	Segundo máximo de los promedios móviles de 8 horas
SO <sub>2</sub>	NOM-022-SSA1-1993 <sup>al</sup>	0.13 ppm	Segundo máximo de los promedios móviles de 8 horas
		0.030 ppm	Promedio anual de las concentraciones horarias
SO <sub>2</sub>	NOM-022-SSA1-2010	0.11 ppm	Segundo máximo de los promedios de 24 horas
		0.025 ppm	Promedio anual de las concentraciones horarias
NO <sub>2</sub>	NOM-023-SSA1-1993	0.21 ppm	Segundo máximo de las concentraciones horarias
PM <sub>10</sub>	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993	120 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 98 de los promedios de 24 horas
		50 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de los promedios de 24 horas

Nota: <sup>al</sup> Norma de referencia para el análisis realizado en el presente Proyecto.

Asimismo, se utilizó la frecuencia de los días del año que se rebasa el límite de la norma según contaminante por intervalos de concentración y el índice de la media anual relativa.

Respecto al índice de la media anual relativa, éste representa la variación porcentual de las concentraciones máximas del contaminante de interés con respecto a un año base, en este caso, 2006. La tendencia se observa como una serie de tiempo, donde el punto de partida corresponde a la concentración inicial a la cual se le asigna un valor de 100%. Cualquier punto de la línea de tendencia mayor a 100 indica un aumento en la concentración, mientras que un valor menor representa una disminución.

Es importante mencionar que el valor de concentración base (100%) puede o no estar dentro del límite permisible establecido en la norma de la calidad del aire correspondiente.

Los datos de calidad del aire tomados en cuenta para la construcción del índice son los valores anuales para el  $O_3$ ,  $PM_{10}$  y  $SO_2$ , así como los valores horarios para el CO y  $NO_2$ . En el capítulo 3, se presenta una serie de indicadores de la calidad del aire que dan cuenta del comportamiento y tendencias de los contaminantes criterio respecto a las normas oficiales mexicanas de salud ambiental en materia de calidad del aire ambiente. Asimismo, en el capítulo 6, se presenta la evaluación respecto a los objetivos de reducción de emisiones.

# 5. Avances en la Aplicación de las Medidas, Periodo 2008-2012

---

## 5.1. Estrategia 1. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte

### **Medida 1. Generar, promover e instrumentar un sistema de movilidad sustentable.**

Se elaboró y publicó el Programa Sectorial de Desarrollo Sustentable y Funcionalidad Urbana. En su elaboración participaron el Consejo Estatal de Transporte y Vialidad (CETYV) Desarrollo Urbano y la Agencia para la Racionalización y Modernización del Sistema de Transporte Público (AET).

El CETYV y METRORREY trabajan en la definición de mecanismos de coordinación para la ejecución del Programa Sectorial de Desarrollo Sustentable y Funcionalidad Urbana con los diferentes sectores.

Se encuentran en proceso de instrumentación los proyectos de Par Vial Constitución - Morones Prieto y la Ecovía. Respecto a este último, el carril exclusivo se terminó de construir en 2012, y se prevé que empiece a operar en octubre de 2013. El proyecto incluye transbordo al metro y ciclovías para fomentar el uso de la bicicleta. Además está por iniciar la construcción de la línea 3 del metro.

Por otro lado, se promueve el transporte escolar y de personal, sin embargo, no con la modalidad de sistema de alta capacidad.

Se tienen contemplados proyectos para transporte no motorizado, por ejemplo, ciclo rutas en el BRT, en los pares viales, y en otros sitios de la ciudad donde es posible introducirlas.

Se promueve la cultura vial y movilidad sustentable en el AMM, no obstante, se debe insistir en generar mayor cultura vial, ya que no existe un programa permanente de educación cívica para los transportistas de pasajeros y de carga. Para la ejecución de esta iniciativa se requiere gestionar presupuesto y patrocinadores.

Se renueva la flota de camiones con vehículos más eficientes y además se estableció un límite de edad de 10 años para el autotransporte urbano de pasajeros. Alrededor del 75% de la flota tiene cinco años de antigüedad.

A la fecha no se cuenta con incentivos para incrementar la ocupación de autos particulares, sin embargo, se evalúa la factibilidad de poner carriles exclusivos para más de dos pasajeros en autos particulares en ciertas vialidades. Hay propuestas para incluir carriles de alta ocupación, dentro de los pares viales y BRT.

**Medida 2. Garantizar y sostener la renovación y mantenimiento de la flota de uso intensivo (taxis, transporte urbano, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal).**

Se efectuó el análisis para determinar la edad óptima en las distintas flotas de uso intensivo y las implicaciones económicas de reducir las edades máximas hasta la edad óptima. Al respecto, la edad máxima para taxis es de 10 años; para servicio escolar e industrial, de 15 años; y urbano, de 10 años. Se trabaja en la licitación para vehículos de alquiler con mejor equipamiento y más seguros.

Se han dado los primeros pasos con la implementación del sistema de prepago que agiliza los tiempos de servicios de pasajeros en puntos de parada. Se tiene contemplado migrar el sistema para que ofrezca tarifas integradas.

Se continúa con los programas permanentes de revisión físico-mecánica en las flotas de uso intensivo del servicio público estatal, con el fin de supervisar la renovación y el mantenimiento de las unidades de transporte.

**Medida 3. Implantar criterios de regulación para el transporte público y de carga.**

En el tema relacionado con la movilidad vehicular en el AMM de forma permanente (cada 4 meses) y hasta febrero de 2011 se realizaron estudios de aforos vehiculares. Asimismo, quedaron establecidas las condiciones de la red vial y el carácter para hacer corredores de transporte urbano.

Para la agilización de tráfico vehicular (vías-horarios) y señalización se tiene planeado ampliar el Sistema Integral de Tránsito Metropolitano (SINTRAM). Se buscan recursos presupuestales.

Con relación a incrementar la capacitación de personal para reforzar la vigilancia vial, a la fecha se ha mantenido un nivel de capacitación básica. Además, se requiere presupuesto y una estrategia para generar un temario de cursos que incluyan el medio ambiente y movilidad sustentable.

#### **Medida 4. Actualizar el diagnóstico de la movilidad del AMM para mejorar el Sistema Integrado de Transporte Público.**

El estudio más reciente sobre Planeación y Desarrollo de una encuesta origen-destino para el AMM se realizó en el año 2005. Esta información se utilizó en el Plan Sectorial de Transporte y Vialidad. Sin embargo, se tiene como tarea pendiente la actualización de dicha encuesta.

Por otra parte, se realizó un diagnóstico de movilidad en el AMM. Los resultados y recomendaciones de este estudio también se tomaron en cuenta en la elaboración del Plan Sectorial de Vialidad y Transporte.

Se trabaja en la implementación de las acciones resultantes del diagnóstico de movilidad. Entre las obras proyectadas está el Corredor de transporte Lincoln-Ruiz Cortines o Ecovía, el par vial Constitución-Morones Prieto y la ampliación del SINTRAM, entre otras. A la fecha se tiene un avance del 80%.

#### **Medida 5. Implementar el Programa de Verificación Vehicular.**

En Nuevo León la verificación vehicular está restringida a que muestre beneficios de acuerdo a una Ley Estatal. No obstante se analizan las alternativas para hacer algo al respecto, o bien, contar con un proceso de inspección y mantenimiento vehicular en lugar de la verificación vehicular

Con relación a las campañas de medición remota, se concluyó un estudio realizado por el Instituto Nacional de Ecología (ahora INECC).

### **Medida 6. Promover el uso de combustibles de contenido ultra-bajo de azufre (UBA) en el sector transporte.**

Para efectuar el análisis de los costos y beneficios del uso de combustibles UBA y tecnologías limpias en el AMM, se realizó un estudio acerca del posible efecto en las partículas  $PM_{2.5}$  al reducir las emisiones de  $SO_2$ . Por el momento, falta evaluar costos y beneficios de utilizar combustibles UBA y tecnologías limpias.

A partir de enero del 2009, y como parte de su “Programa de Mejoramiento de la Calidad de las Gasolinas”, Petróleos Mexicanos inició la introducción de gasolina Magna y Diésel de Ultra Bajo Azufre (UBA) en el AMM.

Es importante mencionar que el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente durante el año 2005 realizó un estudio integral sobre la situación de los combustibles fósiles en México. De este estudio se desprende que al introducir combustibles UBA y nuevas tecnologías vehiculares, a nivel nacional se reducen las emisiones de fuentes móviles para el 2020, 48% en hidrocarburos, 60% en óxidos de nitrógeno, 30% en monóxido de carbono y 46% en partículas suspendidas.

## **5.2. Estrategia 2. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios**

### **Medida 7. Fortalecer un programa permanente de inspección y vigilancia del sector industrial, comercial y de servicio en el AMM.**

Con el fin de fortalecer la regulación del sector industrial, se inició un proceso para homologar y estandarizar el padrón de industrias. Esta tarea se basa en la identificación de las licencias de funcionamiento y de las Cédulas de Operación Anual estatales, para homologar la información con las industrias de competencia federal. Para concluir el proceso, el paso siguiente será contemplar las de competencia municipal.

Se cuenta con un programa de inspección y vigilancia de la industria, el cual se tiene en operación permanente y se realiza su actualización ampliando el número de industrias inspeccionadas. Para esta labor, se ha establecido una estrecha coordinación entre los tres niveles de gobierno.

En el periodo comprendido del año 2008 al 2010, se recibieron 4,080 denuncias de las cuales 1,169 (28.6%) correspondieron a temas de contaminación atmosférica.

**Tabla 5.1 Denuncias recibidas en el AMM 2008-2011**

<i>Año</i>	<i>Total de denuncias recibidas</i>	<i>Denuncias en materia de atmósfera</i>	<i>Porcentaje respecto al total</i>
2008	330	55	16.7 %
2009	930	346	37.2 %
2010	2,820	768	27.2 %
2011	No disponible	No disponible	No disponible

Fuente: Datos municipales a partir del Anuario estadístico del estado de Nuevo León (INEGI), años 2009-2011

Adicionalmente, se tiene implementado un programa de capacitación permanente de todo el personal de inspección y vigilancia de la Secretaría de Desarrollo Sustentable.

**Medida 8. Crear un programa de reducción de emisiones en fuentes fijas prioritarias del AMM.**

Se elaboró el inventario de emisiones del 2005 y se colabora con la SEMARNAT en la integración del inventario 2008. Además se cuenta con un Sistema de Información Geográfica con datos de emisiones de las COA estatales y federales.

Se encuentra en proceso la determinación de la línea base de emisión de las fuentes significativas y las metas de reducción, técnica y económicamente viables. Entre los avances, se tiene un estudio sobre emisión de PM<sub>2.5</sub>, y se está elaborando un estudio sobre la cuenca atmosférica con modelos de calidad del aire para evaluar estrategias de control e impactos de los proyectos.

Se impulsan acciones en el sector industrial para reducir sus emisiones, estableciendo un seguimiento especial en las actividades extractivas y en empresas inmobiliarias dedicadas a la construcción de viviendas.

Existe una participación importante de las grandes empresas para el control de sus emisiones, las cuales en su mayoría cumplen con sus licencias de funcionamiento. Sin embargo, el reto aún se identifica con las pequeñas y medianas industrias. Para el impulso de esta acción se buscan opciones de financiamiento que apoye al sector industrial en sus procesos de reconversión tecnológica para la disminución de sus emisiones.

En el fortalecimiento de esta acción, las autoridades ambientales tienen implementado un Programa de Seguimiento y Evaluación, sin embargo, está aún pendiente integrar lo referente a la regulación federal.

**Medida 9. Establecer un programa de reducción de emisiones a la atmósfera del sector de empresas dedicadas a realizar el aprovechamiento de minerales y sustancias no reservadas a la Federación.**

Se realiza la vigilancia continua de la operación de las pedreras para verificar el cumplimiento de la Norma Ambiental Estatal NAE-APMARN-001-2008.

Se elaboró y está a disposición una “*Guía para el plan de abandono de pedreras*” la cual incluye el plan de regeneración y estabilización de taludes establecidos en el numeral 5.26.2 de la NAE-APMARN-001-2008.

Para el control y seguimiento de los nuevos aprovechamientos se cuenta con el “*Formato para solicitud de autorización para el aprovechamiento responsable de los recursos minerales y sustancias no reservadas a la federación*”.

Es importante señalar que este sector participa en las medidas de control emergentes previstas en casos de precontingencia o contingencia ambiental originados por altos niveles de contaminación de PM<sub>10</sub> y O<sub>3</sub>.

**Medida 10. Fortalecimiento del Programa de Auditoría Ambiental Voluntario en el AMM.**

En el 2010 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, por conducto de la Subprocuraduría de Auditoría Ambiental entregó a 41 empresas el Certificado de Industria Limpia. De acuerdo con el Programa Nacional de Auditoría Ambiental, hasta el momento el estado de Nuevo León existen 132 empresas que están certificadas, la mayoría de éstas se localizan en el AMM.

**Medida 11. Incentivar el cambio hacia el uso de combustibles más limpios y de tecnologías de control de emisiones de la combustión.**

Se promueve el uso de energía renovable. Se cuenta con proyectos para instalar aerogeneradores para abastecer energía a municipios del AMM. Dichos proyectos tienen fuentes de financiamiento.

Por su parte, el sector académico, específicamente el Instituto Global para la Sostenibilidad (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey) promueve la transferencia de tecnología verde y el desarrollo de nuevos productos y servicios. Junto con los Parques Tecnológicos del Tecnológico de Monterrey, el Instituto avanza en tecnologías limpias, incluyendo la transferencia de tecnología y la innovación.

El área de Ingeniería de la Contaminación Atmosférica del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey cuenta con los siguientes proyectos de investigación:

- Desarrollo de técnicas de modelación inversa basadas en regularización matricial para la validación de inventarios de emisiones.
- Modelación de la formación de óxidos de nitrógeno en calderas industriales operando con alimentadores de aire secuenciados.
- Desarrollo de procesos catalíticos para la reducción de óxidos de azufre en gases de combustión.
- Evaluación de la gasificación de residuos de biomasa.

**Medida 12. Implementar un programa de control de vapores de gasolina en terminales de almacenamiento y distribución, así como en estaciones de servicio (gasolineras).**

Se conformó un grupo de trabajo para la elaboración de la norma de control de emisiones de vapores al abastecer combustibles.

**Medida 13. Reducción de emisiones de dióxido de azufre en la refinería de Cadereyta.**

En el 2008, la refinería Cadereyta recuperó la cantidad de 129,060 toneladas de azufre, siendo la que más recuperó dentro del Sistema Nacional de Refinación. Cabe destacar que Cadereyta cumple con el 90% de recuperación como lo indica la norma.

Durante el 2009 las emisiones de SO<sub>x</sub>, representaron 34.4% (285.7 miles de toneladas) de las emisiones totales y fueron 4.4% menores a 2008 debido al aumento en la recuperación de azufre en cuatro refinerías, incluida la de Cadereyta.

### **5.3. Estrategia 3. Protección a la salud**

#### **Medida 14. Establecer un programa de vigilancia epidemiológica, enfocado a evaluar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población del AMM.**

De conformidad con el Plan Estatal de Salud, se fortaleció el sitio web de la Secretaría de Salud al publicar en éste las acciones emprendidas y la información inherente a la protección contra riesgos sanitarios.

Se conformó un grupo de trabajo integrado por autoridades de salud y de medio ambiente. A la fecha este grupo ha trabajado en diversos temas relacionados con estudios sobre los impactos de la contaminación atmosférica en la salud de la población.

Se tiene planeado contar con una base de datos que permita consultar las visitas médicas por enfermedades respiratorias, asma, bronquitis, entre otras, que pudieran estar relacionadas a contaminación del aire. Esta información junto con el análisis de los registros sobre la calidad del aire servirá para nutrir el programa de vigilancia epidemiológica.

#### **Medida 15. Evaluar y actualizar el Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas.**

Se revisó el plan de contingencias para proponer ajustes en las medidas a aplicar durante episodios de contingencias y alertas de alta concentración de contaminantes atmosféricos, considerando las normas de calidad del aire y la concentración actual para el caso del PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y el O<sub>3</sub>. Las contingencias se declaran y son supervisadas por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Nuevo León (SDS) y la Secretaría de Salud del Estado desde su inicio hasta su terminación.

**Tabla 5.2. Número de contingencias atmosféricas por PM<sub>10</sub> en el AMM 2007-2011**

<i>Fase</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
Precontingencia	4	1	1	ND	ND
Contingencia	0	2	1	4 <sup>a/</sup>	5 <sup>a/</sup>

ND = dato no disponible

Fuente: SDS, excepto en <sup>a/</sup> INEGI Anuario estadístico de Nuevo León 2011 y 2012

**Medida 16. Impulsar la realización de estudios de exposición a contaminantes.**

Se ha trabajado en la conformación de un grupo interinstitucional, así como en la preparación de convenios de colaboración para el desarrollo de los estudios. La Universidad Autónoma de Nuevo León y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey son las principales instituciones académicas identificadas para apoyar en los análisis y pruebas de laboratorio.

**Medida 17. Establecer estrategias de comunicación y planes de difusión sobre los efectos y riesgos a la salud.**

La Secretaría de Salud tiene una propuesta del programa de comunicación de riesgos a la población por exposición a contaminantes atmosféricos y sus efectos. Asimismo, se contempla la difusión por los medios de comunicación. No obstante se requiere definir la mejor manera de comunicar el riesgo y se está trabajando con universidades locales en este aspecto.

## **5.4. Estrategia 4. Fomento a la educación ambiental**

**Medida 18. Diseñar e instrumentar un programa de difusión, comunicación y educación no formal sobre la problemática de la calidad del aire en el AMM, dirigida a la población en general, buscando su participación activa.**

En la Secretaría de Desarrollo Sustentable existe un grupo de trabajo en educación ambiental que trabaja en el desarrollo de esta medida.

Como parte del programa de información se publican los datos de calidad del aire en tiempo real y estadísticas históricas en la página del SIMA. Asimismo, la información se

difunde en noticieros locales. Como acción complementaria se realiza la gestión de recursos para apoyar una estrategia de educación no formal.

Asimismo, la SDS trabaja en la procuración de fondos para campañas de educación ambiental.

Se están desarrollando indicadores y colectando información para evaluar el impacto de los programas de educación ambiental en la calidad del aire y en las políticas de sustentabilidad del estado.

Cabe señalar que derivado del Plan Estatal de Desarrollo 2004-2009, el Gobierno del Estado de Nuevo León y la SEMARNAT firmaron un convenio de coordinación para realizar y ejecutar el Programa de Educación Ambiental, Capacitación para el Desarrollo Sustentable y Comunicación Educativa.

En diciembre del 2010 se llevó a cabo el Encuentro de Universidades Sustentables, el cual tuvo como sede la Universidad Autónoma de Nuevo León. En el encuentro participaron 102 docentes, estudiantes y personal administrativo de instituciones de educación superior que opinaron y elaboraron propuestas para la conformación de una universidad sustentable con la participación activa de la comunidad educativa.

Durante el 2011 se asistió a dos eventos nacionales, el primero, el II Congreso Nacional de Investigación en Educación Ambiental para el Desarrollo Sustentable; y el segundo, la Reunión Nacional para el Desarrollo del Estado del Conocimiento de la Investigación en Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México 2002-2012.

Para el ejercicio 2011, el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) propuso 21 proyectos orientados a fortalecer la educación ambiental, por un total de 103.2 millones de pesos con 13 entidades federativas, entre las cuales está Nuevo León.

## **5.5. Estrategia 5. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área**

**Medida 19. Diseñar e instrumentar una campaña para la reducción de emisiones por la resuspensión de polvos en caminos no pavimentados y áreas erosionadas.**

Se cuenta con el “Programa cobertura total de servicios básicos”, entre sus objetivos se contempla la pavimentación en colonias populares con rezago en infraestructura básica.

Respecto a la implementación de una campaña para la aplicación de sustancias supresoras de polvo en zonas críticas, por el momento, se aplican políticas de control de emisiones en actividades de urbanización y se identifican zonas de erosión donde pueda ser factible esta acción combinada con actividades de reforestación.

#### **Medida 20. Recuperación y ampliación de áreas verdes en el AMM.**

En mayo del 2010 el Gobierno del Estado anunció la implementación de un programa de reforestación en el AMM. La meta inicial fue la de plantar cien mil árboles al año.

Se realizan campañas de reforestación por parte de la SDS conjuntamente con autoridades municipales y asociaciones civiles. A la fecha se han donado 10,500 árboles y se han plantado 2,500 árboles en parques y colonias del AMM.

Se elaboró la propuesta de realizar el inventario de áreas verdes públicas y áreas de reserva como parte del Plan de Desarrollo Urbano a cargo de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano de la SDS. Asimismo, se cuenta con un diagnóstico sobre el arbolado urbano en el AMM realizado por el Dr. Glafiro J. Alanís Flores, investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

En la implementación de programas de reserva de áreas verdes en espacios municipales, así como en nuevos fraccionamientos y zonas habitacionales, se llevan a cabo campañas de reforestación, así como de manejo y preservación de áreas verdes con la participación de los gobiernos municipales.

#### **Medida 21. Consolidar el Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) de los municipios periféricos del AMM.**

A la fecha se cuenta con el Programa Estatal de Desarrollo Urbano Nuevo León 2030 el cual formará parte de las directrices generales para la elaboración del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del AMM.

A partir de 2003 la SEMARNAT trabaja en el desarrollo del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Cuenca de Burgos, dicha región está integrada por 48 municipios de Nuevo León, así como por 31 de Coahuila y 10 de Tamaulipas. Se cuenta con las políticas ambientales identificadas para Nuevo León las cuales corresponden a: 35% de aprovechamiento, 5% de preservación; 50% de protección y 10% de restauración.

## **5.6. Estrategia 6. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental**

### **Medida 22. Establecer un plan integral de coordinación metropolitana.**

Se está analizando una propuesta para crear una comisión en calidad del aire para evaluar el avance en la implementación de las acciones del ProAire, así como para ampliar la red de monitoreo de calidad del aire.

Por otra parte, se realiza la coordinación de acciones para la ejecución de proyectos de transporte y desarrollo urbano que impactan las agendas de desarrollo económico, urbano, transporte, cambio climático y calidad del aire en coordinación con otros órdenes de gobierno, el sector industrial y de transporte.

### **Medida 23. Fortalecer la red de monitoreo de calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey.**

El Instituto Nacional de Ecología elaboró una caracterización de las redes de monitoreo de las principales ciudades y zonas metropolitanas del país, entre ellas, la del AMM.

El SIMA cuenta con un programa de mantenimiento y operación de la red de monitoreo de la calidad del aire para los próximos 10 años. Al respecto, se aprobó el presupuesto federal para renovar el equipo de cómputo y de monitoreo; asimismo, la infraestructura de la red aumentó de 5 a 9 estaciones de monitoreo y una más por instalar; también se han incorporado a la red los municipios de García, Escobedo, Apodaca y Juárez.

Se instaló el sistema AirNow - I para el manejo y uso de los datos, entre otras utilidades y se está migrando a usar este sistema. Cabe recordar que desde el año 2004 el SIMA se

incorporó al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, por lo que los procesos de generación de datos son verificados por el INE.

Se han sostenido reuniones con universidades locales para realizar estudios de calidad del aire y definir fuentes de financiamiento.

Respecto a la difusión de la calidad del aire, ésta se realiza a través del portal en Internet del Gobierno del Estado, además, se preparan reportes mensuales y anuales que son publicados en la misma página.

**Medida 24. Desarrollar y ejecutar un programa de actividades de capacitación, investigación e intercambio de información sobre calidad del aire.**

Se ha asistido a cursos organizados por el Instituto Nacional de Ecología sobre técnicas de monitoreo, análisis de datos y gestión de la calidad del aire.

En cuanto a estudios de investigación, se tiene previsto la ejecución del “Proyecto de investigación conjunta sobre los mecanismos de formación de ozono, compuestos orgánicos volátiles y  $PM_{2.5}$  y propuesta de escenarios de medidas para su control” JICA/INECC, así como estudios de caracterización química de partículas  $PM_{10}$  y sus posibles fuentes, impactos y beneficios de su control.

Sobre los avances en el diseño de un programa de reuniones informativas sobre la calidad del aire, dirigido a autoridades municipales, estatales y legisladores, se mantiene comunicación con las autoridades ambientales de municipios y comisiones de medio ambiente de la Cámara de Diputados local sobre la calidad del aire.

**Medida 25. Actualizaciones del inventario de emisiones (IE).**

Las autoridades ambientales estatales participan con la SEMARNAT en la integración del inventario nacional 2008. Por otro lado, a nivel estatal se trabaja en la adopción e implementación de las metodologías federales y se brinda asesoría técnica y capacitación a los municipios.

Se están gestionando recursos para actualizar el inventario del AMM con la participación de universidades.

**Medida 26. Formalizar el Grupo Interinstitucional de Evaluación y Seguimiento del ProAire.**

Se ha analizado la propuesta para la creación de la comisión en calidad del aire para la instrumentación, seguimiento y evaluación de las acciones contenidas en el ProAire.

**Medida 27. Creación de un fideicomiso ambiental.**

Se considera la creación de un fideicomiso ambiental, que aporte los recursos necesarios para promover la ejecución de proyectos. Con relación a promover la aportación económica por parte del gobierno e industria, a la fecha hay proyectos que se están llevando a cabo para reducir emisiones de fuentes industriales, el transporte y zonas residenciales, actuales y en desarrollo, con aportaciones de cada sector.

**Medida 28. Homologación de criterios, códigos y lineamientos municipales en materia de calidad del aire.**

Se brinda orientación a los municipios en la implementación de la licencia de funcionamiento municipal. La información que se solicita por parte del estado es similar a la solicitada por la federación.

Se vigila el cumplimiento de los lineamientos dictados en las autorizaciones otorgadas a las empresas con relación a emisiones al aire.

**Tabla 5.3. ProAire Monterrey, avance ponderado 2008-2011**

No.	Medida	Estatus y Avance (%)				
		NI	I	P	PT	T
<b>1. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte</b>						
1.1	Generar, promover e instrumentar un sistema de movilidad sustentable			55		
1.2	Garantizar y sostener la renovación y mantenimiento de la flota de uso intensivo (taxis, transporte urbano, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal)			28		
1.3	Implantar criterios de regulación para el transporte público y de carga		8			
1.4	Actualizar el diagnóstico de la movilidad del AMM para mejorar el Sistema Integrado de Transporte Público			35		
1.5	Implementar el Programa de Verificación Vehicular	0				
1.6	Promover el uso de combustibles de contenido ultra-bajo de azufre (UBA) en el sector transporte				85	
<b>2. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios</b>						
2.1	Fortalecer un programa permanente de inspección y vigilancia del sector industrial, comercial y de servicio en el AMM			48		
2.2	Crear programa reducción emisiones fuentes prioritarias en el AMM			27		
2.3	Establecer un programa de reducción de emisiones a la atmósfera del sector de empresas dedicadas a realizar el aprovechamiento de minerales y sustancias no reservadas a la Federación		15			
2.4	Fortalecimiento del Programa de Auditoría Ambiental Voluntario en el AMM				91	
2.5	Incentivar el cambio hacia el uso de combustibles más limpios y de tecnologías de control de emisiones de la combustión		15			
2.6	Implementar un programa de control de vapores de gasolina en terminales de almacenamiento y distribución, así como en estaciones de servicio (gasolineras)		1			
2.7	Reducción de emisiones de dióxido de azufre en la refinería de Cadereyta				83	
<b>3. Protección a la salud</b>						
3.1	Establecer un programa de vigilancia epidemiológica, enfocado a evaluar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población del AMM		1			
3.2	Evaluar y actualizar el Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas			75		
3.3	Impulsar la realización de estudios de exposición a contaminantes		8			
3.4	Establecer estrategias de comunicación y planes de difusión sobre los efectos y riesgos a la salud.		4			
<b>4. Fomento a la educación ambiental</b>						
4.1	Diseñar e instrumentar un programa de difusión, comunicación y educación no formal sobre la problemática de la calidad del aire en el AMM, dirigida a la población en general, buscando su participación activa			30		
<b>5. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área</b>						
5.1	Diseñar e instrumentar una campaña para la reducción de emisiones por la resuspensión de polvos en caminos no pavimentados y áreas erosionadas			59		
5.2	Recuperación y ampliación de áreas verdes en el AMM.			50		
<b>6. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental</b>						
6.1	Consolidar el Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) de los municipios periféricos del AMM			40		
6.2	Establecer un plan integral de coordinación metropolitana		21			
6.3	Fortalecer la red de monitoreo de calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey			60		
6.4	Desarrollar y ejecutar un programa de actividades de capacitación, investigación e intercambio de información sobre calidad del aire		3			
6.5	Actualizaciones del inventario de emisiones (IE)			30		
6.6	Formalizar el Grupo Interinstitucional de Evaluación y Seguimiento del ProAire		2			
6.7	Creación de un fideicomiso ambiental		3			
6.8	Homologación de criterios, códigos y lineamientos municipales en materia de calidad del aire		9			

Claves: NI = No iniciada, I= iniciada, P= en proceso, PT= por terminar, T= terminada

# 6. Evaluación de la Calidad del Aire y de la Reducción de Emisiones

---

## 6.1. Tendencias de la calidad del aire

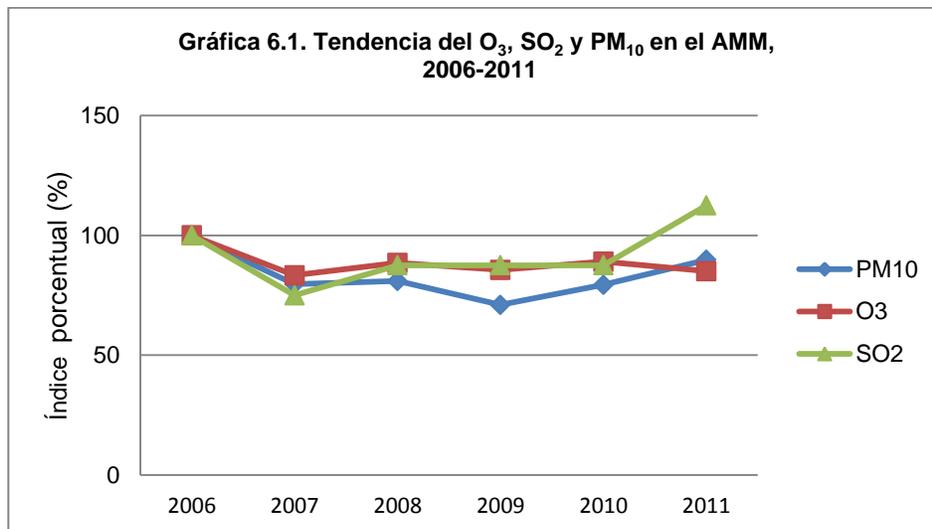
En el presente informe se evalúa la tendencia de cinco contaminantes criterio tomando como referencia el *Índice de la media anual relativa*<sup>6</sup>, el cual representa la tasa porcentual de cambio de las concentraciones respecto a un año determinado, en este caso, el 2006. La tendencia se representa como una serie de tiempo donde el punto de partida corresponde al valor de la concentración del año de referencia, ya sea que esté o no dentro de norma, y se le asigna el valor de 100%. En la evaluación, cualquier valor mayor a 100% indica un aumento en la concentración o una tendencia al alza, mientras que un valor menor representa una disminución o tendencia a la baja.

En el caso de las partículas PM<sub>10</sub>, el SO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub>, se utilizaron los datos de concentración de los criterios anuales de las normas respectivas, mientras que para el NO<sub>2</sub> y CO se utilizaron los datos de concentración de las normas horarias.

En el AMM, las PM<sub>10</sub>, el SO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub> presentan una disminución en sus concentraciones. En el caso del O<sub>3</sub> la tendencia muestra un comportamiento estable. En el caso de las PM<sub>10</sub> y el SO<sub>2</sub>, las tendencias se observan estables hasta el 2010, con un cambio a la alza en el 2011 (gráfica 6.1).

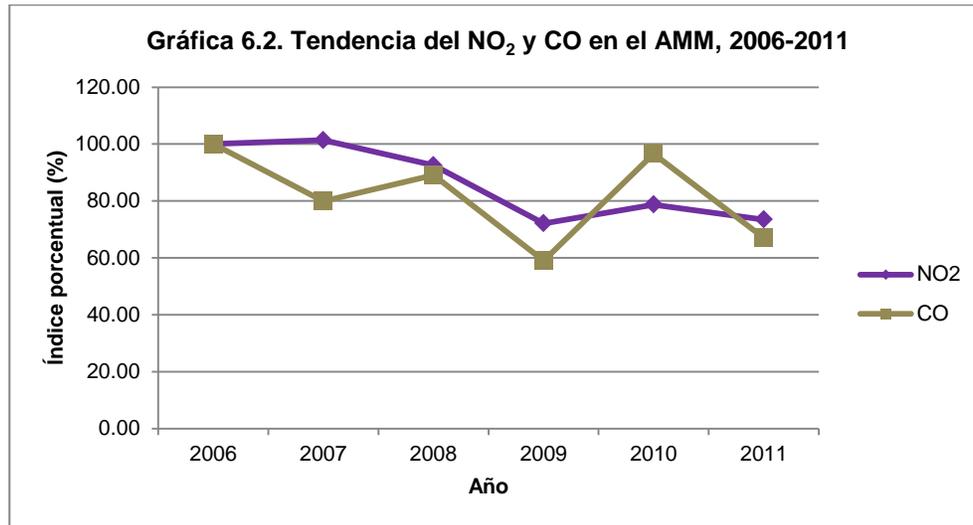
---

<sup>6</sup> Utilizado por el Gobierno del Distrito Federal (2009) en sus informes de calidad del aire; y retomado en la elaboración del Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2012-2020.



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

En lo que respecta al NO<sub>2</sub> y CO, en ambos casos se aprecia una disminución de las concentraciones al final del periodo. En el caso del NO<sub>2</sub>, la tendencia es continua hacia la baja, pero en el caso del CO, ésta fue más irregular con un cambio importante en el 2010, pero en el 2011 se volvió a revertir (gráfica 6.2).



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

De los cinco contaminantes evaluados las PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y CO presentan una tendencia descendente, mientras que el SO<sub>2</sub> se encuentra en el caso contrario, es decir, a la alza. La tendencia del O<sub>3</sub> se considera estable a lo largo del periodo de análisis.

## 6.2. Evaluación en la reducción de emisiones

Para la evaluación del cumplimiento en la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera conforme a las metas señaladas en el ProAire Monterrey 2008-2012, se tomaron en cuenta los inventarios de emisiones año base 2005 y 2008.

Estos son los objetivos planteados en el ProAire Monterrey 2008-2012:

- Reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, en especial de partículas  $PM_{10}$  y de  $PM_{2.5}$
- Reducir las emisiones de contaminantes como los  $NO_x$ , el  $SO_2$  y los COV.

Como se puede observar los objetivos de reducción no están cuantificados ni tampoco se refieren a la reducción de emisiones por algún tipo de fuente en particular. Por lo que para la presente evaluación se procede a determinar si hay una variación, ya sea positiva (incremento) o negativa (reducción), de las emisiones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  y COV, la cual se verifica con las metas del Programa.

En la tabla 6.1 se presentan las emisiones totales por tipo de contaminante para los años 2005 y 2008, a partir de esas cantidades se obtuvo la diferencia de emisión en toneladas por año y la variación porcentual.

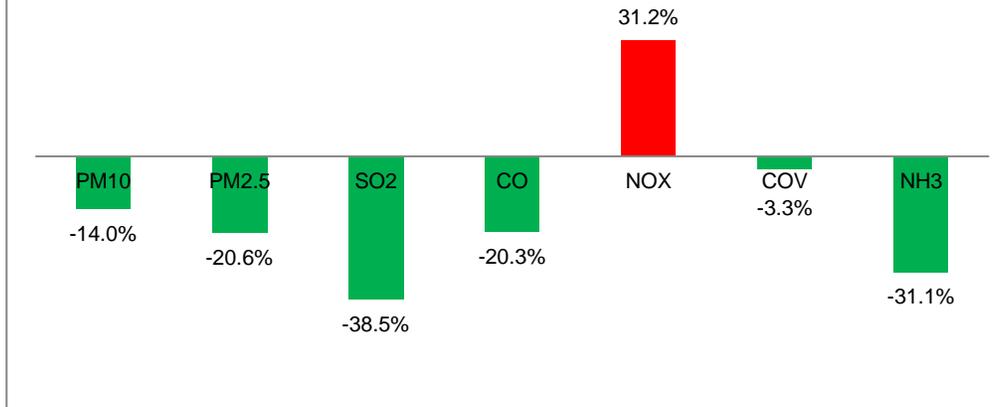
**Tabla 6.1. Reducción de las emisiones totales por tipo de contaminante en el AMM (toneladas/año)**

Característica	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$SO_2$	CO	$NO_x$	COV	$NH_3$
Año 2005 <sup>a/</sup>	20,497	14,575	61,406	3,426,984	213,419	352,428	21,276
Año 2008 <sup>b/</sup>	17,624	11,571	37,774	2,729,270	280,114	340,675	14,640
Variación	-2,873	-3,004	-236,32	-697,714	66,695	-11.753	-6,636
Porcentaje	-14.0%	-20.6%	-38.5%	-20.3%	31.2%	-3.3%	-31.1%
¿Hay reducción?	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia con datos de: <sup>a/</sup> INEM-2005 y <sup>b/</sup> INEM2008

La gráfica 6.3 muestra que las emisiones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ , CO, COV y  $NH_3$  tuvieron una variación negativa, es decir, una reducción de emisiones, lo que favorece a los objetivos del ProAire. Sin embargo, en el caso de los  $NO_x$  hay un incremento significativo, cuya variación sobrepasa los 31 puntos porcentuales.

**Gráfica 6.3. Variación de la reducción de emisiones por tipo de contaminante en el AMM, 2005 vs. 2008**



Fuente: Tabla 6.2

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

El AMM es una de las principales metrópolis del país. Esta región continúa creciendo en cuanto a población, industria, comercios, servicios y parque vehicular, que a su vez constituyen fuerzas de presión a los recursos naturales.

De acuerdo con los resultados de la evaluación el ProAire Monterrey al 2011, obtuvo un promedio total de cumplimiento del 29.2% en la instrumentación de las 28 medidas establecidas, de las cuales 3 están por concluir, 12 en proceso de instrumentación y 13 iniciadas. El avance por estrategia que se obtuvo es el siguiente:

<i>Estrategia</i>	<i>% de avance real</i>	<i>% de avance ponderado</i>
1. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte	31.7%	9.5%
2. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios	34.6%	6.9%
3. Protección a la salud	16.9%	4.2%
4. Fomento a la educación ambiental	31.3%	1.6%
5. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área	45.7%	4.6%
6. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental	24.0%	2.4%

Las partículas PM<sub>10</sub> y el O<sub>3</sub> son los principales contaminantes que afectan la calidad del aire en el AMM. El número de días fuera de norma de PM<sub>10</sub> pasó de 111 en 2008, a 167 en el 2011, mientras que el O<sub>3</sub> pasó de 27 a 48 días en el mismo periodo.

De los cinco contaminantes evaluados las concentraciones de PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y CO presentan una tendencia descendente, mientras que las del SO<sub>2</sub> se encuentra al alza. La tendencia del O<sub>3</sub> se considera estable a lo largo del periodo de análisis (2006-2011).

Con relación a los objetivos de reducción de emisiones, de 2005 a 2008, se observa una reducción de la cantidad de emisión de las partículas PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, COV y NH<sub>3</sub>. En cuanto al contaminante NO<sub>x</sub>, la cantidad de emisión se incrementa significativamente, por lo que se requiere fortalecer las medidas y estrategias dirigidas a dicho contaminante.

## Recomendaciones

- Debido a que el ProAire Monterrey 2008-2012 no incluye un capítulo de evaluación y seguimiento, se recomienda fortalecer la coordinación y comunicación entre los tres niveles de gobierno mediante la creación de un comité o comisión estatal de calidad ambiental que dé seguimiento a la instrumentación de las acciones del Programa.
- Revisar las estrategias referentes a las fuentes fijas, pero sobre todo las móviles ya que la cantidad de emisión de PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub> tiene un incremento significativo.
- Debe ser prioritario diseñar un sistema de comunicación de riesgos a la población sobre los daños en salud por la exposición a la contaminación del aire.
- Diseñar una estrategia para impulsar la implementación de sistemas de vigilancia epidemiológica con el fin de generar información sobre impactos y costos en salud por la contaminación atmosférica.
- Impulsar la participación de la sociedad civil organizada para lograr sinergias en la implementación de acciones en el mejoramiento de la calidad del aire. Asimismo, se requiere impulsar una efectiva colaboración de la iniciativa privada y la academia.
- Fomentar la coordinación interinstitucional entre los tres niveles de gobierno, con la participación principalmente de las áreas de salud, medio ambiente, finanzas y transporte.
- Fortalecer los mecanismos de vigilancia para el cumplimiento de la normatividad ambiental tanto a nivel federal como local.
- Impulsar los programas de fortalecimiento en la capacitación y sensibilización de los temas de calidad del aire a autoridades locales, que permitan priorizar el tema en la agenda gubernamental.
- Fortalecer las estrategias dirigidas a programas de movilidad y desarrollo urbano.
- Intensificar los esfuerzos en la instrumentación de las siguientes acciones con el fin de alcanzar los objetivos y mejorar el desempeño en la instrumentación del ProAire Monterrey:
  - Desarrollar incentivos para incrementar la ocupación de autos particulares.
  - Garantizar y sostener la renovación y mantenimiento de la flota de uso intensivo (taxis, transporte urbano, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal).
  - Implantar criterios de regulación para el transporte público y de carga.

- Implementar el Programa de Verificación Vehicular.
- Consolidar el programa de reducción de emisiones en fuentes fijas prioritarias.
- Fortalecer el programa de reducción de emisiones a la atmósfera en sitios en los que se realiza el aprovechamiento de materiales y sustancias minerales no reservados a la federación.
- Incentivar el cambio hacia el uso de combustibles más limpios y de tecnologías de control de emisiones de la combustión.
- Implementar un programa de control de vapores de gasolina en terminales de almacenamiento y distribución, así como en estaciones de servicio (gasolineras).
- Establecer un programa de vigilancia epidemiológica, enfocado a evaluar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población del AMM.
- Desarrollar y ejecutar un programa de actividades de capacitación, investigación e intercambio de información sobre calidad del aire.

# Bibliografía

---

- Gobierno del Estado de Nuevo León (2004). Programa Sectorial de Desarrollo Urbano 2004-2009. México.
- Gobierno del Estado de Nuevo León (2010). *Plan Estatal de Desarrollo de Nuevo León 2010-2015*. México.
- Gobierno del Estado de Nuevo León (2010). *Programa Sectorial de Desarrollo Sustentable y Funcionalidad Urbana 2010-2015*. México
- Gobierno del Estado de Nuevo León. Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) [http://www.nl.gob.mx/?P=med\\_amb\\_mej\\_amb\\_sima](http://www.nl.gob.mx/?P=med_amb_mej_amb_sima) (29 de agosto de 2012)
- Gobierno del Estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud (1997). Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000. México.
- Gobierno del Estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 2008-2012. México
- Instituto Nacional de Ecología (2005). *Inventario de emisiones de los estados de la frontera norte de México, 1999*. INE-SEMARNAT. México.
- Instituto Nacional de Ecología (2011). *Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas*. INE-SEMARNAT. México, D. F.
- Instituto Nacional de Ecología. Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Aire (SINAICA) Consulta en línea el sobre Sistema Integral de Monitoreo Ambiental de Monterrey, Nuevo León, en: [http://sinaicahttp://sinaica.ine.gob.mx/rama\\_mty.html](http://sinaicahttp://sinaica.ine.gob.mx/rama_mty.html) (29 de agosto de 2012)
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2002). *Estadísticas del Medio Ambiente de la Zona Metropolitana de Monterrey 2001*. INEGI, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010, Conteo de Población y Vivienda 2005. Consulta interactiva de datos para el Estado de Nuevo León: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cubos/>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censos Económicos 1999, 2004 y 2009. Consulta interactiva de datos para el Estado de Nuevo León:  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/Default.aspx>
  
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico del Estado de Nuevo León, años 2007, 2009 y 2011. Consultado desde la Biblioteca Digital del INEGI, en:  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/productos/>
  
- Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consulta en línea de la producción anualizada, cierre de la producción agrícola por estado, periodo 2003-2011 en:  
[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=15](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15)
  
- Secretaría de Desarrollo Social, CONAPO, INEGI, (2008). *Delimitación de zonas metropolitanas de México 2005*. México

# Siglas y Acrónimos

---

AMM	Área Metropolitana de Monterrey
CO	Monóxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
DGGCARETC	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
km <sup>2</sup>	Kilómetro(s) cuadrado(s)
m <sup>2</sup>	Metro(s) cuadrado(s)
µg/m <sup>3</sup>	Microgramos por metro cúbico
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
O <sub>3</sub>	Ozono
PM <sub>10</sub>	Partículas menores a 10 micrómetros
PM <sub>2.5</sub>	Partículas menores a 2.5 micrómetros
ppm	Partes por millón
ProAire	Programa de gestión para mejorar la calidad del aire
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación
SDS	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Nuevo León
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIMA	Sistema Integral de Monitoreo Ambiental
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre