

# Programa de Gestión Para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013 - 2022



Aire limpio,  
**compromiso**  
de todos

[ecologia.guanajuato.gob.mx](http://ecologia.guanajuato.gob.mx)







**Programa de Gestión para  
Mejorar la Calidad del Aire de  
Salamanca, Celaya e Irapuato  
2013 - 2022**

**LIC. MIGUEL MÁRQUEZ MÁRQUEZ**

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE GUANAJUATO

**LIC. ANTONIO SALVADOR GARCÍA LÓPEZ**

SECRETARIO DE GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO

**MTRO. JUAN JOSÉ GUERRA ABUD**

SECRETARIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

**ING. RAFAEL PACCHIANO ALAMÁN**

SUBSECRETARIO DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL  
DE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

**M. EN C. ANA MARÍA CONTRERAS VIGIL**

DIRECTORA GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y  
REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES  
SEMARNAT

**LIC. PEDRO JOAQUÍN COLDWELL**

SECRETARIO DE ENERGÍA

**M. EN A. ANA CARMEN AGUILAR HIGAREDA**

DIRECTORA GENERAL DEL INSTITUTO DE ECOLOGÍA DEL ESTADO

**MTRO. EMILIO LOZOYA AUSTIN**

DIRECTOR GENERAL DE PETRÓLEOS MEXICANOS

**ING. MIGUEL TAME DOMÍNGUEZ**  
DIRECTOR GENERAL DE PEMEX REFINACIÓN

**ING. ALEJANDRO MARTÍNEZ SIBAJA**  
DIRECTOR GENERAL DE PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA

**C.P. FRANCISCO JOSÉ ROJAS GUTIÉRREZ**  
DIRECTOR GENERAL DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

**MTRO. JUSTINO EUGENIO ARRIAGA ROJAS**  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE SALAMANCA, GUANAJUATO

**LIC. JOSÉ ANTONIO RAMÍREZ RANGEL**  
SECRETARIO DEL AYUNTAMIENTO DE SALAMANCA, GUANAJUATO

**ARQ. ISMAEL PÉREZ ORDAZ**  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE CELAYA, GUANAJUATO

**LIC. VICENTE CARACHEO GÓMEZ**  
SECRETARIO DEL AYUNTAMIENTO DE CELAYA, GUANAJUATO

**LIC. SIXTO ALFONSO ZETINA SOTO**  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE IRAPUATO, GUANAJUATO

**C. P. LORENA DEL CARMEN ALFARO GARCÍA**  
SECRETARIA DEL AYUNTAMIENTO DE IRAPUATO, GUANAJUATO

# Mensaje SEMARNAT

Uno de los principales instrumentos para la gestión de la calidad del aire en México son los ProAire. Estos Programas incorporan acciones específicas para disminuir y controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos a partir de la identificación de su origen, de las tendencias de los contaminantes que se registran en los sistemas de monitoreo atmosférico y de los impactos que producen en la calidad del aire, la salud de la población y el daño en los ecosistemas.

La SEMARNAT, a través de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, en coordinación con autoridades estatales, municipales y con la participación de los sectores académico, privado y no gubernamental de cada ciudad o región ha atendido los problemas de contaminación atmosférica en zonas urbanas mediante la elaboración de estos ProAire.

En el caso específico de la ciudad de Salamanca, se han padecido severos problemas de calidad del aire, debidos principalmente a las emisiones generadas por la central termoeléctrica y la refinería.

Por tal motivo, la SEMARNAT, en coordinación con el gobierno del estado y del municipio, ha elaborado dos ProAire en la ciudad de Salamanca; el primero de ellos tuvo vigencia del 2003-2006 y tuvo como objetivo el mejorar la calidad del aire de la región por medio de estrategias que incluyen la reducción significativa de los contaminantes de mayor relevancia. El segundo ProAire, vigente durante el periodo 2007-2012, tuvo como meta el lograr el cumplimiento de las normas de calidad del aire del Bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y de las partículas  $\text{PM}_{10}$ , lo cual se reflejó en las excedencias a la norma de  $\text{SO}_2$  que pasaron de 34 en 2006 a sólo 2 en el 2012, estas últimas debido a la falta de gas natural; mientras tanto las excedencias a la norma de  $\text{PM}_{10}$  pasaron de 33 en 2006 a 8 en el año 2012. Asimismo, con las medidas implementadas de reducción de emisiones al sector energía en el año 2008 se logró abatir en un 36% las emisiones de bióxido de azufre y en un 25% las de partículas  $\text{PM}_{10}$ .

Por otra parte, los datos disponibles del monitoreo atmosférico en el periodo de 2007-2011 indican que en los municipios de Celaya e Irapuato no se han presentado excedencias a la norma de  $\text{SO}_2$ . Sin embargo, para el caso de las partículas  $\text{PM}_{10}$ , para este mismo periodo, y con la información disponible, en Celaya sólo se excedió una vez la norma en el año 2011 mientras que en Irapuato sólo en el 2009 no se presentaron excedencias a la norma.

Aun cuando se han tenido avances significativos en la última década por la ejecución de los ProAire anteriores de Salamanca, es necesario dar continuidad a la aplicación de medidas al sector de energía así como a otros sectores que contribuyen con las emisiones de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero.

El Programa de Gestión para mejorar la Calidad del Aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022, se fortalece con la inclusión de estos dos últimos municipios, que se encuentran ubicados dentro del corredor industrial de la región y que conforman una misma cuenca atmosférica. Al igual que el ProAire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020, se contempla una visión ecosistémica y además se incluye una definición detallada de metas e indicadores, la identificación de contaminantes a reducir (no sólo criterio sino tóxicos y GEI), así como una evaluación inicial de costos de cada medida.

Vale la pena destacar la participación activa y el interés que tuvieron la Secretaría de Energía, la CFE, PEMEX CORPORATIVO, PEMEX REFINACIÓN Y PEMEX GAS para la realización de las medidas de reducción de emisiones de la Refinería Ing. Antonio M. Amor y la Central Termoeléctrica de Salamanca.

Finalmente, es muy importante que en la ejecución de las medidas y acciones planteadas, así como en el seguimiento y evaluación de las mismas se incluya la participación ciudadana para lograr las metas planteadas dentro de este Programa.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales,  
SEMARNAT

# Mensaje del Instituto de Ecología del Estado

El crecimiento acelerado e inevitable de las ciudades implican crecimientos poblacionales lo que conlleva mayor demanda de los servicios primordiales para satisfacer las necesidades de los habitantes, lo que ha generado el uso desmesurado de los recursos naturales ocasionando incrementos de la contaminación en todos sus ámbitos. Mayor consumo de energía implica mayor consumo de combustibles y por ende, más emisiones contaminantes.

El Estado de Guanajuato, no siendo la excepción en los crecimientos poblacionales sino al contrario, con un gran crecimiento industrial con alta producción agrícola, se ha consolidado como un clúster automotriz a nivel nacional, lo que ha propiciado la instalación de diversas industrias que satisfagan las necesidades de las industrias automotrices y mayor uso de los recursos disponibles en la región.

A pesar que se utilizan tecnologías más eficientes y combustibles más limpios en la industria, comercios, servicios así como en los propios hogares y que incluso existe mayor conciencia por el cuidado de nuestros ecosistemas, aún es insuficiente para garantizar el capital natural de nuestro Estado para las futuras generaciones.

Para el tema de Calidad del Aire en específico, gracias a la instalación de la red de monitoreo en la ciudad de Salamanca en el año 2000, fue posible identificar la necesidad de realizar acciones específicas para mejorar la calidad del aire, lo que conllevó a realizar el Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire de Salamanca 2003-2006, dando resultados benéficos logrando una reducción en los días fuera de Norma por los contaminantes Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Partículas Suspendidas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>), pero a pesar de ello, fue necesario que las medidas comprendidas en dicho Programa se continuaran fortaleciéndoles además de incluir nuevas, lo que propicio llevar a cabo el Programa 2006-2012, logrando reducir a cero las precontingencias por SO<sub>2</sub> en la ciudad de Salamanca.

Sin embargo, a pesar de los grandes logros obtenidos hasta el momento, aún queda mucho trabajo por realizar en otros contaminantes y con la finalidad de realizar acciones con enfoque preventivo y evitar que los niveles de otros contaminantes aumenten por el crecimiento poblacional

e industrial acelerado, es necesario reforzar las acciones realizadas hasta el momento.

Es claro que si las acciones de mitigación, control y prevención se continúan realizando de la misma manera como se han efectuado en los últimos años, los beneficios serán limitados, por lo que el Gobierno del Estado de Guanajuato, siempre consciente de su responsabilidad y compromiso con cada uno de los habitantes del Estado, ha iniciado la tarea de generar un nuevo Programa con enfoque ecosistémico que considere acciones que atiendan de manera integral el desarrollo de las ciudades logrando evitar en la mayor medida posible el deterioro de la Calidad del Aire, ya no solo en una ciudad, sino considerando la región, por lo que es indispensable comenzar a considerar realizar acciones que abarquen la cuenca atmosférica en su totalidad ya que es la única frontera virtual que el aire podría reconocer.

Es por ello, que el Gobierno del Estado de Guanajuato ha desarrollado el Plan de Gobierno 2012-2018 contemplando dentro del eje Calidad de Vida, en su estrategia transversal 1. Impulso a tu calidad de vida, el proyecto estratégico Calidad Ambiental el cual considera garantizar un aire limpio para todos, demostrando el compromiso e interés por el Desarrollo del Estado en congruencia con el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de nuestro entorno, ha generado el **PROGRAMA DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE SALAMANCA, CELAYA, E IRAPUATO 2013-2022**, estableciéndose como el instrumento rector que define los objetivos, líneas de acción, metas e indicadores que deben ser ejecutados por los distintos niveles de gobierno, y sociedad para lograr el mejoramiento de la calidad del aire de la región bajo un esquema de sustentabilidad, que ofrece al mismo tiempo a los actores involucrados diversas áreas de oportunidad.

El objetivo del presente programa no solo se centra en la reducción de contaminantes emitidos al aire, sino lograr que las ciudades mantengan el nivel deseable de desempeño económico y social utilizando menos recursos, es decir, menos suelo, menos tiempo y dinero en transporte, y menos consumo energético, todo lo cual finalmente se manifiesta como menores emisiones contaminantes y mayor calidad de vida.

## Participaron en la elaboración de este programa:

Aranda García Luz Alberto	María del Carmen Mejía Alba
Bárceñas Blancarte Claudia	Martínez Verde Roberto
Contreras Juárez Christian Marie	Medina Marín Gustavo
Cornejo Ramírez José Leobardo	Montiel Yáñez Sara Guadalupe
De la Luz González Guadalupe	Núñez Martínez Fidel Omar
García Salazar Ivett	Oyuki Koreizy Castellanos Meneses
García Santiago Gloria	Parra Romero David Alejandro
Gómez González Adrián	Pérez Guzmán Juan Manuel
Icaza Hernández Bárbara	Ramírez Ramírez Pedro Miguel
Lahud Flores Luis Fernando	Robledo Beanes David
Landa Fonseca Hugo	Rodríguez Gallegos Maricruz
León Morales Oscar	Vélez González Cinthia
López Azpeitia Juan Guillermo de J.	Yáñez Rodríguez Gloria

**Primera edición: marzo de 2013**

**Instituto de Ecología del Estado**  
Poza Rica 402-A Colonia Bellavista  
C.P.36730 Salamanca, Gto. México  
Tel. (473) 735 2600  
[ecologia.guanajuato.gob.mx](http://ecologia.guanajuato.gob.mx)

**Impreso y hecho en México por:**  
Imprenta Ramses  
500 ejemplares.

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>10</b>
<b>1. Características del medio regional</b>	<b>12</b>
1.1 Inventario de emisiones.	17
1.2 Estado de la Calidad del Aire en Salamanca, Irapuato y Celaya.	32
1.3 Impactos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población.	73
<b>2 Logros alcanzados en Salamanca en los últimos 12 años y experiencia nacional en mejoramiento de calidad del aire.</b>	<b>80</b>
2.1 Avances en la calidad del aire en Salamanca.	80
2.2 Experiencias nacionales en gestión de la calidad del aire.	83
<b>3 Concepción ecosistémica y proyección de emisiones.</b>	<b>87</b>
3.1 Concepción ecosistémica y dinámica estructural en la región formada por el sistema de ciudades Salamanca, Celaya e Irapuato.	87
<b>4 Medidas y acciones.</b>	<b>105</b>
4.1 Enfoque ecosistémico y estrategias.	106
<b>5 Seguimiento y evaluación.</b>	<b>160</b>
5.1 Seguimiento y evaluación.	161



# **Introducción**

Con una clara visión ambiental, el Gobierno del Estado en el Plan Estatal de Desarrollo 2035, Guanajuato Siglo XXI, establece dentro de la estrategia Medio Ambiente y Territorio, el desarrollo de una red de ciudades humanas y regiones atractivas e innovadoras, que aprovechen racionalmente sus recursos naturales en armonía con el medio ambiente y su territorio. Asimismo en el proyecto del Plan de Gobierno 2012-2028 se considera como línea estratégica el Desarrollo Sostenible y cuidado del Medio ambiente en la cual considera la difusión y aplicación de políticas enfocadas al cuidado del medio ambiente.

En este contexto y conscientes de que la calidad del aire es tema que se ha posicionado como una de las principales preocupaciones en materia ambiental en las principales ciudades alrededor del mundo, lo que ha incitado a la implementación de diferentes programas dirigidos a reducir niveles de contaminación atmosférica, que existen diferentes experiencias a nivel internacional sobre gestión de la calidad del aire, las cuales muestran una amplia variedad de casos en la configuración de políticas y acciones locales que responden a combinaciones particulares de las características fisiográficas y meteorológicas de las ciudades; a tecnologías disponibles; a diferencias culturales y de diseño institucional en materia de administración pública; al grado de desarrollo económico y a las variaciones en el tipo e intensidad de las diferentes actividades productivas y sociales.

Básicamente, en todos ellos se muestra que los esfuerzos están dirigidos básicamente a mejorar la calidad de los combustibles, hacer más estricta la normatividad ambiental, reforzar los programas de inspección y vigilancia, así como la renovación del parque vehicular. Únicamente en el caso de Berlín y en el ProAire 2012-2020 de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), se incluye un componente que no aparece en otros programas: la necesidad de planear la ciudad considerando los efectos del tipo de desarrollo sobre las emisiones contaminantes. Este enfoque considera una nueva generación de medidas que pretende incidir sobre los aspectos estructurales de la contaminación atmosférica.

En el caso específico de Salamanca se han hecho esfuerzos interesantes en los últimos doce años, que han permitido tener un avance significativo en el mejoramiento de la calidad

del aire, sin embargo también se ha comprobado que los esfuerzos no pueden ser solamente locales, dado que el aire no tiene fronteras, por tanto se tiene identificada la cuenca atmosférica que comprende la región de Salamanca, la cual abarca a los municipios de Celaya e Irapuato, tres de las cinco ciudades más importantes del estado por su ubicación dentro del corredor industrial.

El Programa de gestión para Mejorar la calidad del Aire Salamanca, Celaya e Irapuato 2013 2022, además del enfoque regional, se concibió con un nuevo enfoque que relaciona e integra estructuralmente variables y procesos urbanos, económicos, sociales y de transporte con procesos de generación de contaminantes criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero. Ello implicó aplicar un modelo científico desarrollado recientemente que plantea promover el manejo ecosistémico de la región, que fortalecerá la gestión de la calidad del aire y permitirá mejorarla de manera sostenible, contribuyendo además a la obtención de cobeneficios urbanos, económicos y sociales perdurables.

En este contexto y con la visión clara del reto que representa el cambio de paradigmas en la concepción de la contaminación atmosférica, que exige la transversalidad en los diferentes órdenes de gobierno para un trabajo interdisciplinario efectivo, así como el involucramiento y apropiación ciudadana. El presente programa plantea 8 estrategias enfocadas a: Refuerzo de la protección de la salud; reducción y control de emisiones específicas; eficiencia energética; movilidad sustentable; manejo sustentable de los recursos naturales; educación, comunicación pública, cultura ambiental y participación ciudadana para la calidad del aire; investigación y fortalecimiento institucional y financiamiento. Para cada estrategia se considera una serie de medidas que en total suman 39 medidas, enfocadas a mejorar la calidad del aire en los municipios de Celaya, Salamanca e Irapuato.

El documento además integra como parte primordial un apartado sobre efectos a la salud derivados de la contaminación atmosférica, así como el análisis del comportamiento de la cuenca atmosférica y las fuentes de emisión de contaminantes. De igual forma, se incorpora el análisis ecosistémico realizado para la región y el seguimiento para garantizar su implementación.



## El Bajío

La región de El Bajío, recibe este nombre porque sus valles, llanuras y lomeríos están más bajos con relación a las regiones que las limitan, a pesar que sus alturas promedio van desde los 1.700 hasta los 2.000 msnm.

Al norte está limitada por La Sierra Central; al sur, por las sierras y cerros de Las Minillas, Grande, Culiacán, Blanco y Picacho y al oeste por los estados de Jalisco y Michoacán.

Esta región se pudiera considerar como el bastión más importante del catolicismo mexicano, dependiendo el criterio de cada observador. De hecho, en época de la guerra cristera, se dieron importantes sitios y enfrentamientos entre el clero, la población y el gobierno.

El Bajío es una región privilegiada por su desarrollo de la agricultura y la ganadería. De igual manera, la industria ha florecido en esta zona. Importantes empresas nacionales y extranjeras han construido sus fábricas ahí, y constituye un importante corredor industrial que va desde Apaseo el Grande hasta León, pasando por Celaya, Salamanca e Irapuato. Su excelente ubicación entre las 2 mayores ciudades del país, y las 2 principales regiones industriales, (Ciudad de México y Monterrey) la han hecho destacar en la atracción de inversiones.

Celaya se encuentra en la zona este del Estado colindando al Norte con el municipio de Comonfort; al Este con los municipios de Apaseo el Grande y Apaseo el Alto; al Sur con el municipio de Tarimoro y al Oeste con los municipios de Santa Cruz de Juventino Rosas, Villagrán y Cortazar. Tiene como principales vías de acceso a la Carretera 45 que lo

comunica con el municipio de Villagrán, la carretera 45 de cuota que lo comunica con Salamanca y Apaseo el Grande, la carretera 51 que lo comunica con Comonfort y Salvatierra y la carretera Estatal Libre que lo comunica con el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas. También se encuentra localizado en esta región un aeropuerto de carácter regional, por ferrocarril se encuentra el de vía hacia Comonfort Tarimoro y Celaya Apaseo el Grande.

Salamanca se encuentra en la zona centro del Estado y colinda al Norte con los municipios de Guanajuato, Dolores Hidalgo y Allende; al Este con los municipios de Santa Cruz de Juventino Rosas, Villagrán y Cortazar; al Oeste con Irapuato y Pueblo Nuevo y finalmente al Sur colinda con los municipios de Valle de Santiago y Jaral del Progreso. Sus principales vías de acceso son la carretera 43 Salamanca - Lázaro Cárdenas, Michoacán pasando por Valle de Santiago, la carretera 45 Panamericana y 45 D federal de cuota que cruzan prácticamente todo el municipio; así como la carretera Estatal Libre que lo comunica con Santa Cruz de Juventino Rosas.

El Municipio de Irapuato se localiza en la parte Central del Estado y colinda al Norte con los municipios de Silao y Guanajuato; al Este con el municipio de Salamanca; al Sur con los municipios de Pueblo Nuevo y Abasolo y al Oeste con los municipios de Romita y Abasolo. Sus principales vías de acceso son la carretera 110 Pénjamo - San Luis de la Paz, la carretera 45 de cuota que lo comunican con León y el Estado de Querétaro, pasando por Salamanca y Celaya, la carretera 84 que lo comunica con Cuerámara y la carretera Estatal Revestida que lo comunica con Silao y Romita.

## Clima

El 43% de la superficie del estado está representada por clima seco y semiseco, localizado principalmente en la región Norte; un 33% de la superficie total, localizada sobre todo en

el Suroeste y en el Este presenta clima cálido subhúmedo, y el 24 % restante presenta clima templado subhúmedo.



**Mapa 2 Climatología del estado de Guanajuato.**

Fuente: Elaborado con base en INEGI. Carta de Climas 1:1 000,000.

La temperatura media anual es de 18°C, sin embargo, la temperatura promedio más alta es alrededor de 30°C presentándose en los meses de mayo y junio, y la promedio más baja alrededor de 5.2°C, en el mes de enero.

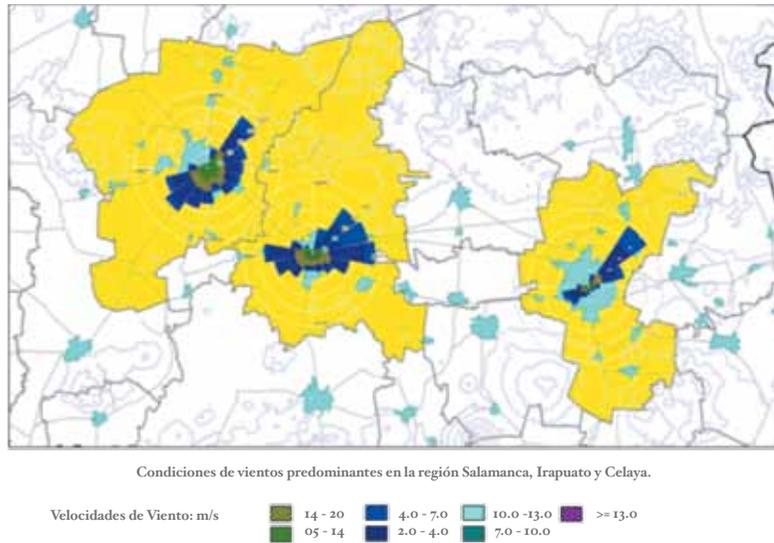
La dinámica climática tiene dos periodos bien marcados: la circulación del verano que atrae calor, condiciones de humedad y lluvias importantes; y la corriente de invierno que es opuesta y en general atrae poca humedad, frío y el periodo de sequía más prolongado del año<sup>3</sup>. Las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de

aproximadamente 650 mm anuales.

### Vientos predominantes en la región Salamanca-Irapuato-Celaya.

En base a la información de la red de monitoreo atmosférico históricamente se ha observado que en los tres municipios en la región, que cuentan con estaciones meteorológicas (Salamanca, Celaya e Irapuato), presentan vientos predominantes del Noreste principalmente con una mayor frecuencia de vientos de 2 a 4 m/s, seguido de vientos de 4 a 7 m/s.

<sup>3</sup>) Hacia una Estrategia Estatal de Cambio Climático en Guanajuato, Instituto de Ecología del estado.



Mapa 3. Vientos predominantes del corredor Irapuato, Salamanca y Celaya.  
Fuente: Instituto de ecología del Estado.

## Población

La población de Guanajuato ocupa el sexto lugar a nivel nacional con 5'486,375 habitantes distribuidos en los 46 municipios y 115 localidades ya mencionadas, su población es mayoritariamente urbana, toda vez que casi dos terceras partes

habita en localidades clasificadas como zonas urbanas.

La población en las ciudades de Celaya, Salamanca e Irapuato representan un 22.9% del total del Estado.

Tabla 1 Población de la región Celaya, Salamanca e Irapuato distribuida por municipio y superficie

Municipios	Población	Superficie km2
	2010	
Celaya	468,469	553
Irapuato	529,440	851
Salamanca	260,732	757
<b>Total</b>	<b>1,258,641</b>	<b>30,608</b>

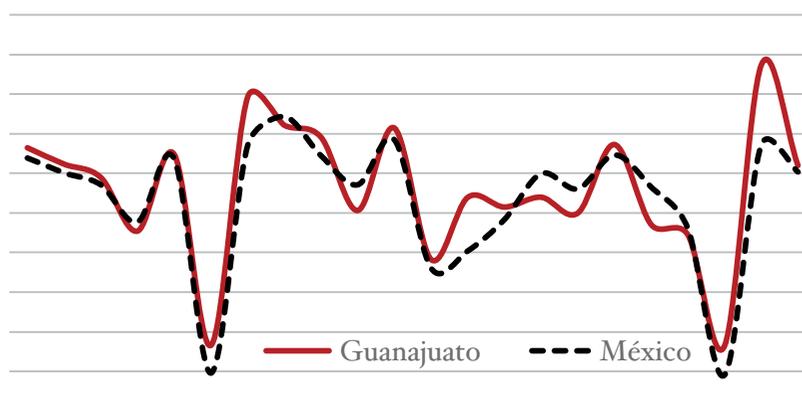
Fuente: Anuario estadístico de Guanajuato 2011, INEGI.

## Desarrollo económico en la Región

La economía mexicana pasó por un proceso de desaceleración, una severísima crisis y un breve período de recuperación durante el periodo que va de 2005 a 2011. Si bien la crisis arrastró consigo a todas las entidades federativas, la economía del Estado de Guanajuato se distinguió por mantener un crecimiento ligeramente mayor al de la

economía mexicana: la tasa de crecimiento promedio de su PIB fue de 2.7% contra un 2.3% nacional, y en el año 2010 alcanzó una sorprendente tasa de crecimiento del 9.5%, 4 puntos arriba de la media nacional. El tamaño de su economía en el año 2011 alcanzó el sexto lugar nacional, representando el 4% del Producto Interno Bruto (PIB) del país.

**Gráfica 1 Crecimiento económico de México y el Estado de Guanajuato.**  
Tasas de crecimiento del producto interno bruto (PIB).



Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI.

El sector manufacturero de la entidad tiene un peso específico muy importante pues su PIB equivale al 30% del total estatal. En lo que se refiere a su patrón espacial, la industria manufacturera localizada en la región Celaya,

Salamanca e Irapuato consolidó su fortaleza en términos de su participación dentro del PIB manufacturero del estado, al pasar del 79 al 91 por ciento del total del Estado de Guanajuato entre 2005 y 2011.

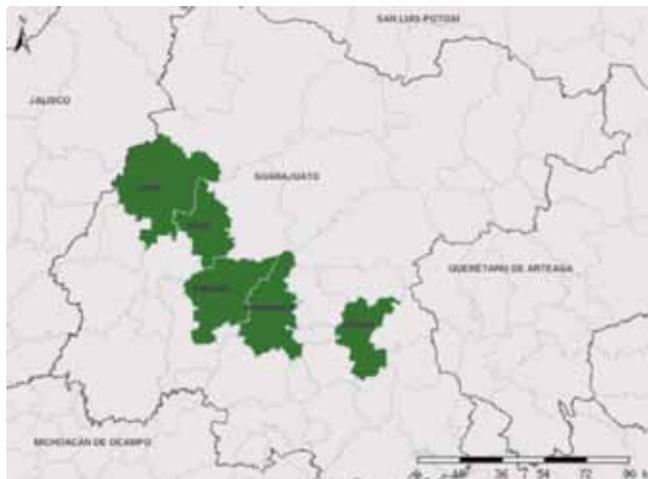
**Tabla 2 Comportamiento económico de la industria manufacturera en la región Celaya Salamanca e Irapuato. Período 2005-2011**

Regiones y ciudades	PIB manufacturero (miles de millones de pesos de 2003)		Estructura (Proporción del PIB del estado)		Cambio en estructura	Tasa de crecimiento promedio
	2005	2011	2005	2011	2005-2011	2005-2011
<b>Estado de Guanajuato</b>	91.33	108.74	100.00	100.00		3.2
<b>Región de Salamanca</b>	34.65	31.48	37.94	28.95	-8.99	-1.5
<b>Salamanca</b>	12.20	11.98	13.35	11.01	-2.34	-0.3
<b>Celaya</b>	11.37	9.65	12.45	8.88	-3.57	-2.5
<b>Irapuato</b>	11.08	9.85	12.14	9.06	-3.07	-1.8

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI.

El corredor industrial del Estado, el cual incluye los municipios de Celaya, Salamanca e Irapuato es parte de un sistema económico en el que participan empresas nacionales y multinacionales de varios giros importantes para la economía

del país, como por ejemplo el automotriz, el de la industria química, el de electrodomésticos, el de cuidado personal, el de agroindustria, entre otros.



Mapa 4. Ubicación de los principales municipios que conforman el corredor industrial del Estado de Guanajuato.  
Fuente: Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos, INEGI.

La perspectiva de crecimiento de la economía del Estado de Guanajuato para los próximos años, tomando en cuenta el desempeño que ha mostrado vis à vis la economía nacional. En las últimas décadas la dinámica de la economía mexicana

se ha caracterizado por una serie de ciclos económicos cada uno de los cuales ha tenido una duración promedio de cinco o seis años.

## 1.1. Inventario de Emisiones

El Inventario Guanajuato 2008 evaluó ocho contaminantes criterio acorde a la última actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM), utilizando metodología comparable con la establecida por la Environmental Protection Agency (EPA), así como cuatro contaminantes de efecto invernadero. En el inventario se estiman las emisiones de fuentes fijas, fuentes de área, fuentes naturales y fuentes móviles.

Para las fuentes fijas se estimaron 20 sectores, de área se consideraron 49 subcategorías, en el caso de las fuentes móviles 9 categorías y para las fuentes naturales se consideraron únicamente las emisiones de la vegetación (Tabla 4). Las emisiones se reportan en toneladas al año de emisiones de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero, estos últimos estimados de forma representativa. Cabe señalar que el inventario está desagregado a nivel municipal para cada una de las fuentes emisoras.

## Emisiones Anuales

Las emisiones totales generadas en el estado de Guanajuato durante el 2008 se estimaron en 75,470 toneladas de PM<sub>10</sub>; 22,972 toneladas de PM<sub>2.5</sub>; 52,109 toneladas de

SO<sub>2</sub>; 1,639,028 toneladas de CO; 124,989 toneladas de NO<sub>x</sub>; 379,264 toneladas de COT; 370,339 toneladas de COV y 42,075 toneladas de NH<sub>3</sub>.

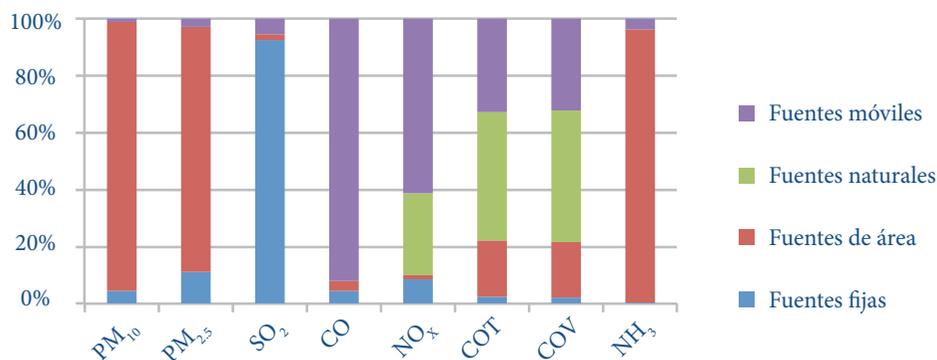
Tabla 3 Emisiones totales. Inventario de Emisiones Guanajuato.

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Categoría	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Fuentes fijas	3,473.93	2,553.62	48,187.02	73,783.80	10,669.39	9,271.82	8,396.23	190.98
Fuentes de área	71,182.95	19,754.76	1,131.90	55,203.08	1,764.79	74,434.26	71,830.92	40,300.08
Fuentes naturales	NA	NA	NA	NA	36,124.67	170,962.89	170,962.89	NA
Fuentes móviles	813.82	663.93	2,790.83	1,510,041.82	76,430.72	124,595.37	119,149.15	1,583.95
Totales	75,470.69	22,972.31	52,109.75	1,639,028.70	124,989.57	379,264.34	370,339.18	42,075.01

Gráfica 2. Emisiones totales por tipo de fuente. Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008



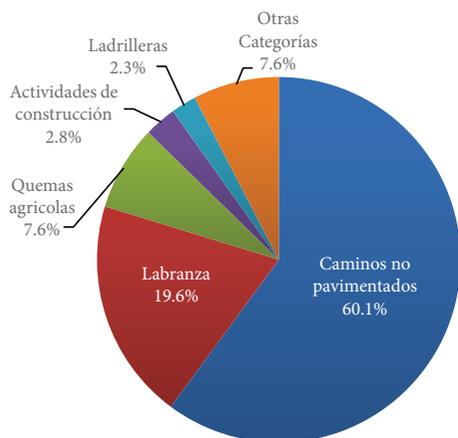
De acuerdo a la Gráfica II, se observa que la mayor emisión de partículas PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y NH<sub>3</sub> proviene de las fuentes de área. Respecto a las emisiones de SO<sub>2</sub>, éstas son generadas principalmente por las fuentes fijas. En cuanto al

CO y NO<sub>x</sub> estos se originan en mayor proporción por las fuentes móviles. Por último, las fuentes naturales tienen una importante contribución en las emisiones de COV y NO<sub>x</sub>.

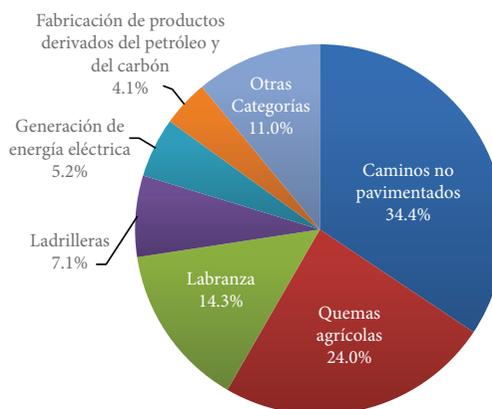
**Tabla 4 Emisiones por subcategoría en el Estado de Guanajuato.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Categoría	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>FUENTES FIJAS</b>	<b>3,473.93</b>	<b>2,553.62</b>	<b>48,187.02</b>	<b>73,783.80</b>	<b>10,669.39</b>	<b>9,271.82</b>	<b>8,396.23</b>	<b>190.98</b>
Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos.	7.70	2.46	0.01	1.44	3.42	0.20	0.07	0.04
Fabricación de equipo de transporte.	270.78	137.69	0.81	25.95	147.25	1,114.48	1,111.12	0.46
Fabricación de insumos textiles.	3.57	3.51	91.74	26.69	133.58	3.35	0.39	0.01
Fabricación de maquinaria y equipo.	0.02	0.02	0.00	0.13	0.74	0.02	0.00	0.00
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos.	26.84	24.65	23.18	165.48	659.94	24.21	4.28	0.08
Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.	54.38	2.95	0.94	31.75	90.64	619.66	617.47	0.01
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.	1,364.23	933.59	27,275.94	71,016.75	4,483.73	6,433.55	5,977.60	70.40
Fabricación de productos metálicos.	3.18	1.61	0.01	0.97	1.57	35.00	34.94	0.04
Generación de energía eléctrica.	1,351.27	1,199.46	17,543.32	2,103.17	3,737.73	419.58	70.06	87.52
Industria alimentaria.	137.07	97.20	1,875.59	192.98	973.91	33.20	7.74	3.54
Industria de las bebidas y del tabaco.	6.51	4.28	149.80	1.33	13.97	0.32	0.00	0.16
Industria del papel.	21.98	16.04	462.76	11.02	52.09	1.83	0.52	0.77
Industria del plástico y hule.	3.22	2.03	25.49	3.84	11.41	40.80	40.53	0.06
Industria química.	74.96	57.66	605.04	81.49	205.12	413.96	407.76	23.23
Industrias metálicas básicas.	142.92	67.17	0.83	116.38	136.24	15.24	7.62	4.44
Manejo de desechos y remediación.	0.06	0.06	0.00	0.52	1.96	0.05	0.01	0.01
Minería de minerales metálicos.	1.17	0.40	27.67	0.55	4.28	7.02	6.99	0.05
Otras industria manufactureras.	2.29	1.66	49.80	0.94	5.79	2.59	2.47	0.09
Servicios de almacenamiento.	1.77	1.15	54.10	2.33	5.90	106.74	106.64	0.07
Transporte por ductos.	0.01	0.01	0.00	0.11	0.13	0.01	0.01	0.00
<b>FUENTES DE ÁREA</b>	<b>71,182.95</b>	<b>19,754.76</b>	<b>1,131.90</b>	<b>55,203.08</b>	<b>1,764.79</b>	<b>74,434.26</b>	<b>71,830.91</b>	<b>40,300.08</b>
<b>Combustión en fuentes estacionarias.</b>								
Combustión industrial.								
Gas L.P.	2.96	2.96	0.19	16.97	99.61	2.76	1.78	
Gas natural.	1.34	1.34	0.11	14.80	17.62	1.94	0.97	
Combustión comercial.								
Gas L.P.	5.76	5.76	0.48	25.28	182.70	7.01	4.50	
Gas natural.	1.81	1.81	0.14	20.04	23.86	2.62	1.31	
Combustión agropecuaria.								
Gas L.P.	0.80	0.80	0.07	3.51	25.39	0.97	0.63	
Gas natural.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Combustión residencial.								
Gas L.P.	28.93	28.93	2.43	127.03	918.15	35.22	22.64	
Gas natural.	4.53	4.53	0.36	50.10	59.64	6.56	3.28	
<b>Uso de solventes</b>								
Artes gráficas.						1,959.74	1,959.74	
Aplicación de asfalto.						645.23	645.23	
Lavado en seco.						600.07	600.07	
Pintura automotriz.						1,133.59	1,133.59	
Pintura para señalización vial.						117.61	117.61	
Recubrimiento de superficies industriales.						3,427.75	3,427.75	
Uso doméstico de solventes.						15,895.85	15,895.85	
Limpieza de superficies industriales.						10,850.47	10,850.47	

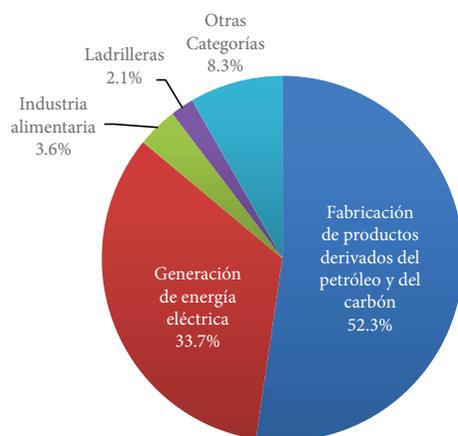
<b>Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo.</b>								
Manejo y distribución de gas licuado de petróleo.						10,537.81	10,369.21	
Manejo y distribución de gasolinas y diésel.						6,534.46	6,283.59	
<b>Fuentes industriales ligeras y comerciales.</b>								
Actividades de construcción.	2,130.65	442.86						
Asados al carbón.	401.42	320.40		799.16	14.73	51.56	51.56	13,628.13
Ladrilleras.	1,706.71	1,631.58	1,082.00	12,116.35	216.21	10,977.65	10,977.21	
Panificación.						339.84	339.84	
<b>Agropecuaria.</b>								
Aplicación de fertilizantes.								
Aplicación de plaguicidas.						528.01	528.01	
Actividades ganaderas.	211.38	24.14						19,766.13
Labranza.	14,778.86	3,276.47						0.00
<b>Manejo de residuos.</b>								
Aguas residuales.						4,348.27	4,348.27	
Quema de tiraderos.	323.57	306.81	20.58	1,728.99	123.50	885.08	342.53	
<b>Fuentes misceláneas</b>								
Incendios de construcciones.	1.17	1.10	0.00	18.62	0.44	1.15	0.81	0.00
Incendios forestales.	275.05	233.41	25.23	2,730.18	81.17	300.19	135.09	27.39
Quemas agrícolas.	5,704.11	5,509.65	0.00	37,219.67	0.00	5,228.22	3,774.78	0.00
Emissiones domésticas de amoníaco.								6,878.43
Esterilización de material hospitalario.						3.70	3.70	
Operación de aeronaves.			0.30	332.38	1.77	10.92	10.92	
Caminos no pavimentados.	45,382.25	7,892.57						
Bancos de materiales.	221.65	69.66						
<b>FUENTES NATURALES.</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>36,124.67</b>	<b>170,962.89</b>	<b>170,962.89</b>	<b>0.00</b>
Biogénicas.					36,124.67	170,962.89	170,962.89	
<b>FUENTES MÓVILES</b>	<b>813.82</b>	<b>663.94</b>	<b>2,790.84</b>	<b>1,510,041.82</b>	<b>76,430.71</b>	<b>124,595.37</b>	<b>119,149.14</b>	<b>1,583.95</b>
Autos particulares a gasolina.	73.12	41.07	483.37	178,186.81	6,579.55	19,802.94	18,993.63	723.68
Taxis.	19.89	11.13	131.78	63,250.42	7,776.98	6,624.09	3,775.31	196.46
Vehículos privados y comerciales de carga a con peso > 3 toneladas (microbuses).	22.53	17.27	67.39	39,834.04	1,880.14	4,468.65	4,380.07	15.99
Camionetas Pick-up a	30.13	19.10	205.26	59,015.25	2,612.93	10,642.77	10,339.93	227.82
Vehículos privados y comerciales de carga con peso < 3 toneladas (incluye SUV).	34.19	20.26	344.31	156,903.35	3,044.81	24,947.05	24,626.12	301.41
Tractocamiones a diésel.	246.84	221.12	488.81	41,774.96	20,813.73	4,951.00	4,904.73	25.54
Autobuses de transporte urbano.	195.04	174.33	574.97	42,544.92	13,472.53	3,359.34	3,282.19	22.00
Vehículos privados y comerciales de carga con peso > 3 toneladas.	184.81	155.50	476.56	916,538.33	19,946.46	47,731.01	46,774.14	64.71
Motocicletas	7.27	4.16	18.39	11,993.74	303.58	2,068.52	2,073.03	6.33
<b>TOTALES</b>	<b>75,470.69</b>	<b>22,972.32</b>	<b>52,109.75</b>	<b>1,639,028.70</b>	<b>124,989.57</b>	<b>379,264.3</b>	<b>370,339.1</b>	<b>42,075.00</b>



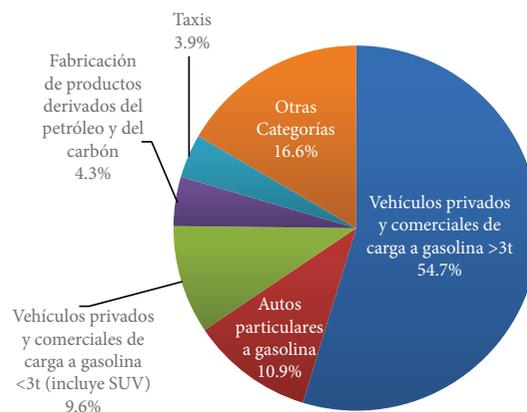
**Gráfica 3. Emisiones totales de PM10, en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



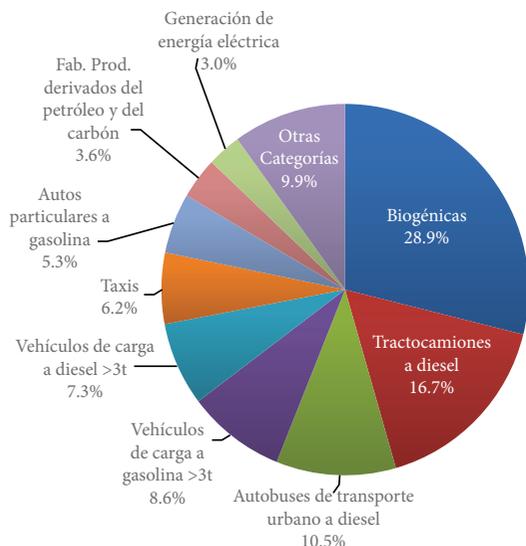
**Gráfica 4. Emisiones totales de PM2.5, en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



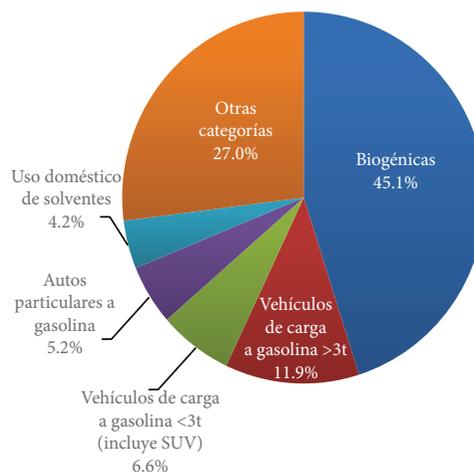
**Gráfica 5. Emisiones totales de SO2, en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



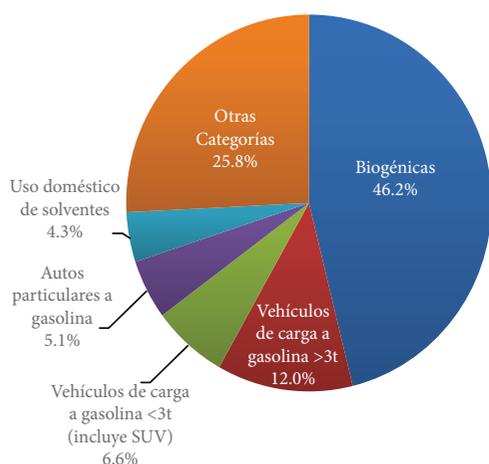
**Gráfica 6. Emisiones totales de CO, en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



**Gráfica 7. Emisiones totales de NOx, en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



**Gráfica 8. Emisiones totales de COT, en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

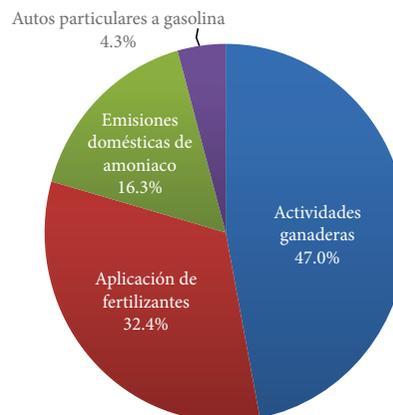


**Gráfica 9. Emisiones totales de COV, en Guanajuato 2008.**

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

De las fuentes de origen antropogénico consideradas en el Inventario de Guanajuato 2008, se observan emisiones significativas de COV y PM<sub>10</sub> con 119,149 y 71,182.95 ton/año respectivamente, destacando el uso doméstico de solventes y el tránsito de vehículos sobre caminos no pavimentados.

Las fuentes de área son las principales emisoras de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y NH<sub>3</sub>, aportando el 94.3, 86.0 y 95.8% de cada uno de estos contaminantes respectivamente, mientras que las fuentes fijas generan la mayor cantidad de SO<sub>2</sub>, emitiendo el 92.5% del total. Por otra parte, las fuentes móviles aportan el 92.1% del total de emisiones de CO y el 61.1% de emisiones de NO<sub>x</sub>, siendo las principales fuentes de emisión de estos contaminantes. Las fuentes naturales tienen su contribución más relevante en las emisiones de COT y COV con el 45.1 y 46.2%, respectivamente.



**Gráfica 10. Emisiones totales de NH<sub>3</sub>, en Guanajuato 2008.**

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Las emisiones de PM<sub>10</sub> son generadas principalmente por el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados, actividades de labranza y la quema de residuos agrícolas.

De las emisiones de CO, el 92% proviene de los vehículos automotores. De las emisiones de NO<sub>x</sub> las fuentes más representativas son los vehículos automotores, aportando cerca del 61% del total emitido; a éste le siguen las fuentes naturales con cerca del 29%.

Las emisiones de COT y COV se generan principalmente por las fuentes naturales, por el uso y consumo de solventes y productos con alto contenido de compuestos orgánicos y por los vehículos automotores. En la siguiente tabla se muestra la contribución en emisiones por cada municipio en el estado.

**Tabla 5. Emisiones por municipio.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Municipio	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Abasolo	2,067	1,141	442	22,127	2,331	13,437	13,323	1,572
Acámbaro	1,822	752	34	17,160	1,905	12,947	12,838	904
San Miguel de Allende	2,296	491	105	13,884	2,279	8,600	8,550	950
Apaseo el Alto	668	249	26	14,961	1,347	5,763	5,696	1,406
Apaseo el Grande	665	228	632	5,651	1,290	4,326	4,252	295
Atarjea	679	153	0	103	88	887	884	876
Celaya	8,326	1,816	1,300	225,310	13,876	24,121	23,059	1,490
Manuel Doblado	557	297	12	7,560	1,457	8,760	8,677	733
Comonfort	736	216	44	5,259	760	3,759	3,718	774
Coroneo	309	91	14	4,604	687	1,389	1,357	193
Cortazar	817	245	77	9,745	1,174	6,477	6,423	597
Cuerámara	896	286	102	3,828	546	2,906	2,866	957
Doctor Mora	186	39	7	2,514	445	1,439	1,431	322
Dolores Hidalgo CIN	1,797	490	37	14,798	3,215	9,301	9,194	636
Guanajuato	3,484	747	93	13,356	1,260	5,271	5,180	1,166
Huanímara	404	184	8	3,447	428	1,784	1,748	431
Irapuato	7,677	1,941	856	228,297	13,997	25,628	24,448	2,006
Jaral del Progreso	769	239	73	5,302	657	3,130	3,082	1,558
Jerécuaro	1,162	380	17	7,329	1,489	7,089	7,017	808
León	7,127	1,937	1,571	615,866	31,930	68,827	65,944	2,737
Moroleón	1,059	238	93	6,325	553	3,369	3,310	257
Ocampo	1,774	412	7	2,590	676	2,094	2,072	1,636
Pénjamo	2,337	1,094	20	8,403	2,753	18,091	17,823	2,630
Pueblo Nuevo	334	111	53	23,752	1,475	4,606	4,548	499
Purísima del Rincón	868	342	14	6,094	602	4,639	4,567	672
Romita	1,796	512	25	7,526	1,287	4,357	4,290	1,008
Salamanca	6,932	2,541	45,470	227,143	14,457	24,128	23,197	1,799
Salvatierra	909	352	62	12,772	1,593	9,309	9,207	1,221
San Diego de la Unión	1,234	309	12	3,449	1,059	3,452	3,405	578
San Felipe	1,230	280	33	7,834	2,677	9,501	9,460	758
San Francisco del Rincón	1,585	476	66	15,352	1,499	6,685	6,587	737
San José Iturbide	1,438	317	238	9,687	1,335	4,961	4,917	1,262
San Luis de la Paz	1,706	807	58	13,181	3,149	7,831	7,473	1,568
Santa Catarina	12	4	1	282	77	529	528	58
Juventino Rosas	1,803	457	93	8,223	1,871	4,936	4,860	1,157
Santiago Maravatío	85	39	3	1,050	159	1,504	1,492	114
Silao	1,833	675	55	15,667	1,913	10,503	10,420	975
Tarandacuao	129	61	3	2,311	282	1,260	1,243	203
Tarimoro	644	270	15	6,151	785	4,768	4,718	415
Tierra Blanca	89	20	2	464	131	1,181	1,175	125
Uriangato	384	88	16	6,005	446	3,285	3,262	242
Valle de Santiago	2,681	938	44	18,309	2,419	13,106	12,928	1,702
Victoria	151	37	3	1,090	334	2,297	2,289	338
Villagrán	1,214	340	214	4,968	896	2,463	2,404	911
Xichú	110	67	1	367	285	3,609	3,598	156
Yuriria	689	263	59	8,934	1,118	10,958	10,879	642
<b>Totales</b>	<b>75,471</b>	<b>22,972</b>	<b>52,110</b>	<b>1,639,029</b>	<b>124,990</b>	<b>379,264</b>	<b>370,339</b>	<b>42,075</b>

De la tabla anterior se observa que existe una marcada contribución de emisiones en los municipios donde se encuentra concentrada la mayor cantidad de población e industria (Celaya, Irapuato, León y Salamanca). De acuerdo

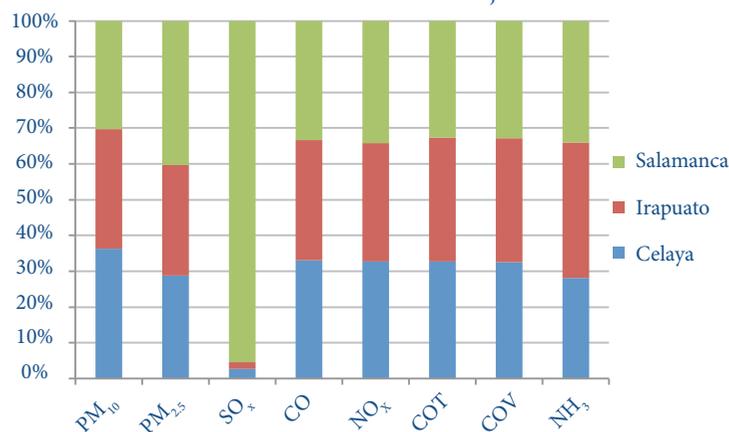
al objetivo del presente documento el análisis se centrará en estos municipios, excepto León, el cual contará con su propio ProAire.

**Tabla 6. Emisión de contaminantes criterio por municipio en la Región de estudio.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Municipio	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Celaya	8,326.44	1,815.77	1,299.62	225,310.05	13,875.53	24,121.09	23,058.59	1,490.11
Irapuato	7,677.15	1,940.73	856.24	228,296.93	13,997.35	25,628.07	24,447.96	2,006.49
Salamanca	6,931.74	2,541.14	45,469.77	227,143.24	14,456.60	24,128.01	23,197.21	1,798.59
<b>Totales</b>	<b>22,935.33</b>	<b>6,297.64</b>	<b>47,625.63</b>	<b>680,750.22</b>	<b>42,329.48</b>	<b>73,877.17</b>	<b>70,703.76</b>	<b>5,295.19</b>

**Gráfica 11 Distribución de las emisiones por municipio.**

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



De acuerdo a la Gráfica 11, se observa que la mayor emisión de SO<sub>2</sub> es generada en el municipio de Salamanca, en cuanto a los otros contaminantes (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, COT, COV; y NH<sub>3</sub>), se generan en proporciones similares en los tres municipios.

Respecto a PM<sub>10</sub>, en el inventario estatal se observa que el 38% de este contaminante proviene de los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca, estas emisiones son generadas en mayor proporción por el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados.

Sobre las emisiones de PM<sub>2.5</sub>, los municipios de Irapuato, Celaya y León tienen la mayor contribución estatal con 9.2, 8.4 y 8.4%, respectivamente. Para el caso de los municipios de Irapuato y Celaya, las emisiones son generadas en mayor medida por el tránsito de vehículos sobre caminos no

pavimentados y quemas agrícolas.

Asimismo, Celaya e Irapuato, están dentro de los municipios que generan la mayor cantidad de COT y COV, gran porcentaje de estas emisiones provienen del uso y consumo de solventes, así como de hornos ladrilleros.

De igual forma, Irapuato y Celaya, se encuentran dentro de los tres municipios que aportan la mayor cantidad de emisiones de NO<sub>x</sub>, contribuyendo con el 10.0 y 9.5% respectivamente. Las actividades de mayor generación de este contaminante, son el consumo de gas L.P. en el sector residencial y comercial.

A continuación se realiza el análisis para cada municipio por tipo de fuente. En la Tabla 7 se muestran las emisiones en el municipio de Salamanca.

**Tabla 7. Emisiones por fuente en Salamanca de contaminantes criterio.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes fijas</b>	2,194.04	1,611.77	45,170.90	71,717.69	7,175.20	6,540.09	6,039.69	119.69
<b>Fuentes de área</b>	4,681.11	882.39	124.06	277.80	74.44	2,519.72	2,484.51	1,592.43
<b>Fuentes naturales</b>	NA	NA	NA	NA	1,360.09	6,864.58	6,864.58	NA
<b>Fuentes móviles</b>	56.59	46.98	174.81	155,147.75	5,846.87	8,203.63	7,808.43	86.46
<b>Totales</b>	<b>6,931.74</b>	<b>2,541.14</b>	<b>45,469.77</b>	<b>227,143.24</b>	<b>14,456.60</b>	<b>24,128.01</b>	<b>23,197.21</b>	<b>1,798.59</b>

Respecto a fuentes fijas, el mayor porcentaje de sus emisiones provienen de los subsectores de la fabricación de productos derivados del petróleo y la generación de energía eléctrica. De forma específica la mayor cantidad de emisiones de SO<sub>2</sub> se tiene registrada en Salamanca, predominantemente por el consumo de combustibles en la refinación del petróleo y la generación de energía eléctrica.

En relación a las fuentes de área, los caminos no

pavimentados y la labranza agrícola fueron las subcategorías que contribuyeron en mayor medida en las emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>; mientras que las ladrilleras y la quema de gas L.P. a las emisiones de SO<sub>2</sub> y de NO<sub>x</sub>.

Las fuentes móviles, en la subcategoría autobuses de transporte urbano a diesel así como los tractocamiones a diesel, son las que contribuyen en la emisión de los contaminantes de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>x</sub>.

**Tabla 8. Emisiones por fuente en Celaya de contaminantes criterio.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes fijas</b>	73.76	44.74	886.72	29.93	126.85	91.81	88.99	6.03
<b>Fuentes de área</b>	8,119.08	1,658.43	28.52	1,723.18	166.81	6,684.75	6,411.59	1,320.06
<b>Fuentes naturales</b>	NA	NA	NA	NA	1,019.06	4,746.44	4,746.44	NA
<b>Fuentes móviles</b>	133.60	112.60	384.39	223,556.94	12,562.81	12,598.09	11,811.57	164.02
	<b>8,326.44</b>	<b>1,815.77</b>	<b>1,299.62</b>	<b>225,310.05</b>	<b>13,875.53</b>	<b>24,121.09</b>	<b>23,058.59</b>	<b>1,490.11</b>

Como se muestra en la tabla anterior, en el municipio de Celaya, la mayor contribución de emisiones de PM<sub>10</sub> proviene de las fuentes de área, principalmente por el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados, así como de las actividades de labranza y la quema de residuos agrícolas.

En el caso de las emisiones de NO<sub>x</sub>, Celaya se posiciona en el tercer sitio, como uno de los municipios que más contribuye con este contaminante. Los principales contribuyentes son el

consumo de gas L.P. en el sector residencial y comercial.

Respecto a la contribución de COT y COV, las mayores emisiones provienen del uso y consumo de solventes, así como del uso de hornos ladrilleros.

Respecto a fuentes móviles, Celaya ocupa el segundo lugar con mayor flota vehicular (108,886 vehículos), contribuyendo significativamente con emisiones de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, COT, COV y NH<sub>3</sub>.

Tabla 9. Emisiones por fuente en Irapuato de contaminantes criterio.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Fuentes fijas	30.71	20.46	455.74	30.72	105.25	136.43	133.78	0.88
Fuentes de área	7,513.88	1,808.62	18.28	3,451.69	175.75	6,486.09	6,150.40	1,844.86
Fuentes naturales	NA	NA	NA	NA	1,530.43	6,344.46	6,344.46	NA
Fuentes móviles	132.57	111.64	382.21	224,814.52	12,185.91	12,661.09	11,819.32	160.76
	7,677.15	1,940.73	856.24	228,296.93	13,997.35	25,628.07	24,447.96	2,006.49

Como se muestra en la tabla anterior, Irapuato ocupa el segundo lugar a nivel estado en emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> provenientes de caminos sin pavimentar.

En relación a las emisiones de COT y COV, Irapuato

se ubica en el tercer lugar, las emisiones provienen del uso y consumo de solventes y en general productos con alto contenido de estos compuestos, así como de hornos ladrilleros. Respecto a fuentes móviles, Irapuato ocupa el tercer lugar con mayor flota vehicular (104,293 vehículos).

## Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de fuentes de jurisdicción estatal

Con relación al inventario de emisiones de GEI de Guanajuato 2008, los datos fueron tomados del inventario de emisiones de Guanajuato 2008.

En lo referente a las emisiones de GEI en el inventario de emisiones de Guanajuato 2008, se evaluaron sólo aquellas categorías para las cuales se contó con la información

necesaria para su estimación de acuerdo a la metodología recomendada por la EPA. Los resultados reportados fueron de 6,942,421 ton de CO<sub>2</sub>, 58,173 ton de CH<sub>4</sub> y 418 ton de N<sub>2</sub>O, lo que equivale a un total de 8,293,695 ton de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>4</sup>. Así mismo, es importante precisar que para el cálculo de las fuentes fijas se consideraron únicamente las de jurisdicción estatal.

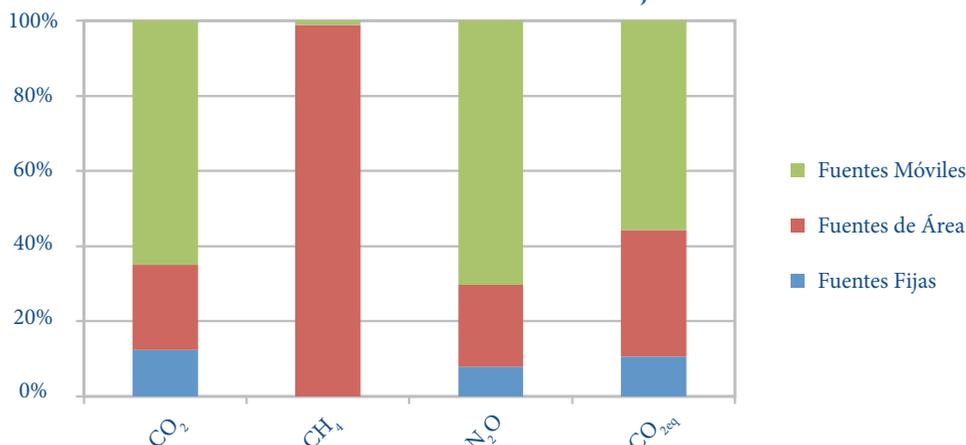
Tabla 10. Emisiones de GEI por fuente a nivel estatal.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2eq</sub>
Fuentes fijas	865,846.01	13.25	32.96	876,342.92
Fuentes de área	1,561,086.73	57,486.75	91.31	2,796,613.14
Fuentes móviles	4,515,488.37	673.5	293.89	4,620,739.19
Totales	6,942,421.11	58,173.50	418.16	8,293,695.25

<sup>4</sup>) Calculado de acuerdo a los valores de potencial de calentamiento global que establece el IPCC.

**Gráfica 12 Distribución de las emisiones por municipio.**

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



El análisis de las diferentes categorías de emisión de GEI del inventario muestra que de las fuentes fijas, la industria alimentaria y la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón son las principales actividades que emiten CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y por tanto de CO<sub>2</sub>eq.

En cuanto a fuentes de área, la combustión residencial y comercial de gas L.P., reportaron la mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, de N<sub>2</sub>O, y de CO<sub>2</sub>eq. Respecto a gas

metano, las actividades que contribuyen son las ganaderas y las quemas agrícolas.

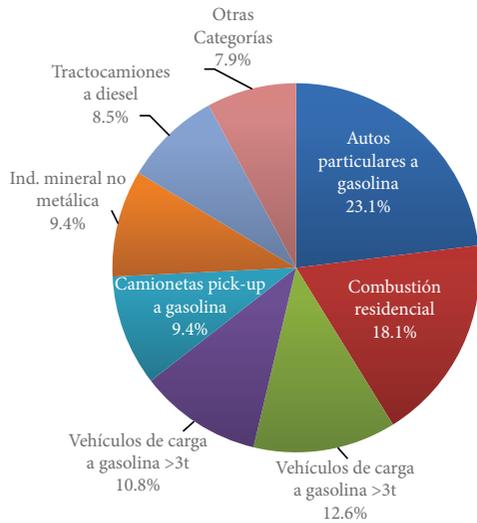
En relación a las fuentes móviles, los autos particulares a gasolina y los vehículos privados y comerciales de carga a gasolina con peso mayor a 3 toneladas son las subcategorías que más contribuyen con emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y por tanto de CO<sub>2</sub>eq.

**Tabla 11. Emisiones de GEI por fuente en Guanajuato 2008.**

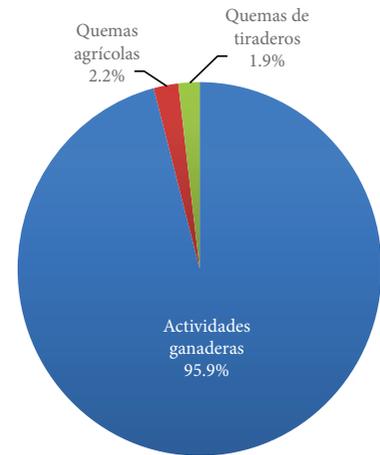
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> eq
<b>FUENTES FIJAS</b>	<b>865,846.01</b>	<b>13.25</b>	<b>32.96</b>	<b>876,342.92</b>
Fab. de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	2,277.00	0.03	0.16	2,325.78
Fabricación de equipo de transporte	3,393.05	0.06	0.07	3,416.00
Fabricación de insumos textiles	14,748.11	0.26	0.46	14,895.13
Fabricación de maquinaria y equipo	493.50	0.01	0.03	504.07
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	478,539.43	7.61	26.59	486,942.47
Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	48,352.11	0.89	0.72	48,595.19
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	3,618.62	0.05	0.06	3,637.91
Fabricación de productos metálicos	0.00	0.00	0.00	0.00
Generación de energía eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00
Industria alimentaria	125,452.86	1.87	2.02	126,117.74
Industria de las bebidas y del tabaco	4,786.76	0.06	0.10	4,819.87
Industria del papel	36,995.41	0.54	0.60	37,192.64
Industria del plástico y hule	7,625.92	0.11	0.41	7,756.68
Industria química	133,643.21	1.68	1.57	134,164.08
Industrias metálicas básicas	0.00	0.00	0.00	0.00
Manejo de desechos y remediación	1,085.10	0.02	0.07	1,108.34
Minería de minerales metálicos	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras industria manufactureras	3,504.38	0.05	0.07	3,527.23
Servicios de almacenamiento	1,330.55	0.02	0.03	1,339.79
Transporte por ductos	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>FUENTES DE ÁREA</b>	<b>1,561,086.73</b>	<b>57,486.75</b>	<b>91.31</b>	<b>2,796,613.14</b>
<b>Combustión en fuentes estacionarias</b>				

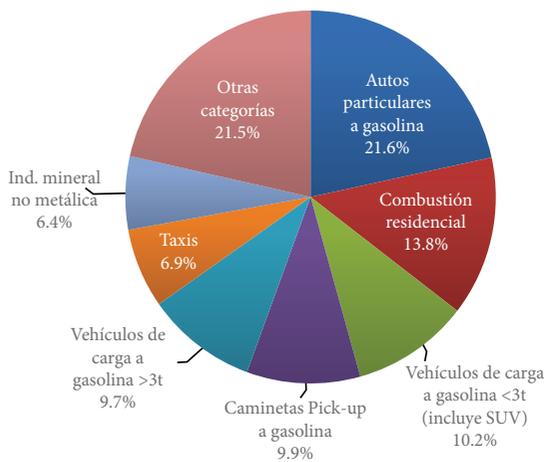
Combustión industrial				
Gas L.P.	66,967.14	0.99	4.44	68,363.69
Gas natural	21,146.88	0.41	0.39	21,275.58
Combustión comercial				
Gas L.P.	169,936.33	2.50	11.26	173,480.22
Gas natural	28,628.05	0.55	0.52	28,802.28
Combustión agropecuaria				
Gas L.P.	23,614.09	0.35	1.56	24,106.54
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00
Combustión residencial				
Gas L.P.	854,000.77	12.58	56.60	871,810.28
Gas natural	71,570.13	1.37	1.31	72,005.69
<b>Fuentes industriales ligeras y comerciales</b>				
Actividades de construcción				
Asados al carbón				
Ladrilleras	207,177.75	0.44	15.22	211,904.30
Panificación				
<b>Agropecuaria</b>				
Actividades ganaderas	0.00	55,805.26	0.00	1,171,910.41
Labranza	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Manejo de residuos</b>				
Aguas residuales				
Quema de tiraderos	3,678.63	267.58	0.00	9,297.85
<b>Fuentes misceláneas</b>				
Incendios de construcciones	0.00	0.00	0.00	0.00
Incendios forestales	0.00	109.56	0.00	2,300.71
Quemas agrícolas	0.00	1,274.28	0.00	26,759.91
Emisiones domésticas de amoníaco				
Esterilización de material hospitalario				
Operación de aeronaves	114,366.95	10.89		114,595.68
Caminos no pavimentados				
Bancos de materiales				
<b>FUENTES NATURALES</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Biogénicas				
<b>FUENTES MÓVILES</b>	<b>4,515,488.37</b>	<b>673.50</b>	<b>293.89</b>	<b>4,620,739.19</b>
Autos particulares a gasolina	1,180,260.76	210.57	90.33	1,212,683.76
Autos particulares a diesel	206.93	0.00	0.00	207.14
Taxis	320,756.30	20.35	28.91	330,145.67
Vehículos privados y comerciales de carga a gasolina con peso > 3 toneladas (microbuses)	164,759.36	37.03	11.31	169,043.24
Vehículos privados y comerciales de carga a diesel con peso > 3 toneladas (microbuses)	14,140.37	0.05	0.49	14,292.62
Camionetas Pick-up a gasolina	497,993.37	108.18	41.48	513,122.94
Camionetas Pick-up a diesel	2,600.00	0.00	0.01	2,602.16
Vehículos privados y comerciales de carga a gasolina con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	643,403.81	163.19	42.72	660,074.63
Vehículos privados y comerciales de carga a diesel con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	96.21	0.00	0.00	96.29
Tractocamiones a diesel	435,721.23	1.60	15.02	440,412.60
Autobuses de transporte urbano a gasolina	22,864.38	3.69	1.89	23,527.54
Autobuses de transporte urbano a diesel	403,684.65	1.25	11.71	407,339.54
Vehículos privados y comerciales de carga a gasolina con peso > 3 toneladas	551,058.72	113.44	40.44	565,977.06
Vehículos privados y comerciales de carga a diesel con peso > 3 toneladas	239,168.15	0.88	8.25	241,743.25
Motocicletas	38,774.12	13.27	1.35	39,470.74
<b>TOTALES</b>	<b>6,942,421.11</b>	<b>58,173.50</b>	<b>418.16</b>	<b>8,293,695.25</b>



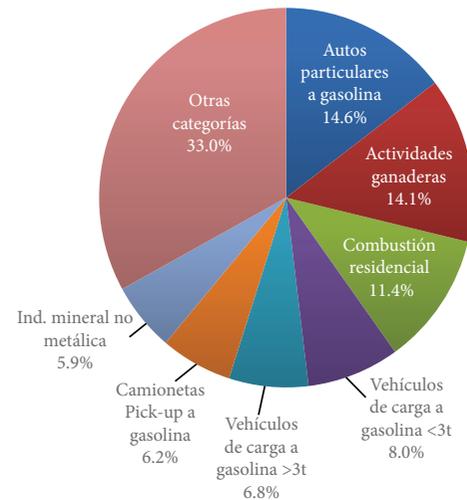
**Gráfica 13. Emisiones totales de CO<sub>2</sub> en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



**Gráfica 14. Emisiones totales de CH<sub>4</sub> en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



**Gráfica 15. Emisiones totales de N<sub>2</sub>O en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.



**Gráfica 16. Emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq. en Guanajuato 2008.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

En términos de emisiones de CO<sub>2</sub>eq, el 55.7% proviene de vehículos automotores. Por otra parte, las actividades ganaderas contribuyen con el 14.4%, la combustión residencial de gas LP con el 11.4% y en conjunto, la fabricación de productos a base de minerales no metálicos y la industria de la cerámica con el 5.9%.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> son generadas principalmente por las actividades ganaderas, contribuyendo con el 95.9% del total estimado. Estas emisiones provienen principalmente de la fermentación entérica y el manejo de estiércol.

En cuanto a las emisiones de N<sub>2</sub>O, el 70.3% del total estimado proviene de los vehículos automotores, dentro de los cuales los mayores generadores son los vehículos particulares, posteriormente los vehículos de carga a gasolina menores a 3 ton, pick ups y vehículos de carga a gasolina mayores a 3 ton. Asimismo destacan las emisiones generadas por la combustión residencial de gas L.P. aportando el 13.8% y la industria de la cerámica con el 6.4%.

De forma similar, las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen principalmente de los vehículos automotores, no obstante, se observa una contribución significativa del consumo de

combustibles en el sector residencial y la industria de la cerámica.

Respecto de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, el subsector de la fabricación de productos a base de minerales no metálicos, incluida la operación de hornos de cerámica, tiene el mayor aporte con el 55.6% del total. Los subsectores de la industria química y la industria alimentaria tienen contribución del 15.3 y 14.4% respectivamente. Las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de la fabricación de productos a base de minerales no metálicos, aportando el 55.3% del total, posteriormente la

industria química con el 15.4% y la industria alimentaria con el 14.5%.

En lo que respecta a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, la fabricación de productos a base de minerales no metálicos tiene la mayor contribución, seguida de la industria alimentaria e industria química.

En la Tabla 12 se presenta la distribución de las emisiones a nivel municipal.

**Tabla 12. Emisiones totales de GEI por municipio.**  
Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Municipio	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> eq
Abasolo	137,088	1,151	9	164,000
Acámbaro	105,879	1,836	7	146,641
San Miguel de Allende	112,836	530	7	126,276
Apaseo el Alto	58,898	604	4	72,754
Apaseo el Grande	47,386	168	3	51,854
Atarjea	15,798	2,122	0	60,488
Celaya	873,111	728	46	902,506
Manuel Doblado	31,926	522	2	43,512
Comonfort	36,381	1,414	2	66,788
Coroneo	23,378	241	1	28,759
Cortazar	62,093	1,242	4	89,367
Cuerámaro	23,232	2,061	1	66,908
Doctor Mora	15,331	672	1	29,732
Dolores Hidalgo CIN	451,901	830	31	478,801
Guanajuato	135,673	2,550	9	192,054
Huanímaro	16,141	437	1	25,614
Irapuato	716,717	1,074	43	752,698
Jaral del Progreso	71,112	5,427	2	185,835
Jerécuaro	32,956	1,822	2	71,846
León	2,265,048	793	150	2,328,161
Moroleón	53,638	768	4	70,906
Ocampo	13,237	2,184	1	59,354
Pénjamo	42,874	1,258	3	70,129
Pueblo Nuevo	93,348	1,242	5	121,109
Purísima del Rincón	44,670	1,064	3	67,981
Romita	41,249	2,460	2	93,557
Salamanca	343,981	1,192	20	375,351
Salvatierra	73,092	1,218	5	100,084
San Diego de la Unión	21,660	1,602	1	55,740
San Felipe	55,013	1,214	3	81,599
San Francisco del Rincón	91,036	1,111	6	116,257
San José Iturbide	167,443	2,669	4	224,796
San Luis de la Paz	79,173	2,584	5	134,975

Santa Catarina	2,796	174	0	6,508
Juventino Rosas	53,185	1,117	3	77,612
Santiago Maravatío	5,843	205	0	10,251
Silao	233,178	2,672	7	291,576
Tarandacuao	8,476	462	1	18,338
Tarimoro	37,199	454	2	47,500
Tierra Blanca	5,953	364	0	13,730
Uriangato	43,329	576	3	56,299
Valle de Santiago	89,741	1,932	6	132,050
Victoria	10,142	1,371	1	39,136
Villagrán	46,618	606	3	60,141
Xichú	2,895	270	0	8,628
Yuriria	49,766	1,181	3	75,496
<b>Totales</b>	<b>6,942,421</b>	<b>58,174</b>	<b>418</b>	<b>8,293,695</b>

A continuación se realiza el análisis por municipio en la Región.

**Tabla 13. Emisiones de GEI por municipio en la Región.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Municipio	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2eq</sub>
Celaya	873,110.87	727.63	45.53	902,506.26
Irapuato	716,717.10	1,073.83	43.32	752,698.31
Salamanca	343,981.35	1,192.01	20.44	375,351.19
<b>Totales</b>	<b>1,933,809.32</b>	<b>2,993.47</b>	<b>109.29</b>	<b>2,030,555.76</b>

Respecto de la contribución por municipio de emisión de gases de efecto invernadero por las fuentes de área, Irapuato y Celaya se encuentran dentro de los municipios con las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O.

En términos de CO<sub>2eq</sub>, las mayores emisiones provienen de los vehículos automotores, las actividades ganaderas, la combustión residencial y la industria de la cerámica. En este sentido, los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca son los de mayor contribución.

**Tabla 14. Emisiones de GEI en Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2eq</sub>
Fuentes fijas	11,887.38	0.14	0.23	11,961.12
Fuentes de área	62,884.98	1,152.89	3.84	88,286.75
Fuentes móviles	269,208.99	38.97	16.37	275,103.33
<b>Totales</b>	<b>343,981.35</b>	<b>1,192.01</b>	<b>20.44</b>	<b>375,351.19</b>

Salamanca en un análisis de las diferentes categorías, para fuentes fijas, se obtuvo que la industria alimentaria y la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón son las principales actividades que emiten CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a la atmósfera.

Para el caso de fuentes de área, fue la combustión residencial y comercial de gas L.P. la actividad que más emitió

CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O. Y en el caso CH<sub>4</sub>, las actividades principales que lo emitieron fueron las actividades ganaderas.

En cuanto a fuentes móviles, los autos particulares a gasolina y los vehículos privados y comerciales de carga a gasolina con peso mayor a 3 ton son las subcategorías que más CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

**Tabla 15. Emisiones de GEI en Celaya.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2eq</sub>
Fuentes fijas	197,364.10	2.64	2.55	198,209.22
Fuentes de área	117,074.40	662.39	7.37	133,270.35
Fuentes naturales	NA	NA	NA	NA
Fuentes móviles	558,672.37	62.60	35.61	571,026.69
<b>Totales</b>	<b>873,110.87</b>	<b>727.63</b>	<b>45.53</b>	<b>902,506.26</b>

En relación a fuentes fijas, Celaya es uno de los municipios que más aporta las emisiones más significativas de CO<sub>2eq</sub>. Las categorías de mayor contribución son la combustión residencial y comercial de gas L.P., y las actividades ganaderas.

Sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, Celaya tiene una contribución significativa, proveniente de la combustión residencial y comercial de gas L.P.

**Tabla 16. Emisiones de GEI en Irapuato.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Categoría	Emisiones (ton/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2eq</sub>
Fuentes fijas	46,242.41	0.76	0.62	46,449.91
Fuentes de área	115,876.50	1,010.42	7.33	139,369.19
Fuentes naturales	NA	NA	NA	NA
Fuentes móviles	554,598.18	62.65	35.37	566,879.21
<b>Totales</b>	<b>716,717.10</b>	<b>1,073.83</b>	<b>43.32</b>	<b>752,698.31</b>

En lo que respecta a las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O proveniente de fuentes de área, Irapuato es uno de los municipios con mayor contribución, originadas principalmente por la combustión de residencial y comercial de gas L.P.

De forma muy similar a las emisiones de contaminantes criterio, Irapuato es de los principales emisores de GEI por fuentes móviles.

## 1.2 Estado de la Calidad del Aire en Salamanca, Irapuato y Celaya

La operación de la Red de monitoreo automático en el estado de Guanajuato a permitido dar seguimiento del comportamiento de los contaminantes criterio, teniendo un histórico de tendencias que ha permitido conocer las

distribuciones espaciales y temporales de la calidad del aire, así mismo, tomar esta información para generar políticas e instrumentos ambientales para la gestión en pro del mejoramiento de la calidad de vida de los Guanajuatenses.

## Monitoreo de la calidad del aire en el Estado de Guanajuato.

Guanajuato cuenta con la Red Estatal de Monitoreo de la Calidad del Aire, que es una red conformada por 13 estaciones

automáticas ubicadas en los principales centros urbanos del estado: Celaya, Irapuato, Salamanca, Silao y León.



**Mapa 5. Distribución de la red automática de monitoreo atmosférico.**  
Fuente: Instituto de ecología del Estado.

El monitoreo rutinario de los contaminantes criterio y la calidad del aire en el estado, inició en 1999 en el municipio de Salamanca, con la instalación de la primera estación equipada con monitores continuos en las instalaciones de la Cruz Roja. Guanajuato es el único estado en el país que opera el mayor número de redes locales en sus centros urbanos más importante. Después del Distrito Federal es el segundo a nivel nacional con el mayor número de estaciones de monitoreo de la calidad del aire en operación.

El esquema de financiamiento del monitoreo de la calidad del aire en Guanajuato es único en el país y ha permitido

operar de manera exitosa la red desde su conformación. El Instituto de Ecología del Estado mantiene la red a través de asociaciones civiles especialmente creadas para este fin, en un esquema que otorga autonomía presupuestaria y transparencia en la información. La administración de las estaciones de monitoreo los en el municipio de Salamanca, está a cargo del Patronato para la Calidad del Aire de Salamanca A.C.; mientras que el monitoreo en Celaya bajo el Instituto Tecnológico de Celaya, así como en Irapuato está bajo la administración del Patronato para la Calidad del Aire de Irapuato.



**Ilustración 1. Asociaciones Civiles**

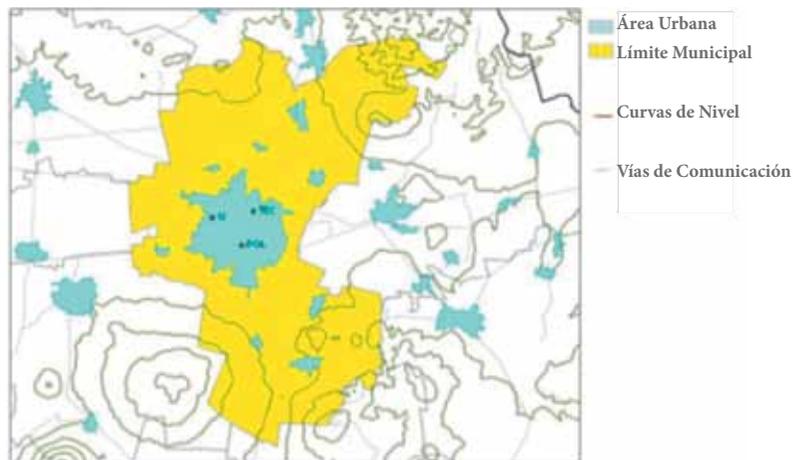
La Red Estatal de Monitoreo de la Calidad del Aire es conformada por un total de 13 estaciones de monitoreo de la calidad del aire. En la región Celaya, Salamanca e Irapuato,

cada ciudad cuenta con tres estaciones equipadas con analizadores continuos para gases y partículas.

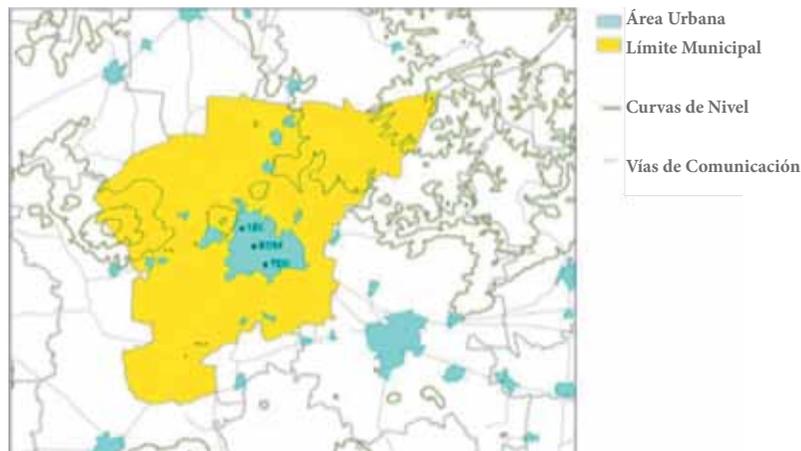
Tabla 17. Red Estatal de Monitoreo de la Calidad del Aire de Guanajuato.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

LOCALIDAD	ESTACIÓN	REFERENCIA	INSTALACIÓN
Celaya	Policía	POL	Octubre, 2002
	San Juanico	SJ	Abril, 2001
	Tecnológico	TEC	Agosto, 2002
Irapuato	Bomberos	BOMB	Noviembre, 2000
	Secundaria	SEC	Octubre, 2002
	Teódula	TEOD	Agosto, 2002
Salamanca	Cruz Roja	CR	Septiembre, 1999
	DIF	DIF	Septiembre, 2000
	Nativitas	NAT	Abril, 2002

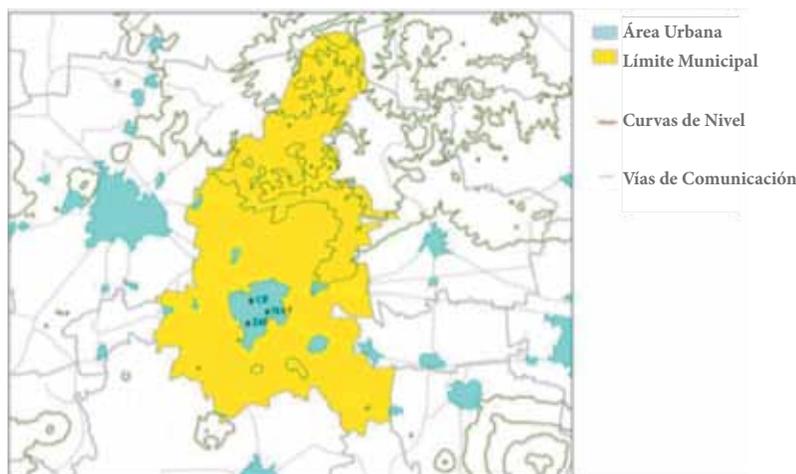
Gráfica 17 Estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Celaya.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 18 Estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Irapuato.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 19. Estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Salamanca.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas

Una calidad del aire favorable asegura la protección de la salud pública, para esto la presencia de contaminantes en el aire debe ser comparada contra los límites establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental (NOM). Estas normas fijan los valores máximos permisibles para aquellos contaminantes que representan un riesgo comprobado en la salud humana, los límites se establecen utilizando como referencia a los grupos más sensibles de

la población, como niños, adultos mayores y personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares.

Las NOM son elaboradas por la Secretaría de Salud del Gobierno Federal y su aplicación es de carácter obligatorio en todo el país. En la tabla 18. Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental vigentes.

Tabla 18. Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental vigentes.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

CONTAMINANTE	NORMA OFICIAL MEXICANA	DESCRIPCIÓN
Ozono	30 de octubre de 2002.	El indicador de 1 hora no debe exceder una vez al año el valor de 0.110 ppm.
	Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993	El indicador del 5° máximo anual del promedio móvil de 8 horas debe ser menor o igual a 0.080 ppm.
Monóxido de carbono	23 de diciembre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993	El máximo anual del promedio móvil de 8 horas debe ser menor o igual a 11.0 ppm
Bióxido de azufre	8 de septiembre de 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010	El indicador del promedio diario de 24 horas no debe rebasar el valor de 0.110 ppm, una vez al año.
		El indicador del promedio anual de la concentración de SO <sub>2</sub> debe ser menor a 0.025 ppm.
		El indicador del promedio móvil de 8 horas, debe ser menor a 0.200 ppm para no ser rebasado dos veces al año.
Bióxido de nitrógeno	23 de diciembre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993	El indicador de 1 hora no debe rebasar el valor límite de 0.210 ppm una vez al año.

Partículas suspendidas	26 de septiembre de 2005. Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993.	El percentil 98 del promedio de 24 horas de las partículas suspendidas totales (PST) debe ser menor o igual a 210 µg/m <sup>3</sup> . El percentil 98 del promedio de 24 horas de las partículas menores a 10 micrómetros (PM10), debe ser menor o igual a 120 µg/m <sup>3</sup> . El indicador del promedio anual de los valores diarios de PM10, debe ser menor o igual a 50 µg/m <sup>3</sup> . El percentil 98 del promedio de 24 horas de las partículas menores a 2.5 micrómetros (PM2.5), debe ser menor o igual a 65 µg/m <sup>3</sup> . El indicador del promedio anual de los valores diarios de PM2.5, debe ser menor o igual a 15 µg/m <sup>3</sup> .
Plomo	23 de Diciembre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993	El promedio aritmético trimestral de los muestreos de 24 horas no debe rebasar el límite de 1.5 µg/m <sup>3</sup> .

La evaluación del cumplimiento en la principales ciudades de Guanajuato se realiza calculando el valor de los indicadores recomendados por la norma a partir de los resultados del monitoreo de la calidad del aire, en cada una de las ciudades.

Con el propósito de reflejar la variabilidad temporal del contaminante y asegurar una evaluación adecuada de las NOM se requiere que las estaciones a evaluar cumplan con al menos el 75% de los datos válidos, con excepción de la evaluación de aquellos indicadores en los que se especifique

algún otro criterio. Lo anterior es importante ya que cuando el número de datos es menor al 75% es probable que se omitan periodos importantes del año, los cuales, pueden sesgar la evaluación de algunos indicadores, más aun si estos periodos corresponden a los meses en los que se pudieran presentar episodios críticos de contaminación. Por lo tanto, para los propósitos de esta sección se utilizaron los datos de aquellas estaciones que contaban con al menos el 75% datos válidos, solo en los casos que la norma lo especificaba se utilizaron todos los datos disponibles.

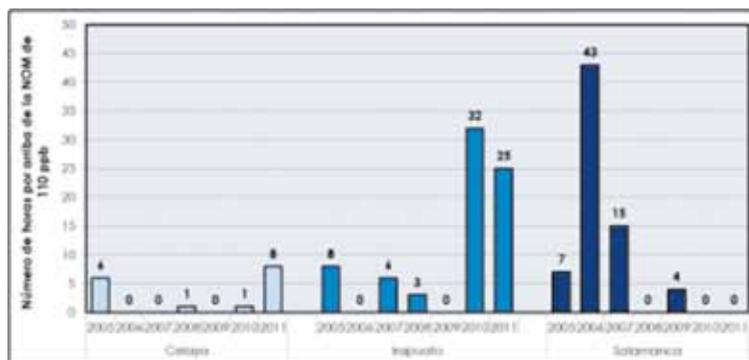
## Ozono (O<sub>3</sub>)

La NOM-020-SSA1-1993 establece dos indicadores para la calidad del aire por ozono, donde se considera su cumplimiento cuando la concentración calculada como lo establece la norma es igual o menor a los valores límite. Asimismo, se considera que la ciudad está en cumplimiento cuando ninguna de las estaciones excede los valores de la norma.

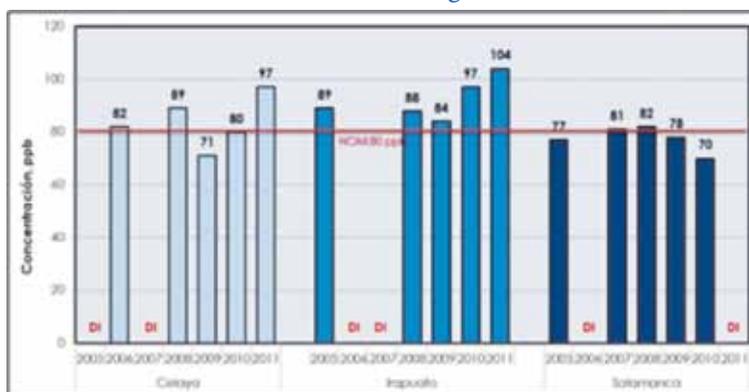
En cuanto al indicador de exposición aguda, la NOM fija un valor de 0.110 ppm (110 ppb) para el promedio horario, el cual

no debe excederse durante un año calendario. El indicador de exposición crónica se evalúa con el quinto máximo del promedio móvil de 8 horas, para un año calendario, el cual debe ser igual o menor a 0.080 ppm (80 ppb). De acuerdo con la norma es posible analizar el cumplimiento del indicador de exposición aguda aun cuando se cuente con menos del 75% de los datos disponibles, siempre y cuando el valor exceda el límite para el promedio horario. En el caso del indicador de 8 horas, solo se analizaron los años para los que se superaba el mínimo de datos requeridos.

Gráfica 20 Número de excedencias al valor de 110 ppb para el promedio horario de ozono.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 21 Valor del quinto máximo del promedio móvil de 8 horas.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Los resultados del monitoreo indican que los límites establecidos por la norma se han excedido durante los años analizados en todas las ciudades. Salamanca es la ciudad que históricamente ha registrado el mayor número de excedencias al valor de 1 hora, con un máximo de 43 horas en 15 días del

año 2006. Mientras que Irapuato registró los valores más altos para el indicador de 8 horas, con un máximo de 104 ppb. Aun cuando el problema de contaminación por ozono no es tan grave como en el caso de otras ciudades del país, ninguna de las ciudades cumple con lo requerido por la NOM.

## Celaya

El análisis de los datos de la ciudad de Celaya indica que la NOM-020-SSA1-1993 se cumplió solamente en 2009, durante 2007 la información no fue suficiente para evaluar la norma, mientras que el resto de los años no alcanzan el cumplimiento. Aun cuando los valores reportados superan por una diferencia relativamente pequeña el valor de la

norma, los niveles de este contaminante podrían representar un riesgo para los grupos más sensibles de la población.

En 2011 la estación Policía (POL) es la estación de Celaya con mayor contaminación por ozono con 8 excedencias al valor de 1 hora, y el valor más alto para el quinto máximo de 8 horas.

Tabla 19. Número de horas que superaron el valor límite de la NOM-020-SSA1-1993 en Celaya.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	0	0	0	0	0	1	8
San Juanico	SJ	2	0	0	1	0	0	0
Tecnológico	TEC	4	0	0	0	0	0	0

Tabla 20. Valor del quinto máximo del promedio móvil de 8 horas, en ppb.  
En este cálculo se omitieron las estaciones con menos del 75% de datos válidos.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	--	--	--	--	--	--	97
DIF	DIF	--	79	--	89	--	--	86
Nativitas	NAT	--	82	--	--	71	80	83

Tabla 21. Estado del cumplimiento de la NOM-020-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Celaya.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	NO	NO
San Juanico	SJ	NO	SI	--	NO	--	--	NO
Tecnológico	TEC	NO	NO	--	--	SI	SI	NO
Ciudad de CELAYA		NO	NO	--	NO	SI	NO	NO

## Irapuato

En la ciudad de Irapuato la situación con respecto al ozono se ha agravado en los últimos años, el número de excedencias ha aumentado principalmente en las estaciones Secundaria y Teódula (Tabla 22). En el caso de las estaciones que cuentan con suficiencia, se observa un aumento en el valor del indicador de la norma para el quinto máximo en la

estación Secundaria entre 2009 y 2011.

Durante el periodo analizado ningún año logró cumplir con lo requerido por la NOM-020-SSA1-1993, solo en el caso de 2006 la información no fue suficiente para su evaluación.

Tabla 22. Número de horas que superaron el valor límite de la NOM-020-SSA1-1993 en Irapuato.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	4	0	0	0	0	0	0
Secundaria	SEC	2	0	0	3	0	23	24
Teódula	TEOD	3	0	6	0	0	11	3

Tabla 23. Estado del cumplimiento de la NOM-022-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Irapuato.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
DIF	DIF	SI						
Nativitas	NAT	--	NO	SI	SI	SI	SI	--
Ciudad de SALAMANCA		NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI

Tabla 24. Estado del cumplimiento de la NOM-020-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Irapuato.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	NO	--	--	--	--	--	--
Secundaria	SEC	NO	--	--	NO	SI	NO	NO
Teódula	TEOD	NO	--	NO	--	NO	NO	NO
Ciudad de IRAPUATO		NO	--	NO	NO	NO	NO	NO

## Salamanca

En Salamanca se ha dado una reducción en los niveles de ozono, si bien no lo suficiente como para cumplir adecuadamente con la norma. En 2010 solo se cuenta con datos suficientes en la estación DIF la cual reporta el cumplimiento de la NOM. En el caso de 2011 no fue posible

la evaluación por la insuficiencia en la información en las tres estaciones de monitoreo. Las estaciones DIF y Cruz Roja registraron el mayor número de excedencias al valor de 110 ppb, entre 2005 y 2007, en los años posteriores se registró una disminución en las excedencias.

**Tabla 25 Número de horas que superaron el valor límite de la NOM-020-SSA1-1993 en Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	0	16	14	0	1	0	0
DIF	DIF	1	25	1	0	0	0	0
Nativitas	NAT	6	3	1	0	3	0	0

**Tabla 26 Valor del quinto máximo del promedio móvil de 8 horas, en ppb.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	77	--	79	82	--	--	--
DIF	DIF	71	--	81	48	78	70	--
Nativitas	NAT	--	--	77	78	--	--	--

**Tabla 27. Estado del cumplimiento de la NOM-020-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	BOMB	SI	NO	NO	NO	NO	--	--
DIF	SEC	SI	NO	NO	SI	SI	SI	--
Nativitas	TEOD	NO	NO	NO	SI	NO	--	--
Ciudad de SALAMANCA		NO	NO	NO	NO	NO	SI	--

## Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

Sin duda la contaminación por azufre es uno de los problemas más graves que enfrentan las ciudades que se localizan en el corredor industrial, principalmente por las actividades de la refinería en Salamanca y el uso de combustibles con un contenido importante de azufre en la industria, vehículos de carga y transporte, así como el proveniente de las actividades agrícolas (uso de maquinaria y la quema de biomasa).

En 2011 se publicó la revisión a la NOM-022-SSA1-1993, esta revisión actualizó los valores límite y agregó un nuevo indicador para el promedio de 8 horas con un valor de 200

ppb. Debido a que la norma no es retroactiva, el análisis de la información de bióxido de azufre se realizó de manera diferenciada para el periodo previo y posterior a la revisión. Para los años de 2005 a 2010 se utilizó un valor de 0.130 ppm (130 ppb) para el promedio de 24 horas y de 0.030 ppm (30 ppb) para el promedio anual. El año de 2011 se evaluó con los nuevos requerimientos de la norma: 0.110 ppm (110 ppb), promedio de 24 horas; 0.025 ppm (25 ppb), promedio anual; 0.200 ppm (200 ppb), promedio móvil de 8 horas.

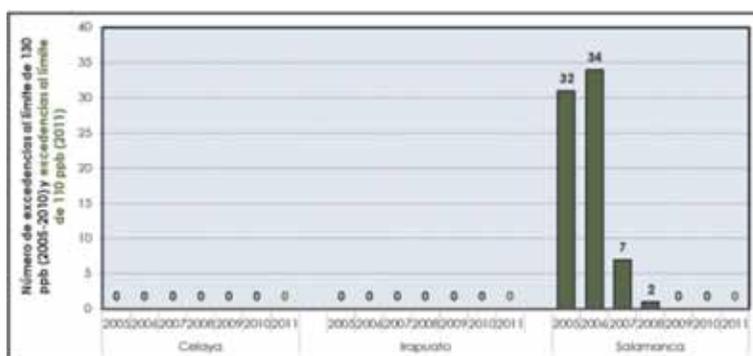
Con propósitos de consistencia en el análisis de la información se consideró como requisito un mínimo de 75%

de datos durante el año para la evaluación del cumplimiento de la norma.

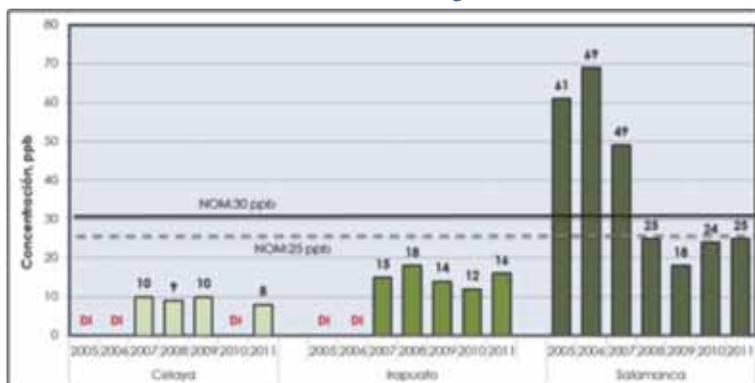
La ciudad de Salamanca, es la única que reporta el incumplimiento de la norma, sin embargo, se observa una tendencia descendente en los valores de los indicadores; desde

2009 las concentraciones de este contaminante cumplen con los requerimientos de la misma. En el resto de las ciudades los niveles de calidad del aire para este contaminante son seguros para la población. A pesar de que a partir de 2011 se aplican valores más estrictos con la revisión de la NOM-022-SSA1-1993, todas las ciudades se mantienen en cumplimiento.

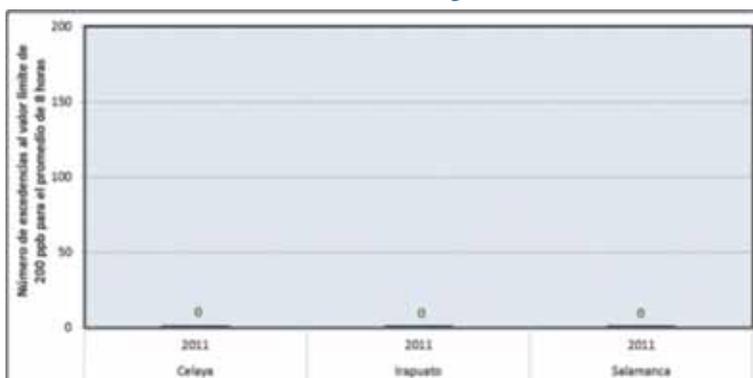
**Gráfica 22. Número de excedencias al valor de 24 horas de la NOM.**  
De 2005 a 2010 el límite es de 130 ppb, en 2011 el límite es de 110 ppb.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



**Gráfica 23. Evaluación del cumplimiento del indicador anual.**  
Del período 2005 a 2010 el valor del indicador fue de 30 ppb, a partir de 2011 se redujo a 25 ppb.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



**Gráfica 24. Evaluación del número de excedencias al indicador de 8 horas.** Este nuevo indicador establece una concentración de 200 ppb y no debe ser excedido más de dos veces durante el año.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Celaya

La ciudad de Celaya cuenta con información escasa en la mayoría de las estaciones de monitoreo, la evaluación del cumplimiento de la norma solo se puede aplicar en algunos años

para las estaciones San Juanico y Policía. Los datos disponibles indican que la ciudad se encuentra en cumplimiento de la norma en todos sus indicadores.

**Tabla 28. Número de excedencias al valor de 24 horas de la NOM-022-SSA1-1993 en Celaya.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	--	0
San Juanico	SJ	--	--	0	0	0	--	0

**Tabla 29. Concentración promedio anual en Celaya. El valor de la NOM-022-SSA1-1993 es de 30 ppb hasta 2010, a partir de 2011 se redujo a 25 ppb.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	--	13
San Juanico	SJ	--	--	10	9	10	--	8

**Tabla 30. Número de excedencias al valor de 8 horas de la NOM-022-SSA1-1993 en Celaya.**  
Sólo se aplica para 2011 cuando entró en vigencia la última revisión.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2011
Policía	POL	0
San Juanico	SJ	0

**Tabla 31. Estado del cumplimiento de la NOM-022-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Celaya.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	--	SI
San Juanico	SJ	--	--	SI	SI	SI	--	SI
Ciudad de CELAYA		--	--	SI	SI	SI	--	SI

## Irapuato

La ciudad de Irapuato cuenta con información consistente para las estaciones Bomberos y Teóduła en los años 2007 a 2011. La estación Secundaria solo cuenta con información para 2009. A pesar de esto los datos son suficientes para

evaluar el estado del cumplimiento de la norma en los últimos años en la ciudad. Los datos del monitoreo revelan que la ciudad se encuentra en cumplimiento de los estándares recomendados por la norma antes y después de su revisión.

**Tabla 32. Número de excedencias al valor de 24 horas de la NOM-022-SSA1-1993 en Irapuato.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	0	0	0	0	0
Secundaria	SEC	--	--	--	--	0	--	--
Teóduła	TEOD	--	--	0	0	0	0	0

**Tabla 33. Concentración promedio anual en Irapuato. El valor de la NOM-022-SSA1-1993 es de 30 ppb hasta 2010, a partir de 2011 se redujo a 25 ppb.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	14	12	14	11	16
Secundaria	SEC	--	--	--	--	11	--	--
Teóduła	TEOD	--	--	15	18	13	12	13

**Tabla 34. Número de excedencias al valor de 8 horas de la NOM-022-SSA1-1993 en Irapuato. Solo se aplica para 2011 cuando entró en vigencia la última revisión.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2011
Bomberos	BOMB	0
Secundaria	SEC	--
Teóduła	TEOD	0

**Tabla 35. Estado del cumplimiento de la NOM-022-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Irapuato.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	SI	SI	SI	SI	SI
Secundaria	SEC	--	--	--	--	SI	--	--
Teóduła	TEOD	--	--	SI	SI	SI	SI	SI
Ciudad de IRAPUATO		--	--	SI	SI	SI	SI	SI

## Salamanca

Históricamente la ciudad de Salamanca es la ciudad que sufre con mayor severidad el impacto de las emisiones de la Refinería Ing. Antonio M. Amor y de la Termoeléctrica de Salamanca, las cuales contienen concentraciones importantes de varios contaminantes, entre ellos de bióxido de azufre. En el pasado los niveles de bióxido de azufre en el aire ambiente superaban considerablemente las recomendaciones de la normatividad nacional e internacional. Sin embargo, gracias a las acciones establecidas en el Proaire 2007-2012 en donde resaltan las emprendidas por Petróleos Mexicanos, se ha logrado reducir significativamente los niveles de emisión y por lo tanto la concentración de los contaminantes en el área urbana, con un beneficio directo en la salud de la población.

Hasta 2008 los valores de bióxido de azufre superaban los valores de la NOM-022-SSA1-1993, pero a partir de 2009 las concentraciones en el aire ambiente disminuyeron drásticamente hasta lograr el cumplimiento de la norma. Esta situación se ha mantenido hasta 2011. La estación más afectada es Cruz Roja, la cual se encuentra al oeste de la refinería a menos de 1.6 km y con las direcciones de vientos predominantes a la ubicación de la estación. Es importante destacar que las estaciones DIF y Nativitas no reportan excedencias significativas a la norma, a pesar de encontrarse a una distancia relativamente cercana a la refinería, 1.9 km y 3.5 km, respectivamente.

**Tabla 36. Número de excedencias al valor de 24 horas de la NOM-022-SSA1-1993 en Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	32	33	7	2	0	0	0
DIF	DIF	0	0	0	0	0	0	0
Nativitas	NAT	--	1	0	0	0	0	--

Tabla 37. Concentración promedio anual en Salamanca. El valor de la NOM-022-SSA1-1993 es de 30 ppb hasta 2010, a partir de 2011 se redujo a 25 ppb.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	60	67	49	25	18	20	25
DIF	DIF	26	24	16	10	9	11	14
Nativitas	NAT	--	34	18	14	10	24	--

Tabla 38. Número de excedencias al valor de 8 horas de la NOM-022-SSA1-1993 en Salamanca. Sólo se aplica para 2011 cuando entró en vigencia la última revisión.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2011
Cruz Roja	CR	0
DIF	DIF	0
Nativitas	NAT	--

Tabla 39. Estado del cumplimiento de la NOM-022-SSA1-1993 por estación de monitoreo y para la ciudad de Irapuato.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
DIF	DIF	SI						
Nativitas	NAT	--	NO	SI	SI	SI	SI	--
Ciudad de SALAMANCA		NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI

## Bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

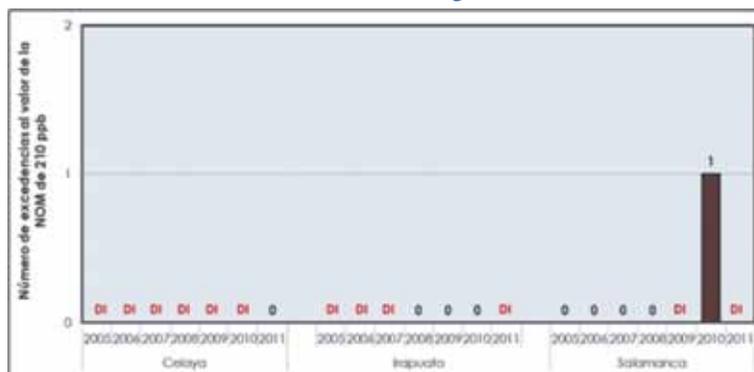
El bióxido de nitrógeno está asociado a procesos de combustión a altas temperaturas y a la actividad química en la atmósfera. En ambientes urbanos se ha observado que la fuente más importante de este contaminante es de tipo secundario, es decir se forma a partir de la reacción del óxido nítrico producido por automóviles y procesos industriales de combustión, en presencia de sustancias oxidantes como el ozono, y los radicales oxhidrilo y peroxilo. Además de los efectos a la salud, el bióxido de nitrógeno es la fuente más

importante para la formación del ozono troposférico, vía fotólisis.

La NOM-023-SSA1-1993 establece un valor máximo de 0.210 ppm (210 ppb) para el promedio horario el cual no debe ser excedido más de una vez al año. Al igual que para otros contaminantes se requiere de al menos el 75% de datos válidos para evaluar el cumplimiento de la norma.

Gráfica 25. Número de excedencias al valor de 210 ppb para el promedio horario de Bióxido de nitrógeno.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca no presentan un problema asociado con la contaminación por bióxido de nitrógeno, esto debido a las condiciones de ventilación y el bajo número de fuentes de este contaminante.

## Celaya

En la ciudad de Celaya solo se cuenta con suficiencia en los datos de la estación San Juanico en 2008, en 2011 se cuenta con información válida en los tres sitios de monitoreo.

De acuerdo con los datos del monitoreo de la calidad del aire en la ciudades no existe un problema de contaminación por bióxido de nitrógeno.

En ninguno de los casos el valor de la concentración máxima excede la concentración de 210 ppb.

**Tabla 40. Concentración máxima de bióxido de nitrógeno en Celaya.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	--	67
San Juanico	SJ	--	--	--	72	--	--	80
Tecnológico	TEC	--	--	--	--	--	--	67

## Irapuato

En Irapuato la estación Bomberos cuenta con la información suficiente para los años 2008 a 2011, mientras que en la estación Secundaria solo se cuenta con datos para

el año 2010. En ninguno de estos casos el valor del promedio máximo excedió el valor de 210 ppb de la norma.

**Tabla 41. Concentración máxima de bióxido de nitrógeno en Irapuato.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	--	116	106	64	116
Secundaria	SEC	--	--	--	--	--	69	--
Teódula	TEOD	--	--	--	--	--	--	--

## Salamanca

En Salamanca se cuenta con información consistente para evaluar los años de 2005 a 2008 y 2010. En 2010 se registró un valor máximo de 211 en la estación Cruz Roja, este valor es superior a la concentración de la norma de 210, sin embargo,

debido a que la norma permite que se exceda este valor hasta una vez al año no se considera como un incumplimiento de la norma.

**Tabla 42. Concentración máxima de bióxido de nitrógeno en Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	160	--	--	209	--	211	--
DIF	DIF	--	--	--	68	--	--	--
Nativitas	NAT	--	67	62	--	--	--	--

## Monóxido de carbono (CO)

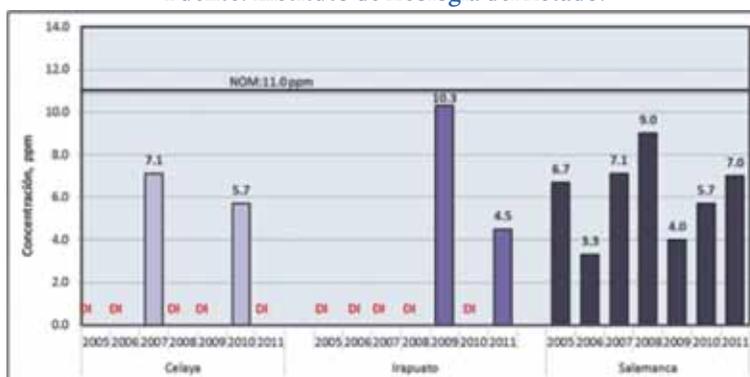
En los ambientes urbanos la principal fuente de emisión de monóxido de carbono son las emisiones provenientes de los vehículos, sin embargo, la industria puede tener una contribución importante cuando sus procesos de combustión son de baja eficiencia. En el caso de las ciudades de Guanajuato la quema de esquilmos puede tener una importante contribución en la concentración en el aire ambiente de este contaminante.

Debido a que los efectos a la salud están asociados a la exposición prolongada al contaminante la NOM-021-SSA1-1993 establece un valor de 11 ppm para el promedio móvil de 8 horas, una concentración mayor puede provocar

síntomas en los individuos expuestos. La norma se evaluó en aquellos años en los que se contaba con 75% o más de datos válidos.

A diferencia del resto de los contaminantes, en las ciudades de Celaya e Irapuato la cantidad de datos no permite evaluar el cumplimiento de la NOM-021-SSA1-1993 en varios años. En el caso de Salamanca existe información suficiente para evaluar todo el periodo. Los niveles del contaminante se encuentran dentro de norma desde 2005. En el caso de Celaya e Irapuato la escasa información indica que los niveles del contaminante se encuentran dentro de norma en los años en los que existe suficiencia de información.

**Gráfica 26** Valor para el indicador de 8 horas para monóxido de carbono, la línea horizontal indica el valor de la NOM-021-SSA1-1993.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Celaya

En la ciudad de Celaya, la cantidad de datos obtenidos en la estación San Juanico permitieron la evaluación de la norma en los años de 2007 y 2010. En el resto de los años

la información fue insuficiente. Los resultados indican que en estos años las concentraciones del contaminante fueron menores a lo requerido por la norma.

**Tabla 43** Valor de la concentración promedio máximo de 8 horas en Celaya.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	--	--
San Juanico	SJ	--	--	7.1	--	--	5.7	--

## Irapuato

En la ciudad de Irapuato no es posible evaluar el progreso en el cumplimiento de las normas antes de 2008. Los resultados del monitoreo en las estaciones de la ciudad

indica que desde 2008 los niveles de monóxido de carbono se encuentran dentro de las recomendaciones de la norma.

Tabla 44. Valor de la concentración promedio máximo de 8 horas en Irapuato.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	--	--	--	4.5	--
Secundaria	SEC	--	--	--	10.3	--	3.0	10.3
Teódula	TEOD	--	--	--	--	4.2	--	--

## Salamanca

El monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Salamanca es relativamente consistente desde 2005. Los resultados en todas las estaciones se encuentran dentro de las

recomendaciones de la norma. Durante el periodo evaluado la estación Cruz Roja reporta las concentraciones más altas de la ciudad.

Tabla 45 Valor de la concentración promedio máximo de 8 horas en Salamanca.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	6.7	--	7.1	9.0	--	5.7	5.5
DIF	DIF	--	--	7.1	5.0	4.0	4.9	5.8
Nativitas	NAT	--	3.3	3.5	--	--	--	7.0

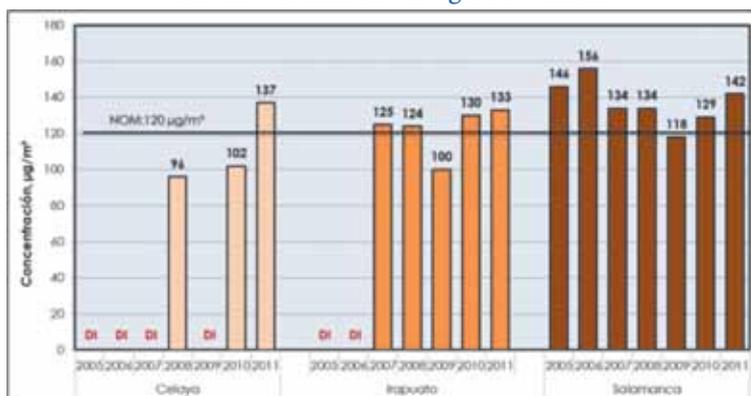
## Partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>)

Las partículas pueden tener una gran variedad de orígenes, sin embargo, en ambientes urbanos son emitidas principalmente por la resuspensión del polvo del suelo y las emisiones vehiculares. Por otra parte, las ciudades consideradas en este reporte se encuentran rodeadas aún por importantes extensiones de suelo agrícola, por lo que se encuentran expuestas a otras fuentes como el polvo levantado durante las tolvaneras y el humo provocado por la quema de esquilmos. Una fracción importante de las partículas puede ser transportada grandes distancias por acción del viento, con un impacto significativo en zonas alejadas de las fuentes originales de emisión. Algunas partículas pueden ser de origen secundario por la oxidación de algunos gases como el bióxido

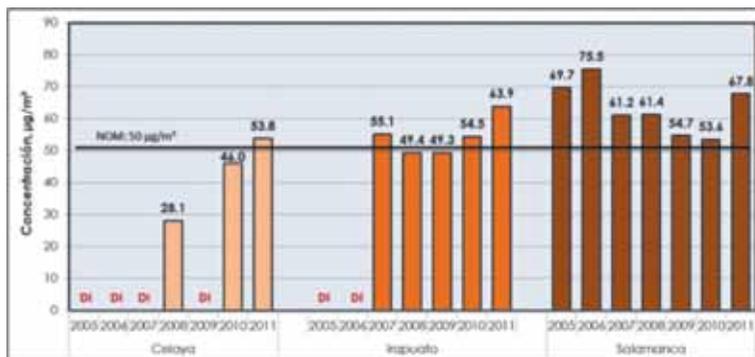
de azufre y los óxidos de nitrógeno, o por la formación de aerosoles orgánicos.

La NOM-025-SSA1-1993 establece los límites permisibles para partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y las partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>). Para cada fracción establece diferentes indicadores, en el caso de PM<sub>10</sub> tiene dos indicadores: un promedio anual de 50 µg/m<sup>3</sup>, y el percentil 98 con un valor de 120 µg/m<sup>3</sup>. Se considera que una región o ciudad se encuentra en cumplimiento cuando ambos indicadores son menores a las especificaciones de la norma.

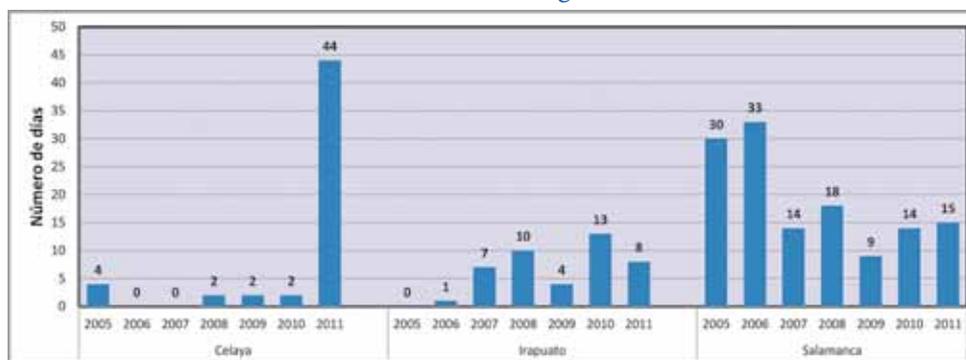
Gráfica 27. Valor del percentil 98 para PM<sub>10</sub>.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 28. Concentración promedio anual de PM<sub>10</sub>.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 29. Días en que se rebasó el valor indicado en la norma de PM<sub>10</sub>.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



En las ciudades evaluadas solo se realiza el monitoreo de PM<sub>10</sub>, por lo tanto solo se analizaron los datos para este contaminante. La ciudad de Salamanca es la que reporta las mayores concentraciones y durante el periodo evaluado excede todos los años las recomendaciones para PM<sub>10</sub> de

la norma. Irapuato cuenta con información para 2007-2011, durante este periodo las concentraciones reportadas en 2009 fueron las únicas en las que no se excedió el valor de la norma. En Celaya solamente se contó con información para 2008, 2010 y 2011, y en este periodo solo en 2011 se superó la norma.

## Celaya

En Celaya solo dos estaciones de monitoreo realizaron la medición de PM<sub>10</sub>, la estación de Policía y la de San Juanico, la estación Tecnológico solo tiene información en 2011 pero cuenta con menos del 75% de datos. En la estación Policía

solo se cuenta con suficiencia en los datos para 2010 y 2011, y en San Juanico solo para 2008. De acuerdo con los datos solamente en la estación Policía se excedió la recomendación de la norma en ambos indicadores en 2011.

Tabla 46. Valor del percentil 98 para el promedio de 24 horas en Celaya.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	102	137
San Juanico	SJ	--	--	--	96	--	--	--
Tecnológico	TEC	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 47. Promedio anual de PM<sub>10</sub> en Celaya.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	46.0	53.8
San Juanico	SJ	--	--	--	28.1	--	--	--
Tecnológico	TEC	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 48. Estado del cumplimiento de la NOM-025-SSA1-1993 por estación de monitoreo en la ciudad de Celaya.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Policía	POL	--	--	--	--	--	SI	NO
San Juanico	SJ	--	--	--	SI	--	--	--
Tecnológico	TEC	--	--	--	--	--	--	--
Ciudad de CELAYA		--	--	--	SI	--	SI	NO

## Irapuato

En la ciudad de Irapuato la estación Teódula cuenta con información válida para el periodo comprendido entre 2007 y 2011, Bomberos cuenta con datos entre 2008 y 2011, mientras que Secundaria tiene información para el periodo de 2009

a 2011. La estación Teódula es la que registró las mayores concentraciones con respecto al resto de las estaciones de monitoreo.

Tabla 49. Valor del percentil 98 para el promedio de 24 horas en Irapuato.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	--	106	85	91	99
Secundaria	SEC	--	--	--	--	82	126	86
Teódula	TEOD	--	--	125	124	100	130	133

Tabla 50. Promedio anual de PM<sub>10</sub> en Irapuato.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	--	43.6	46.8	42.1	54.0
Secundaria	SEC	--	--	--	--	40.6	47.2	50.8
Teódula	TEOD	--	--	55.1	49.4	49.3	54.5	63.9

Tabla 51. Estado del cumplimiento de la NOM-025-SSA1-1993 por estación de monitoreo en la ciudad de Irapuato.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bomberos	BOMB	--	--	--	SI	SI	SI	NO
Secundaria	SEC	--	--	--	--	SI	NO	NO
Teódula	TEOD	--	--	NO	NO	SI	NO	NO
Ciudad de IRAPUATO		--	--	NO	NO	SI	NO	NO

## Salamanca

La ciudad de Salamanca cuenta con la mayor cantidad de información y presenta más consistencia en los datos. De acuerdo con los resultados la ciudad excede los indicadores de la norma durante el periodo analizado. La estación Nativitas es la que reporta las mayores concentraciones de la ciudad,

tanto para el promedio anual como para el percentil 98 (Tabla 52, 53). Los niveles en DIF son mayores a los reportados en Cruz Roja. Es probable que la estación Nativitas reciba la influencia de emisiones asociadas con la resuspensión de polvo por el viento o los automóviles.

**Tabla 52 Valor del percentil 98 para el promedio de 24 horas en Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	--	156	118	121	93	107	112
DIF	DIF	--	--	134	134	118	119	112
Nativitas	NAT	146	148	111	133	118	129	142

**Tabla 53. Promedio anual de PM<sub>10</sub> en Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	CR	--	74.5	61.2	58.0	51.4	45.8	56.2
DIF	DIF	--	--	58.5	61.4	54.7	53.6	57.9
Nativitas	NAT	69.7	75.5	59.0	60.5	52.9	50.8	67.8

**Tabla 54. Estado del cumplimiento de la NOM-025-SSA1-1993 por estación de monitoreo en la ciudad de Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

ESTACIÓN	REFERENCIA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cruz Roja	BOMB	--	NO	NO	NO	NO	SI	NO
DIF	SEC	--	--	NO	NO	NO	NO	NO
Nativitas	TEOD	NO						
Ciudad de SALAMANCA		NO						

## Comportamiento Temporal de la Calidad del Aire.

El comportamiento durante el día de cualquier contaminante está determinado principalmente por dos factores: los patrones de emisiones de las fuentes y el comportamiento de las variables meteorológicas de superficie. Por ejemplo, aquellos contaminantes asociados con las emisiones vehiculares presentarán un patrón similar al del tránsito vehicular. La distribución del contaminante

permite, entre otras cosas, identificar las horas de mayor riesgo para la salud y la relación entre emisiones y concentraciones.

En esta sección se analiza la distribución diurna, por día de la semana y mensual de cada contaminante en cada una de las ciudades consideradas.

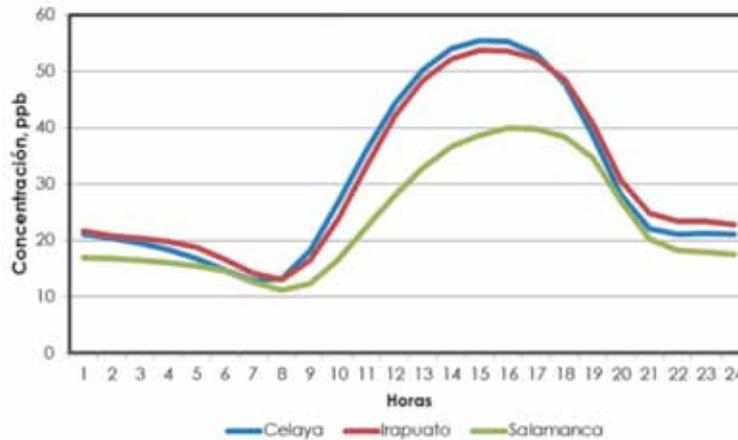
### Distribución Diurna

En áreas urbanas el ozono se forma de las reacciones químicas entre los compuestos orgánicos volátiles y los óxidos de nitrógeno, en presencia de la radiación solar. En

días con estabilidad moderada las máximas concentraciones del contaminante se registran poco después de las horas del día con la mayor intensidad solar.

Gráfica 30. Comportamiento horario de las concentraciones de ozono para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



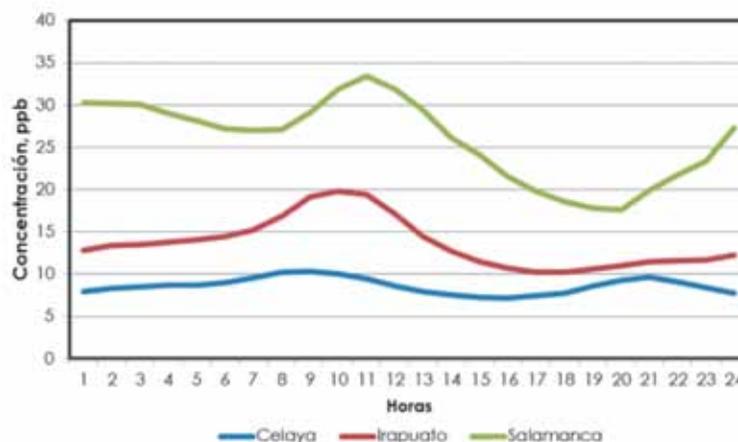
En Celaya e Irapuato la concentración máxima de ozono se registra entre las 13:00 y las 18:00, mientras que en Salamanca el máximo se presenta más tarde entre las 15:00 y las 19:00. Estos perfiles sugieren que en esta última ciudad la titulación del ozono por óxidos de nitrógeno provoca un aumento del ozono más lento durante la mañana y menores concentraciones durante la tarde.

El Bióxido de azufre es emitido principalmente de la quema de combustibles que contienen derivados de azufre. En el caso de Salamanca existen dos fuentes importantes de bióxido de azufre adicionales a los vehículos: la refinería y la termoeléctrica. Los patrones diarios del contaminante presentan a Salamanca con la mayor concentración del contaminante en cualquier hora del día. Celaya registró las

concentraciones más bajas y presenta un perfil muy parecido al del monóxido de carbono con un pico de concentración por la mañana y otro por la tarde. Esto sugiere que la principal fuente de emisión es vehicular. En Irapuato se observa un pico de concentración matutino entre las 9:00 y las 12:00, el pico vespertino es difícil de distinguir. En Salamanca se observa un patrón diario completamente distinto al observado en las otras ciudades, con dos máximos uno matutino y el otro nocturno. El pico matutino se registra entre las 10:00 y las 12:00, mientras que el nocturno, que es menor que el matutino, se registra entre las 23:00 y las 3:00. Este patrón difiere completamente del tránsito vehicular y tiene una fuerte influencia de las fuentes locales, principalmente de la refinería.

Gráfica 31. Comportamiento horario de las concentraciones de Bióxido de azufre para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

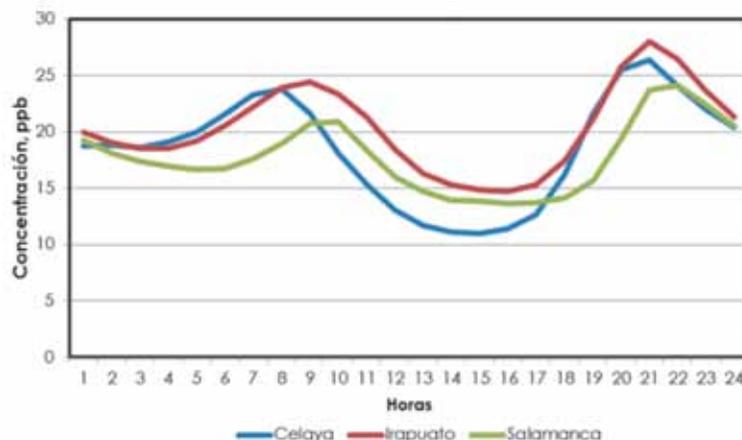


En las tres ciudades analizadas las concentraciones promedio horario de bióxido de nitrógeno son relativamente similares, este contaminante presenta un comportamiento durante el día similar al del monóxido de carbono, lo que

sugiere que su principal fuente de emisión son los vehículos automotores. Este comportamiento es diferente al observado en otras ciudades en donde es el monóxido de nitrógeno (NO) el que más se asocia con el tránsito vehicular.

**Gráfica 32. Comportamiento horario de las concentraciones de Bióxido de nitrógeno para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



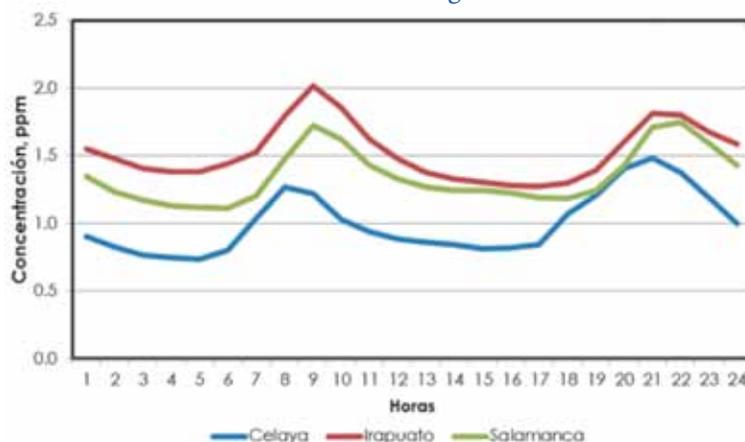
Debido a que el monóxido de carbono es un contaminante que es emitido exclusivamente por los motores de combustión interna en los vehículos, generalmente se utiliza como un indicador del tránsito vehicular. Por esta razón, aquellos contaminantes que presentan un comportamiento similar al de este contaminante se asocian con el tránsito vehicular.

las tres ciudades el patrón diurno muestra dos picos uno matutino, entre las 7:00 y las 11:00 horas, y una vespertino, entre las 18:00 y las 23:00 horas. Destaca el hecho de que en Celaya el incremento en la concentración de monóxido de carbono inicia a partir de las 6:00 horas en la mañana, y después de las 17:00 horas en la tarde, es decir antes que en las otras ciudades. Adicionalmente, el pico vespertino en Celaya es de mayor intensidad que el matutino. Lo anterior sugiere que Celaya tiene un patrón de tránsito distinto al que se observa en Irapuato o Salamanca.

De acuerdo con los datos disponibles el orden de concentración en las ciudades estudiadas, de mayor a menor concentración, sería: Irapuato, Salamanca y Celaya. En

**Gráfica 33. Comportamiento horario de las concentraciones de monóxido de carbono para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

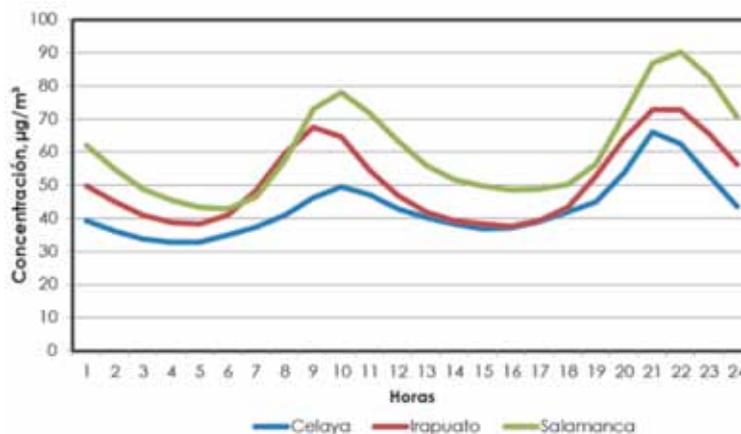


Los patrones diarios de  $PM_{10}$  en las tres ciudades presentan una distribución bimodal, similar a la de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, esta distribución sugiere también que la principal fuente de contaminación es el tránsito vehicular, a través de la emisión directa de partículas

o la resuspensión del polvo del suelo. En el caso de la ciudad de Salamanca, el pico vespertino es de mayor intensidad que el matutino, lo cual sugiere una contribución de las fuentes industriales.

**Gráfica 34 Comportamiento horario de las concentraciones de las partículas menores a 10 micrómetros para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Distribución por día de la semana

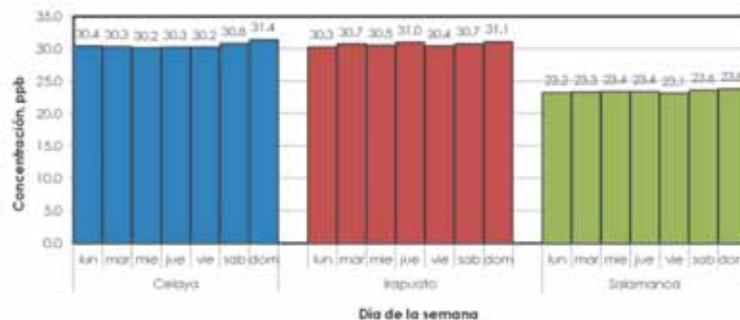
La variabilidad de la concentración de los principales contaminantes del aire por día de la semana permite identificar los patrones entre los días laborales y los días de fin de semana, reflejando los cambios en el comportamiento de las fuentes para cada día. Los contaminantes que son emitidos principalmente por los vehículos exhiben una distribución de las concentraciones que está en función del número de vehículos circulando, la distribución de tecnologías de combustión y el número total de kilómetros recorridos. Por otra parte, el comportamiento de los contaminantes secundarios durante la semana dependerá de la emisión de precursores y la dinámica atmosférica.

En las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca las variaciones diarias en la concentración promedio diario de ozono no son significativas, sin embargo, el día domingo registra una concentración ligeramente mayor que el resto. El incremento en domingo no es tan grande y se necesita mayor información para explicarlo como resultado del “efecto de fin de semana”, pero no se descarta totalmente esta situación ya que ese día se observa una disminución importante de sus precursores. El ozono no es aún un problema grave en términos de calidad del aire, sin embargo es necesario analizar sus patrones estructurales para controlar sus concentraciones antes de que se convierta en un problema de salud pública como ha sucedido en ciudades más grandes.

Gráfica 35. Comportamiento del promedio de las concentraciones del ozono por día de la semana para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca\*.

\*El cálculo se realizó considerando el promedio de todas las estaciones.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



En el caso de Bióxido de azufre, se observa un patrón típico vinculado al tránsito vehicular en las ciudades de Celaya e Irapuato, con máximos en día viernes y mínimos

en domingo. En Salamanca el patrón por día de la semana es diferente y se debe principalmente a la influencia de las grandes fuentes de emisiones industriales de la ciudad.

Gráfica 36. Comportamiento del promedio de las concentraciones del Bióxido de azufre por día de la semana para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

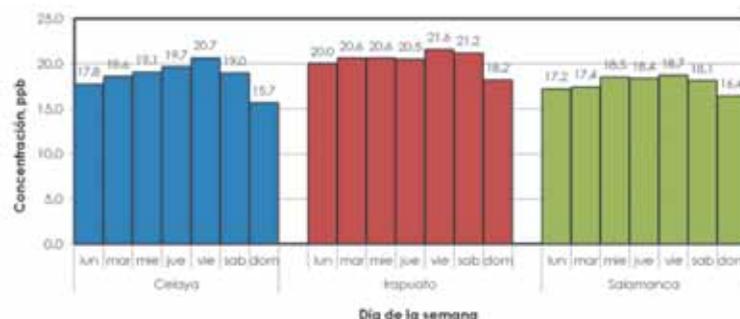


En el caso del Bióxido de nitrógeno el perfil de distribución semanal en Celaya, Irapuato y Salamanca es similar al que se observa en PM10 y corresponde a la actividad de las fuentes móviles durante los días de la semana. El patrón típico es

un incremento gradual de lunes a viernes, con máximo en viernes, seguido de una disminución el fin de semana con un mínimo en domingo.

Gráfica 37. Comportamiento del promedio de las concentraciones del Bióxido de nitrógeno por día de la semana para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

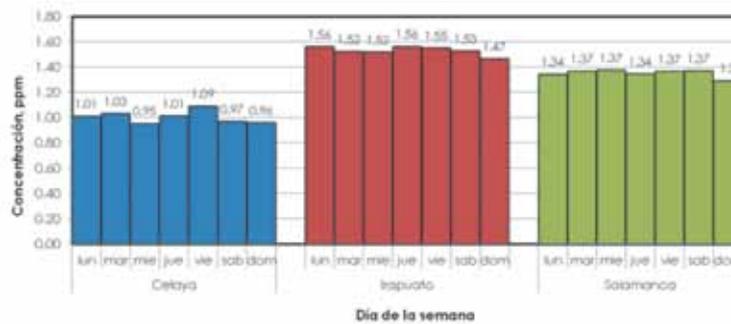


Para el monóxido de carbono, que es emitido mayoritariamente por los vehículos, el análisis por día de la semana presenta resultados atípicos, ya que en ambientes urbanos el patrón más común muestra un incremento gradual

de lunes a viernes, con una disminución importante el fin de semana muy parecido al que se observa en bióxido de nitrógeno y PM<sub>10</sub>, sin embargo, el análisis de los resultados indica una mínima variación entre los diferentes días de la semana.

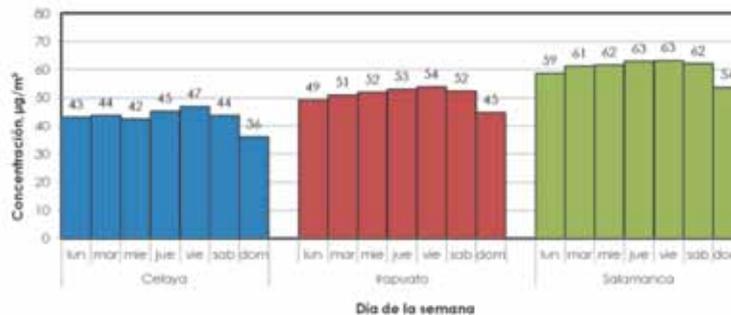
**Gráfica 38. Comportamiento del promedio de las concentraciones del monóxido de carbono por día de la semana para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



**Gráfica 39. Comportamiento del promedio de las concentraciones de las partículas menores a 10 micrómetros día de la semana para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Distribución mensual

A lo largo de un año la concentración promedio mensual de la contaminación varía en función de las variables meteorológicas. Durante la temporada de lluvias el agua remueve gran parte de los contaminantes del aire por depósito húmedo. En el caso de los contaminantes secundarios la disminución de sus precursores reduce la producción de éstos en la atmósfera.

Los meses de marzo a junio son los que registran las mayores concentraciones de ozono, esto provocado por factores meteorológicos de gran escala que propician estabilidad atmosférica y cielos despejados en gran parte del estado de Guanajuato. De acuerdo con los registros

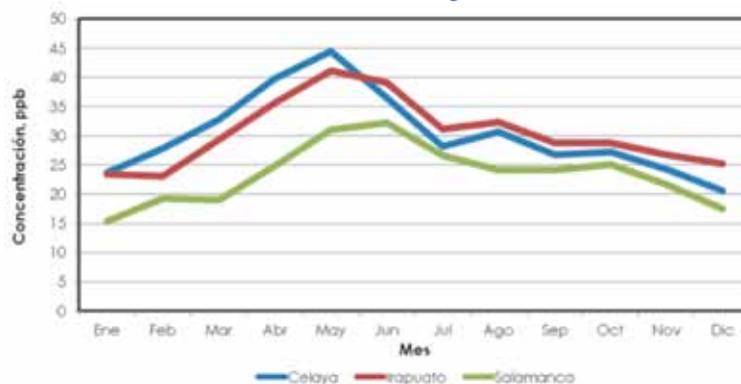
disponibles, las concentraciones de ozono se reducen considerablemente entre agosto y noviembre, con un mínimo en los meses de invierno. Este comportamiento es similar en las tres ciudades.

Para el bióxido de azufre en Celaya e Irapuato, la concentración promedio mensual indica un comportamiento estacional, con un máximo durante los meses de invierno y un mínimo en la temporada de lluvia. El bióxido de azufre reacciona rápidamente con el agua incrementando su acidez, disminuyendo su concentración en el aire ambiente, sin embargo, el impacto de la lluvia ácida puede generar otro tipo de problemas. Además de los daños que puede provocar

en la salud, el bióxido de azufre es un importante precursor de las partículas suspendidas. El máximo impacto del

bióxido de azufre suele presentarse viento abajo de la ciudad, principalmente en la forma de aerosoles.

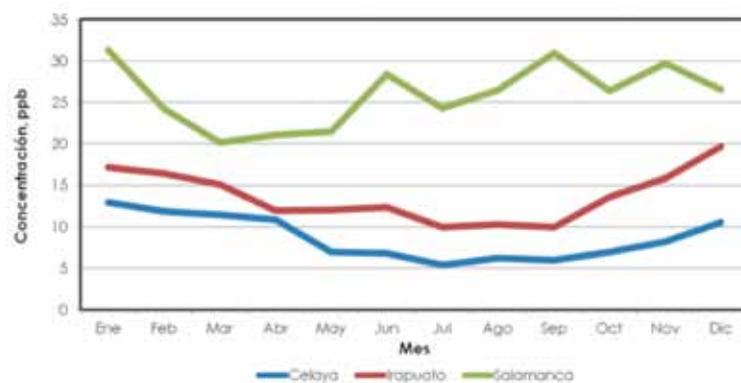
**Gráfica 40. Comportamiento del promedio de las concentraciones mensuales del ozono para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



En el caso particular de Salamanca, en el que se encuentran fuentes importantes del contaminante, el patrón de los promedios mensuales es diferente al del resto de las

ciudades. La importante contribución industrial a lo largo del año provoca poca variación del contaminante, aún durante la temporada de lluvias.

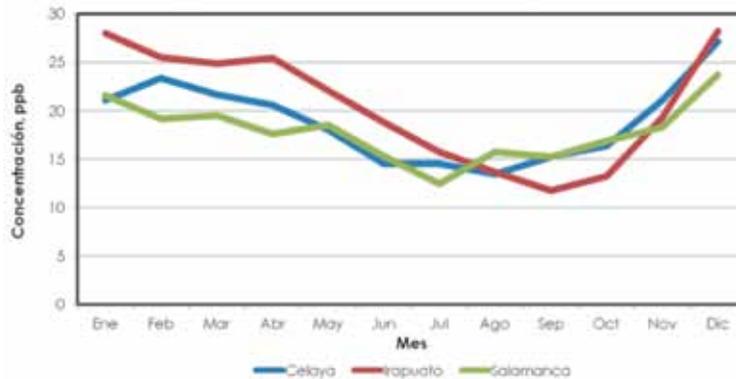
**Gráfica 41. Comportamiento del promedio de las concentraciones mensuales del Bióxido de azufre para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



En los casos del bióxido de nitrógeno y partículas menores a 10 micrómetros (Gráficas 42 y 44 respectivamente), el monóxido de carbono (gráfica 43) presenta los promedios máximos en las tres ciudades, mientras que los meses de la temporada de lluvias registran los valores mínimos. Durante

los meses de invierno el descenso de temperatura provoca estabilidad y la disminución en la altura de la capa de mezcla, esto genera poca dispersión de las emisiones y un menor volumen de dilución.

Gráfica 42 Comportamiento del promedio de las concentraciones mensuales del Bióxido de nitrógeno para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca. Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

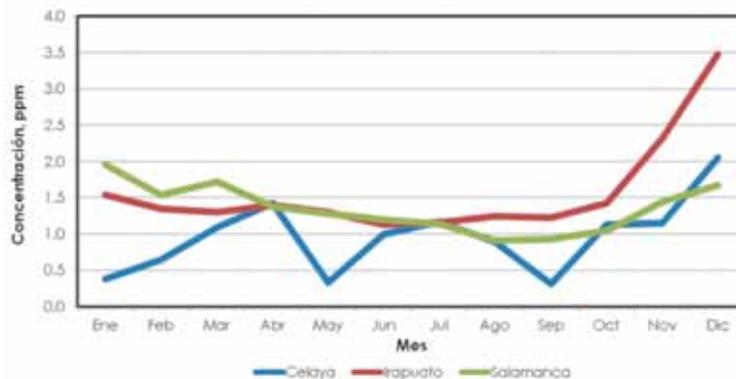


A diferencia del Bióxido de nitrógeno y las  $PM_{10}$ , el monóxido de carbono presenta un comportamiento atípico en las tres ciudades ya que solamente durante los meses de noviembre y diciembre se observa un incremento importante en la concentración promedio. En el caso de Irapuato y Salamanca no se observan variaciones importantes durante el resto de los meses. En Celaya los meses de enero, mayo

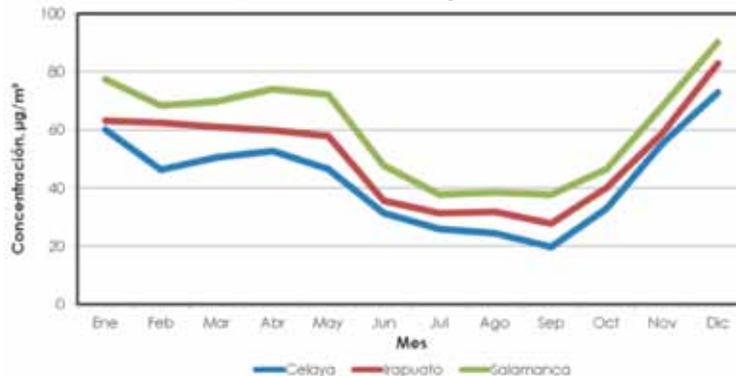
y septiembre presentan disminuciones considerables en la concentración del contaminante y no se identifica una tendencia definida.

Una observación importante derivada del comportamiento temporal de los datos de monóxido de carbono, es la necesidad de revisar los sistemas de monitoreo.

Gráfica 43. Comportamiento del promedio de las concentraciones mensuales del monóxido de carbono para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca. Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 44. Comportamiento del promedio de las concentraciones mensuales de las partículas menores a 10 micrómetros para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca. Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Comportamiento espacial

La extensión de las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca es de 553 km<sup>2</sup>, 774 km<sup>2</sup> y 786 km<sup>2</sup>, respectivamente. La selección apropiada de una estación de monitoreo debe asegurar una cobertura espacial que represente de manera adecuada la calidad del aire a la que se encuentra expuesta la población, disminuyendo la interferencia de fuentes puntuales cercanas; según el caso, una estación puede tener una cobertura espacial que va de un kilómetro a varias decenas de kilómetros. Algunas estaciones pueden estar orientadas a la evaluación del impacto de fuentes específicas, o que su cobertura espacial esté acotada a un área específica, por lo tanto sus mediciones solo podrán ser utilizadas para representar los efectos sobre grupos de población que entran en dichos parámetros. En ciudades relativamente pequeñas se

puede medir una diferencia mínima en las concentraciones, cuando las estaciones han sido seleccionadas adecuadamente y no se encuentran bajo la influencia de fuentes específicas.

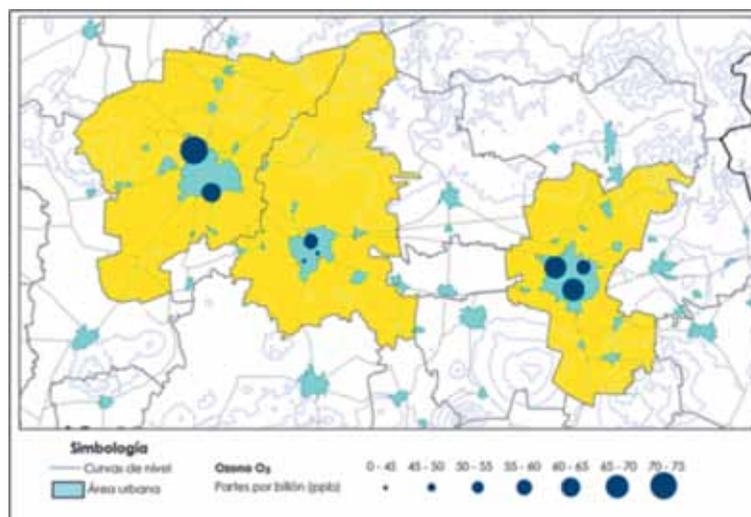
En esta sección se realiza un análisis de la distribución espacial de los contaminantes, utilizando únicamente la información más reciente correspondiente a 2011. Debido al bajo número de estaciones de monitoreo y la falta de consistencia temporal en algunas de ellas no es posible realizar una interpolación adecuada dentro de cada ciudad, por lo que, para representar la distribución espacial se utilizó un indicador para cada estación. El análisis se aplicó solo a aquellos contaminantes que por sus concentraciones pueden representar un riesgo para la salud.

## Ozono

Los principales riesgos asociados al ozono tienen que ver con la exposición crónica o aguda a altas concentraciones del contaminante, por lo cual se utilizó el promedio anual de las concentraciones máximas del contaminante. La Gráfica 45 muestra la región que incluye a las tres ciudades objeto de análisis, Irapuato, Celaya y Salamanca, mismas que pueden

considerarse como partes de una sola cuenca atmosférica.

Los círculos dentro de cada ciudad indican la ubicación de las estaciones de monitoreo y su diámetro es una medida de la concentración del contaminante.



Gráfica 45 Distribución espacial de la concentración promedio de los máximos diarios de ozono durante 2011 en la región que conforman Celaya, Irapuato y Salamanca.

En la ciudad de Celaya la distribución del ozono es relativamente homogénea con una concentración entre 61 y 67 ppb. En Irapuato la zona norte registra una concentración

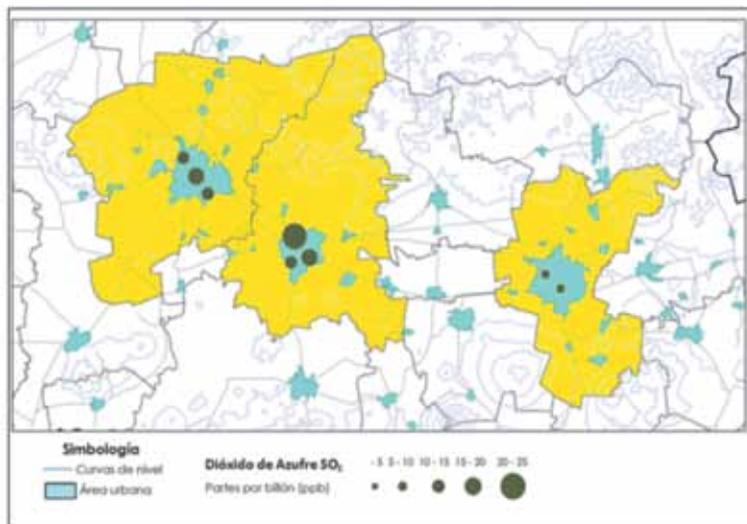
mayor que la zona sur, mientras que en Salamanca el norte de la ciudad reporta concentraciones significativamente mayores que en el resto de la ciudad.

## Bióxido de azufre

Como se comentó anteriormente los patrones de distribución diurna sugieren que en la ciudad de Celaya la principal fuente de bióxido de azufre son los vehículos, si bien seguramente debido al bajo número de vehículos en la ciudad el promedio anual es de aproximadamente 7 ppb

y no existe diferencia significativa en las dos estaciones de monitoreo que muestran suficiencia: San Juanico y Policía. En Irapuato el centro de la ciudad es el que registra las mayores concentraciones del contaminante, esto asociado a las condiciones de tránsito local.

**Gráfica 46 Distribución espacial de la concentración promedio anual de Bióxido de azufre durante 2011 en Celaya, Irapuato y Salamanca.**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



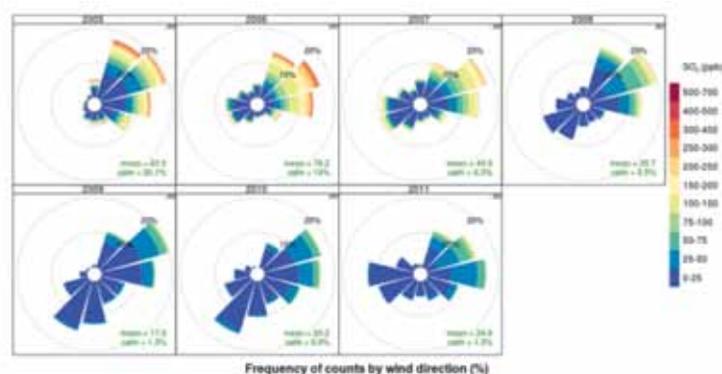
La ciudad de Salamanca es un caso especial y requirió el análisis de los vientos para determinar el impacto de las dos fuentes más importantes de contaminación: la termoelectrica y la refinería. Para cada uno de los sitios de monitoreo se elaboraron rosas de contaminación, las cuales consisten en histogramas circulares que permiten identificar la frecuencia de los eventos y su intensidad en función de la dirección del viento. La dirección predominante generalmente indica la presencia de una o varias fuentes puntuales de contaminación. Aun cuando solo se presentan los resultados para la distribución espacial durante 2011, se elaboraron rosas de contaminación para todos los años en los que se disponía de información para observar patrones consistentes temporalmente.

En el caso de la estación Cruz Roja, las rosas de contaminación indican que, durante los años analizados, la mayoría de los registros y los eventos de mayor intensidad provienen del sector noreste de la estación de monitoreo. La intensidad de los eventos ha disminuido año con año, no así la frecuencia. A partir de 2008 la rosa indica una contribución de bióxido de azufre del sector suroeste, sin embargo, es de menor intensidad que la generada en el sector noreste. La Refinería "Antonio M. Amor" se localiza en el sector noreste y es la principal fuente de generación de bióxido de azufre en la ciudad, no obstante, las emisiones han disminuido considerablemente desde 2005. La rosas de contaminación de la estaciones DIF y Nativitas indican una débil contribución de la refinería en la concentración de bióxido de azufre. En DIF durante 2005 y 2007 la dirección

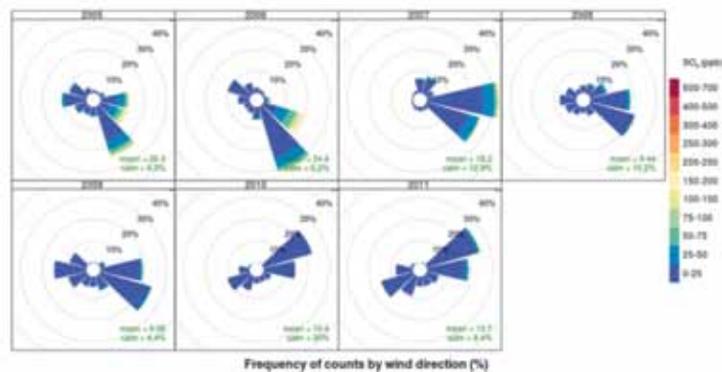
predominante indicaba que la principal fuente de emisión se localizaba al sureste, sin embargo, a partir de 2009 la principal fuente de emisión se localiza al noreste, pero con concentraciones relativamente bajas. En el caso de Nativitas, la principal fuente de bióxido de azufre se localiza al este, con un patrón consistente temporalmente durante el periodo

analizado. La termoeléctrica de Salamanca se ubica al este de la estación y podría ser la fuente más importante de este contaminante, de la cual es importante mencionar que desde 2005 la frecuencia de valores mayores a 200 ppb ha disminuido considerablemente.

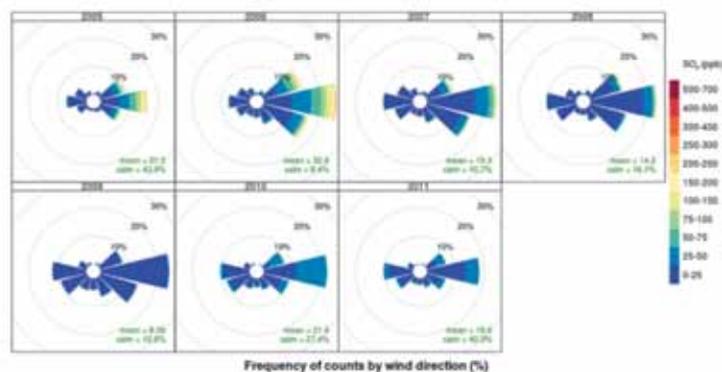
Gráfica 47. Rosas de viento y su relación con la concentración de bióxido de azufre para la estación Cruz Roja.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 48. Rosas de viento y su relación con la concentración de SO2 para la estación DIF.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Gráfica 49. Rosas de viento y su relación con la concentración de SO2 para la estación Nativitas.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Partículas menores a 10 micrómetros

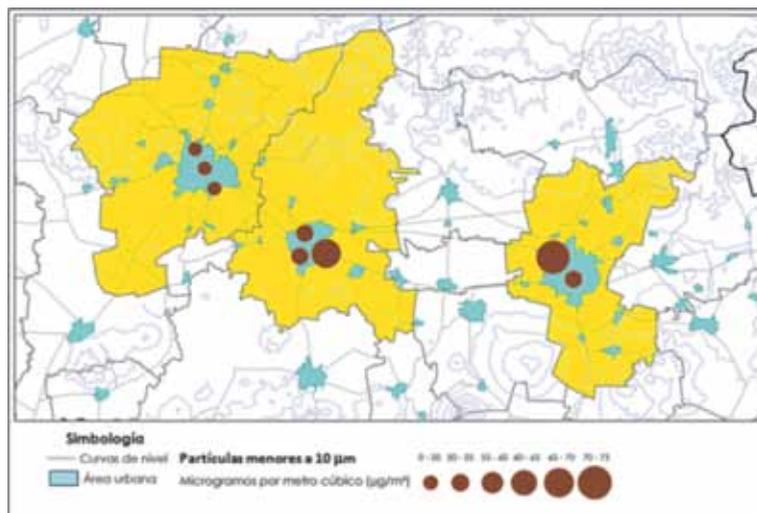
En Celaya la región con las mayores concentraciones de  $PM_{10}$  se localiza al noroeste de la ciudad. Mientras que en Irapuato el contaminante se distribuye de una manera relativamente uniforme. Como se describió anteriormente, tanto en Celaya como en Irapuato la mayor contribución de  $PM_{10}$  proviene de los vehículos.

En el caso de Salamanca se observa también una clara influencia de las fuentes locales en los niveles del contaminante (Gráfica 50). De acuerdo con las rosas de contaminación en la

estación Cruz Roja la mayor contribución a la contaminación proviene del sector noreste, mientras que en Nativitas proviene del sector este, la estación DIF en los últimos dos años presenta la mayor contribución del sector noreste. En el caso de la Cruz Roja al norte de la ciudad se encuentra bajo la influencia de la Refinería “Antonio M. Amor” mientras que la zona en donde se localiza la estación de monitoreo Nativitas se encuentra bajo la influencia local de la termoeléctrica.

**Gráfica 50. Distribución espacial de la concentración promedio anual de partículas menores a 10  $\mu m$  durante 2011 en Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Al igual que para el bióxido de azufre, para el caso de las  $PM_{10}$  se elaboraron rosas de contaminación para los años

que se disponía de suficiencia de información para observar patrones regionales.

## Mapa de rosas de viento de $PM_{10}$ -2008

El escenario observado en 2008 nos muestra que en el caso del municipio de Irapuato los vientos predominantes durante ese año provinieron del Noreste, en donde predominaron concentraciones de  $PM_{10}$  no mayores a  $100 \mu g/m^3$ , por lo que, en este año no se observó un impacto significativo por lo emitido en la región Salamanca - Celaya.

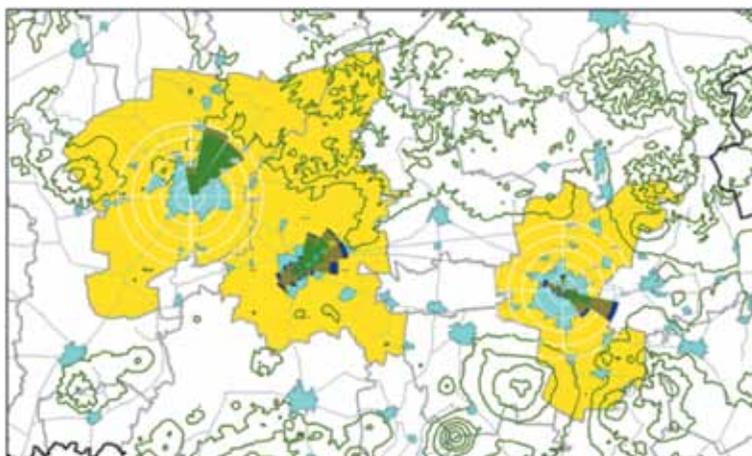
concentraciones de  $50$  a  $100 \mu g/m^3$  del Noreste, así mismo que la más alta frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu g/m^3$  proviene de la misma dirección de vientos.

En el caso de Celaya, se observa que predominaron concentraciones de  $50$  a  $100 \mu g/m^3$  y de  $100$  a  $150 \mu g/m^3$  provenientes del Sureste.

En el caso de Salamanca se observan que predominaron

Gráfica 51. Rosas de viento y su relación con la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  durante 2008 en Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Mapa de rosas de viento de $\text{PM}_{10}$ -2009

El escenario observado en 2009 nos muestra que en el caso del municipio de Irapuato, vientos predominantes del Noreste, con concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  no mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con direcciones de viento desde el Noreste hasta el Suroeste, la cual incorpora la región de Salamanca - Celaya.

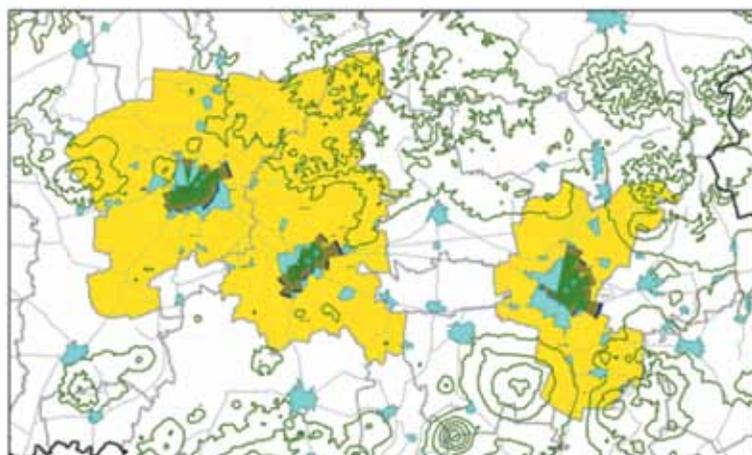
En el caso de Salamanca se observan que predominaron concentraciones de  $50$  a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del Noreste, y al igual que

Irapuato, se observa una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  desde la dirección del Noreste hasta el Suroeste.

En el caso de Celaya, se observan vientos del Nor-noreste con una frecuencia de concentraciones por debajo de los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con la mayor frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del sureste.

Gráfica 52. Rosas de viento y su relación con la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  durante 2009 en Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Mapa de rosas de viento de $PM_{10}$ -2010

El escenario observado en 2010 nos muestra en el caso del municipio de Irapuato vientos predominantes del Noreste, con concentraciones de  $PM_{10}$  no mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, al igual que 2009 se observa una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que se extiende desde las direcciones del Noreste hasta el Suroeste.

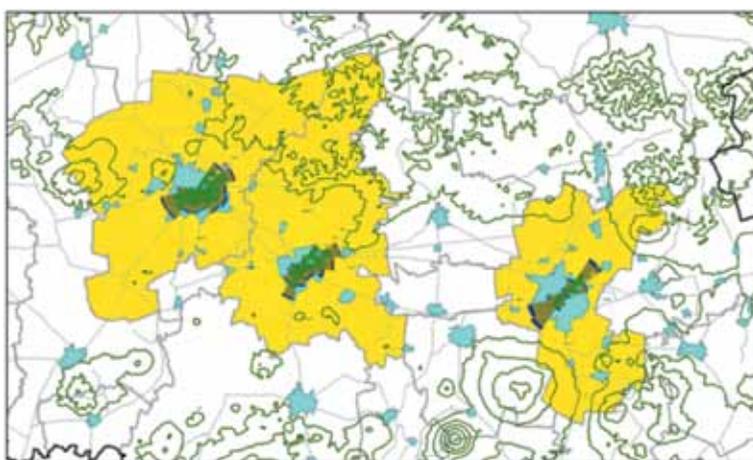
En el caso de Salamanca se observan concentraciones de

$50$  a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del Noreste, y al igual que Irapuato una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  desde las direcciones del Noreste hasta el Suroeste.

En el caso de Celaya, se observa que predominaron vientos del Nor-noreste con concentraciones por debajo de los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y una mayor frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del suroeste.

**Gráfica 53. Rosas de viento y su relación con la concentración de partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  durante 2010 en Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Mapa de rosas de viento de $PM_{10}$ -2011

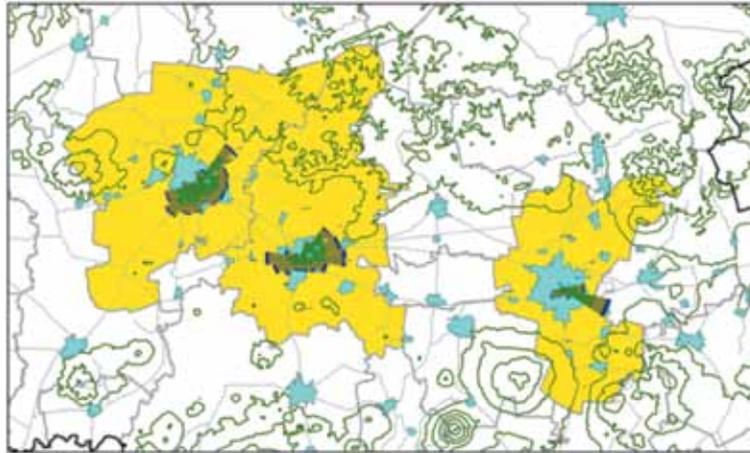
El escenario observado en 2011 nos muestra que en el caso del municipio de Irapuato los vientos predominantes durante ese año se mantienen del Noreste, en donde predominaron concentraciones de  $PM_{10}$  no mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, al igual que años anteriores se observa una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que se extiende desde las direcciones del Noreste hasta el Suroeste.

En el caso de Salamanca se observan que predominaron

concentraciones de  $50$  a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del Este, así mismo, se observa una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que se extiende desde las direcciones del Noreste hasta el Oeste.

En el caso de Celaya, se observan vientos del Sureste con una mayor frecuencia de concentraciones por debajo de los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo se presenta una baja frecuencia de concentraciones de  $100$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de esta misma dirección.”

Gráfica 54. Rosas de viento y su relación con la concentración de partículas menores a 10 µm durante 2011 en Celaya, Irapuato y Salamanca.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

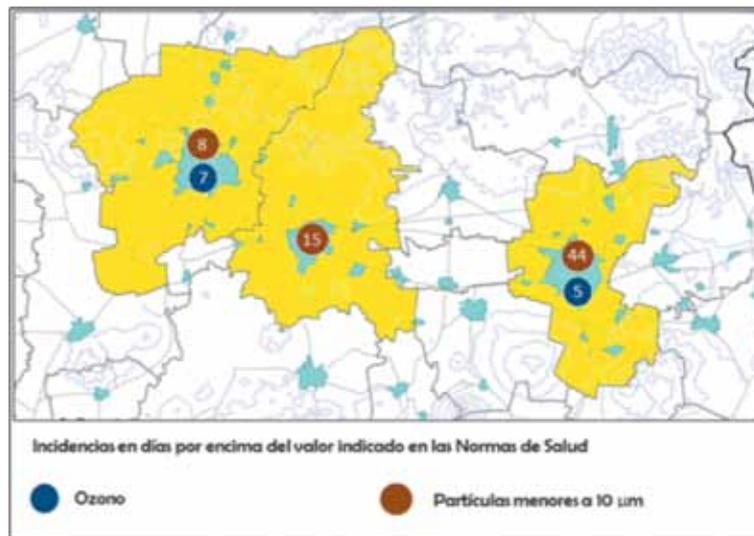


## Incidencias en días por encima del valor indicado en la normas en 2011

En cuanto a las incidencias en el número de días en que se rebasó el valor indicado en la norma en 2011 se observa que el municipio de Celaya presentó más días para el caso de las PM<sub>10</sub>; por otro lado, en el caso del Ozono se presentó

el mayor número de días en el municipio de Irapuato. Cabe señalar que solo el municipio de Salamanca no presentó ninguna por Ozono.

Gráfica 55. Incidencias en días por encima del valor indicado en las normas de Salud en 2011.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Tendencia de los contaminantes en los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca

La variación en la concentración de la contaminación con respecto al tiempo permite observar la tendencia que tiene un contaminante en el aire ambiente. La evaluación de la tendencia generalmente se realiza con periodos relativamente largos de 10 años o más. Las tendencias son un indicador del avance o retroceso de las acciones de gestión emprendidas para mejorar la calidad del aire en una región. Existen diversos indicadores para la evaluación de la tendencia de la contaminación y la selección del indicador depende del aspecto que se desea evaluar. Para los propósitos de esta sección se estimó el índice de la media anual relativa

de la concentración del promedio, el cual se evaluó de manera mensual y se comparó contra un valor base que en este caso fue el promedio anual de 2005. El índice representa el porcentaje de la diferencia con respecto al valor base. Un porcentaje positivo indica un incremento en la concentración de la contaminación con respecto al año base, mientras que un porcentaje negativo indica una disminución con respecto al mismo año. Entre más grande sea el valor, mayor es la desviación. Este método se ha aplicado en la Ciudad de México para evaluar la tendencia de la contaminación atmosférica. En el cálculo se emplearon todos los datos disponibles.

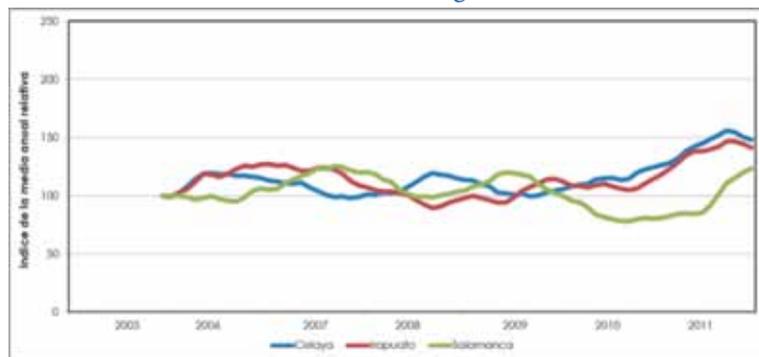
### Ozono

Durante los primeros años de la serie, el ozono no muestra una tendencia en su comportamiento, sin embargo, para los últimos dos años la concentración del contaminante se ha incrementado rápidamente. Durante 2011 la concentración de ozono muestra una clara tendencia de incremento en

las tres ciudades en los últimos años, con la mayor tasa de crecimiento en Celaya. Con respecto a los niveles registrados en 2005 la concentración del contaminante se ha incrementado en 48% en Celaya, 41% en Irapuato y 24% en Salamanca.

Gráfica 56. Tendencia del ozono en el ambiente de las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



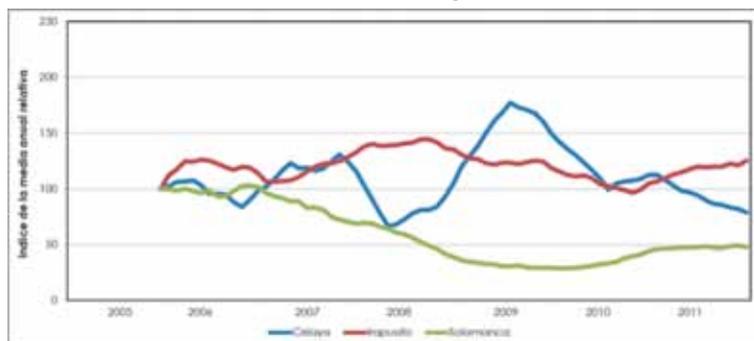
### Bióxido de azufre

El bióxido de azufre presenta una tendencia creciente en Irapuato con respecto a 2005, pues hasta el 2011 el contaminante se ha incrementado en 25%. Sin embargo, este incremento no afecta el cumplimiento de la normatividad en la ciudad. En Celaya no se observa una tendencia clara en el comportamiento del contaminante, sin embargo, el final de la serie de tiempo

indica que se ha logrado una reducción de 21% con respecto a las concentraciones del año de referencia. En Salamanca, en donde el bióxido de azufre ha representado un problema de salud pública, la evolución del índice indica una clara tendencia decreciente del contaminante, con una disminución total de 52% con respecto a los valores de 2005.

Gráfica 57 Tendencia del Bióxido de azufre en el aire ambiente de las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



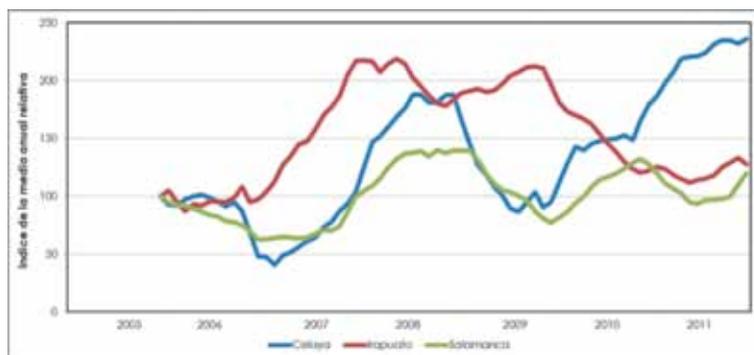
## Bióxido de nitrógeno

En Celaya y Salamanca el bióxido de nitrógeno muestra una tendencia ascendente en el valor del índice, mientras que en Irapuato la tendencia no está claramente definida. Sin embargo, en las tres ciudades se observa un incremento en la concentración del contaminante con respecto a los valores del año base. En Celaya el índice reporta un incremento

de 136%, en Irapuato de 28% y en Salamanca de 20%. En términos de gestión, los óxidos de nitrógeno son uno de los contaminantes de más difícil control y su incremento en la atmósfera es un indicador del desarrollo o crecimiento de las fuentes de combustión en la ciudad.

Gráfica 58. Tendencia del Bióxido de nitrógeno en el aire ambiente de las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



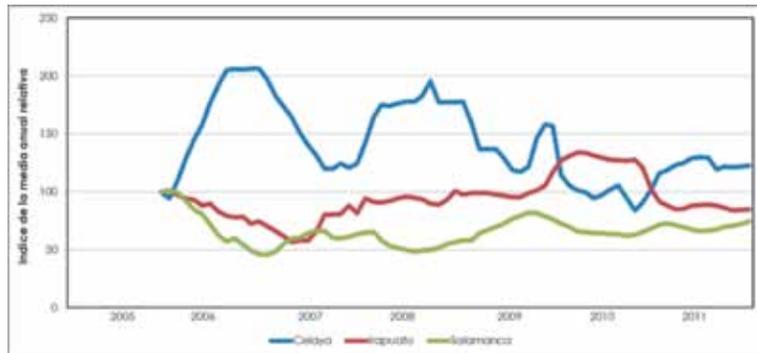
## Monóxido de carbono

Las concentraciones de monóxido de carbono en las tres ciudades no muestran una tendencia definida, con amplias variaciones en el índice. Como ya fue mencionado, la calidad de la información para este contaminante hace difícil su

evaluación. Sin embargo, con los datos disponibles se observa que hasta 2011 en la ciudad de Celaya existe un incremento de 23% con respecto a 2005, en Irapuato una disminución de 15% y en Salamanca de 27%.

Gráfica 59. Tendencia del monóxido de carbono en el aire ambiente de las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



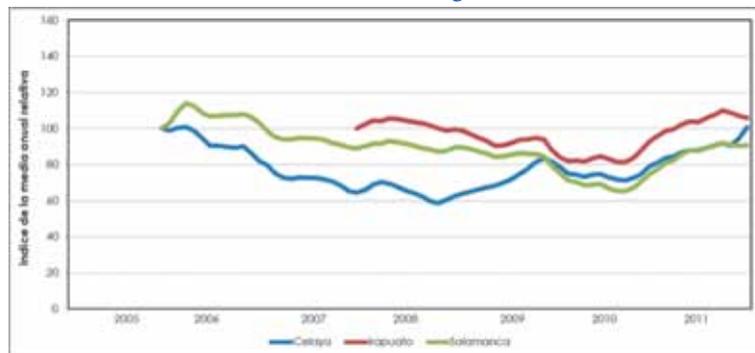
## Partículas menores a 10 micrómetros

Entre 2005 y 2009 el valor del índice presenta una tendencia descendente en las tres ciudades, si bien para 2010 y 2011 esta tendencia se invierte a pesar de esto no existe una variación significativa en el plazo analizado. La variación del

contaminante al finalizar 2011 fue de 1% de incremento en Celaya y de 6% de incremento en Irapuato. En Salamanca se registró un decremento de 9%.

Gráfica 60. Tendencia de las partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  en el ambiente de las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

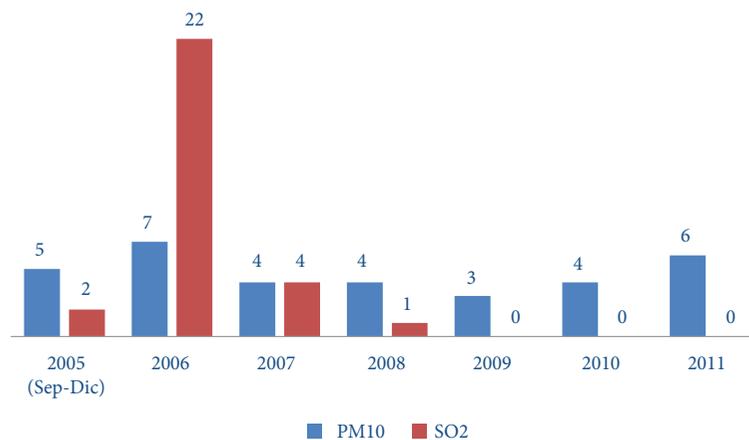


## Histórico de Precontingencias

En cuanto al número de activaciones de Precontingencias en el municipio de Salamanca se observa que a partir de 2009 no se ha registrado ninguna para Bióxido de Azufre,

así mismo se observa una tendencia muy estable para el caso de  $\text{PM}_{10}$ , teniendo el mínimo en 2009 con 3 y el máximo en 2006 con 7 activaciones.

Gráfica 61. Histórico de Precontingencias en el municipio de Salamanca.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



## Conceptualización de la Cuenca Atmosférica en la Región Salamanca, Irapuato y Celaya.

El análisis de información conjunta de monitoreo de calidad del aire, así como la similitud en el comportamiento meteorológico de la región Celaya, Salamanca e Irapuato, obligó a realizar esfuerzos para comprender el comportamiento atmosférico y la interacción entre las fuentes de emisión, siendo necesario incorporar el término de cuenca atmosférica.

El uso de cuencas atmosféricas como unidad espacio-temporal permite una mejor gestión de la calidad del aire. En diversas partes del mundo, el interés de autoridades y sociedad en mantener niveles de contaminación bajos ha llevado a definir los dominios espaciales de administración de medidas de control de emisiones y de monitoreo utilizando regiones definidas bajo consideraciones físicas. Al igual de cómo se trabaja en la hidrología por medio de cuencas, en las cuales el ciclo hidrológico y la administración del agua quedan delimitados por fronteras topográficas, en la gestión de la calidad del aire se definen dominios de acción en donde los factores geofísicos como la orografía y la dinámica de la atmósfera, son tomadas en cuenta, más allá de delimitaciones puramente políticas.

Una cuenca atmosférica es una parte de la atmósfera que se comporta de manera coherente con respecto a la

dispersión de emisiones. Típicamente forma una unidad de gestión o de análisis de la calidad del aire. De acuerdo al reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, una Cuenca Atmosférica es un espacio geográfico, el cual está parcial o totalmente delimitado por elevaciones montañosas u otros atributos naturales, con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la misma, y en ciertos casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas.

En el año 2007 el Instituto Nacional de Ecología a través de la Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional en colaboración con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) realizaron el proyecto “Identificación de Cuencas Atmosféricas en México” (disponible en el sitio web: [www.ine.gob.mx/descargas/calaire/2007\\_inf\\_cuencas.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/calaire/2007_inf_cuencas.pdf)) en el cual se desarrolló una propuesta metodológica para la determinación de cuencas atmosféricas, identificando diferentes cuencas en México, en dicho análisis se incluyó la cuenca atmosférica de Salamanca.

Dentro de la metodología utilizada y como parte medular del análisis, se acopló un modelo de trayectorias de parcelas al modelo meteorológico de Mesoescala MM5, lo que permitió emular la dispersión que ocurre en la atmósfera en base a las condiciones climáticas, y así definir límites geográficos que mostraran la cuenca atmosférica en la región. Dentro de su informe final se presenta la primer aproximación de la cuenca atmosférica en Salamanca, en donde se incluyen los municipios de Irapuato, Celaya, Cortazar y Valle de Santiago entre otros.

Durante ese mismo año el Instituto de Ecología del

Estado de Guanajuato (IEE) en colaboración con el grupo de meteorología tropical del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM y la Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del Instituto Nacional de Ecología realizan el proyecto “Estudio Regional con la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato”, cuyo objetivo principal fue caracterizar la ventilación de la región donde varias fuentes emisoras actúan, midiendo parámetros atmosféricos como estabilidad atmosférica, dirección y magnitud de los vientos y las condiciones de humedad, temperatura y precipitación a través de globos piloto y globos cautivos.

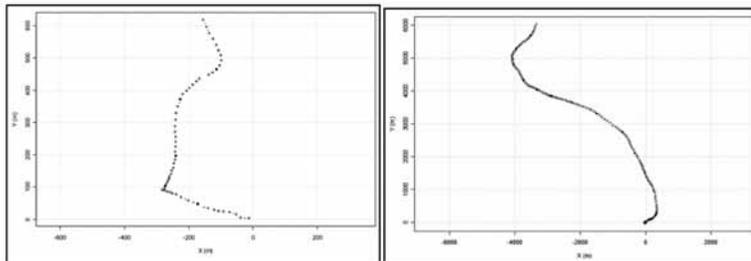


**Figura 1 Campaña de muestreo considerada dentro del Estudio Regional con la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato.**

Fuente.- IEE, 2007.

El estudio considero la integración al modelo atmosférico de mesoescala MM5 la información obtenida en la campaña, con la finalidad de evaluar las circulaciones locales y condiciones (favorable o no) para la dispersión de contaminantes tomando como base los vientos en la capa

límite y condiciones de ventilación simulados por el modelo, así mismo, se complementó con seguimiento de globos que simulan parcelas de aire, para establecer la dirección preferente en que se desplazaban, en una especie de análisis de trayectorias en campo.



**Figura 2 Resultados del análisis de trayectorias IEE 2007, Estudio Regional con la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato.**

Posteriormente en 2009 a fin de dar continuidad a este estudio, el IEE en colaboración con el CCA de la UNAM, comenzaron con la implementación de la metodología de caracterización de cuencas atmosféricas propuesta por el

INE en 2007, que implicó el análisis de trayectorias y de la densidad de parcelas por celda en la región; fortaleciendo la capacidad instalada del IEE mediante la capacitación en el procesamiento de información para su incorporación

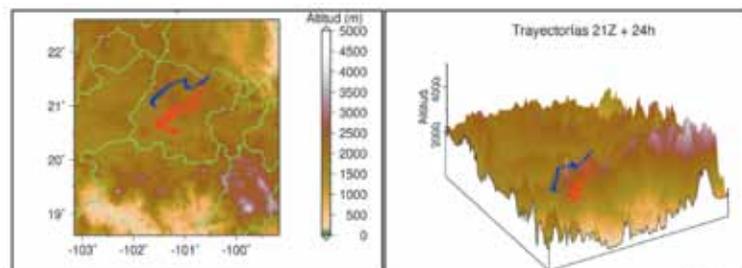
al modelo MM5 y el modelo de trayectoria, para la determinación y variabilidad espacial y temporal de cuencas atmosféricas, en el estado de Guanajuato.

El modelo quedó instalado a finales de 2010 para las

regiones de León y Salamanca, por lo que, a partir de esa fecha se empezó a generar en el IEE información de trayectorias diarias, necesarias para delimitar la cuenca atmosférica en ambas Regiones.

**Figura 3. Resultados del análisis de trayectorias mediante el modelo MM5 y de trayectorias.**

Fuente: IEE-CCA/UNAM – 2009.



La metodología implementada en el IEE considero factores meteorológicos y topográficos, basándose en la dinámica de un flujo tridimensional en la capa límite. La cual inserta factores relacionados con el ciclo diurno y con eventos meteorológicos extremos.

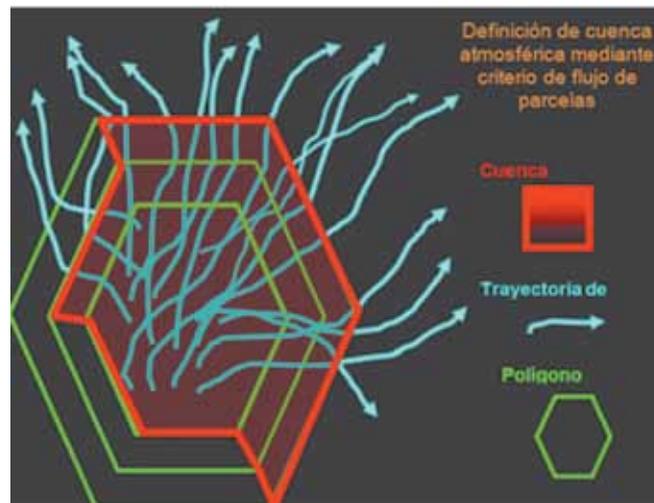
Dado lo anterior, el esquema de definición de cuenca establecido por el IEE contempla:

- El uso de trayectorias hacia adelante (forward) de parcelas atmosféricas cerca de la superficie en zonas urbanas, que cruzan fronteras que se extienden radialmente (viajando en tres dimensiones).
- Que las parcelas “control”, antes de dispersarse, sean arregladas simétricamente en una malla, a distancias de 2-5 km de separación partiendo de un nivel cercano a la superficie, distribuidas en la zona de mayor emisión.
- Que la integración de las trayectorias se haga por 24 horas, tiempo en que se espera viajen una distancia de alrededor de 430 km suponiendo vientos promedio de 5 m/s, y plazo en el que se cumple el ciclo diurno y actividad de la ciudad.

La dispersión entre trayectorias define el grado de concentración de elementos traza después de cierto tiempo y su preferencia a concentrarse en determinadas regiones alrededor de su centro de emisión. El principio básico de la definición de cuencas consiste así, en encontrar las direcciones preferenciales de las trayectorias dentro de los primeros mil metros sobre la superficie (altura promedio de la capa límite atmosférica). La densidad de trayectorias que pasen a través de una frontera, permitirá definir el flujo de parcelas de aire que afectan una región determinada.

Para definir la “frontera” por donde pasa un número de parcelas es posible utilizar polígonos o círculos concéntricos que partan de la región dominio de interés, como puede ser la zona urbana donde se producen las principales emisiones de contaminantes. La cuenca quedará definida por el número de trayectorias que pasen por una cara del polígono después de 24 horas de integración del método. Se puede utilizar un criterio de valor umbral como porcentaje de trayectorias que deben pasar por una cara, para que el dominio de la cuenca se amplíe en esa dirección.

Figura 4. Diagrama esquemático que muestra la densidad de trayectorias pasando por las caras de polígonos concéntricos. Fuente: INE-CCA/UNAM 2007.



La dirección de las trayectorias está en gran medida determinada por las características del flujo en superficie, pero también por las condiciones de estabilidad atmosférica. En una atmósfera poco estable, las parcelas tenderán a elevarse y con ello a salir del nivel de mil metros, con lo que la densidad de parcelas en esa dirección disminuirá, pudiendo incluso hacerlo a niveles por debajo del valor umbral requerido para expandir la cara del polígono.

La trayectoria de una parcela está definida por la curva descrita por la misma parcela a lo largo del tiempo. Para cada parcela de fluido existe una trayectoria correspondiente. La velocidad de una parcela en cualquier instante está dirigida a lo largo de la tangente de la trayectoria. La ecuación que describe la trayectoria es:

$$\frac{Dx}{Dt} = u(t)$$

Donde:  $x$  es el vector de posición en el espacio de la parcela del aire (incógnita). La trayectoria es la curva descrita en el espacio por la variación del vector en posición  $x$ . En la práctica la solución de esta ecuación no es fácil de encontrar por vía de las velocidades observadas, pues éstas son medidas en puntos fijos, es decir, es imposible conocer la velocidad en puntos específicos. En la práctica se recurre a las soluciones aproximadas para la reconstrucción de la trayectoria. El método de cálculo de trayectoria utilizado en este estudio

es el propuesto por Krishnamurti y Bounoua (1996). Los componentes de la ecuación de trayectoria son los siguientes:

$$\frac{Dx}{Dt} = u \quad \frac{Dy}{Dt} = v \quad \frac{Dz}{Dt} = w, (2)$$

son calculados usando los algoritmos:

$$\begin{aligned} Dx &= u Dt + 0.5 * ax Dt * Dt \\ &= 0.5 * (u + (u + ax * Dt) * Dt) \\ &= 0.5 * (u + u) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dy &= v Dt + 0.5 * ay Dt * Dt \\ &= 0.5 * (v + (v + ay * Dt) * Dt) \\ &= 0.5 * (v + v) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dz &= w Dt + 0.5 * ap Dt * Dt \\ &= 0.5 * (w + (w + ap * Dt) * Dt) \\ &= 0.5 * (w + w) \end{aligned}$$

Donde  $ax$ ,  $ay$  y  $ap$  son las aceleraciones a lo largo de

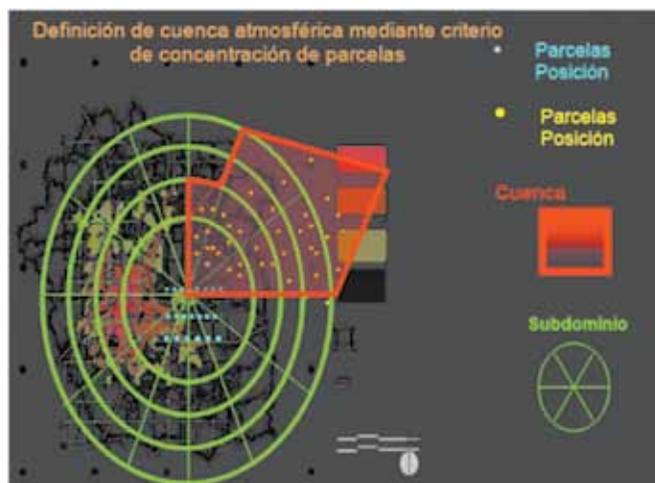
los ejes  $x$ ,  $y$  y respectivamente. Los términos primas  $u'$ ,  $v'$  y  $w'$  representan las velocidades en los puntos finales del segmento de trayectorias. Inicialmente los desplazamientos preliminares (first guess) son calculados sin aceleración. Los componentes de las velocidades en los puntos finales de los desplazamientos ( $u'$ ,  $v'$  y  $w'$ ) son interpolados y usando las ecuaciones 3-5 los desplazamientos son estimados. Los valores de  $u'$ ,  $v'$  y  $w'$  pueden ser mejorados utilizando un procedimiento iterativo. Del punto inicial de la trayectoria, el siguiente punto es obtenido por los desplazamientos de  $D_x$ ,  $D_y$  y  $D_p$  a lo largo de los ejes  $x$ ,  $y$  y  $p$ . Este procedimiento

es adoptado en todo el recorrido por todo el camino de la trayectoria.

Una de las dificultades del método es cómo contar las líneas de trayectoria que atraviesan una de las caras del polígono, y que a su vez expanda hacia afuera, de forma radial, el tamaño de la cuenca en esa dirección. Para facilitar la definición de la estructura de la cuenca desde el punto de vista computacional, se analiza el número de parcelas (puntos) en cada subdominio, a cada paso de tiempo de la integración de la trayectoria hasta alcanzar 24 horas de integración.

**Figura 5: Definición de cuencas a través del número de parcelas por subdominios.**

Fuente: INE-CCA/UNAM 2007.



Los subdominios parten de una división simétrica radial que muestre la dispersión de los volúmenes de aire, cuya densidad queda determinada por los puntos que se ubiquen en esa zona. La integración espacial de los subdominios da como resultado la forma de la cuenca atmosférica y en cada uno de ellos es posible contar la densidad de parcelas, la cual tiene que sobrepasar un umbral para ser considerado parte de la cuenca atmosférica de un centro urbano dado.

El método requiere del campo tridimensional del viento. Dicho campo de viento debe ser el resultado de la asimilación de datos, considerando los factores orográficos, a través de un modelo dinámico de la atmósfera. El uso de reportes de estaciones de superficie es limitado para una dispersión de parcelas y definición de cuencas, pues restringe el flujo a

vientos cerca de la superficie (a 2 metros de elevación), con lo cual se pierde el factor de movimiento vertical. La definición del dominio de parcelas se basa en las regiones urbanas donde son mayores las emisiones de contaminantes, de esta forma, se caracteriza la fuente de mejor forma. Finalmente, al momento de estructurar espacialmente la cuenca, los criterios de selección de subdominios que la definirán puede considerar factores sociopolíticos, como lo son la densidad y la salud de la población o extensión de municipios.

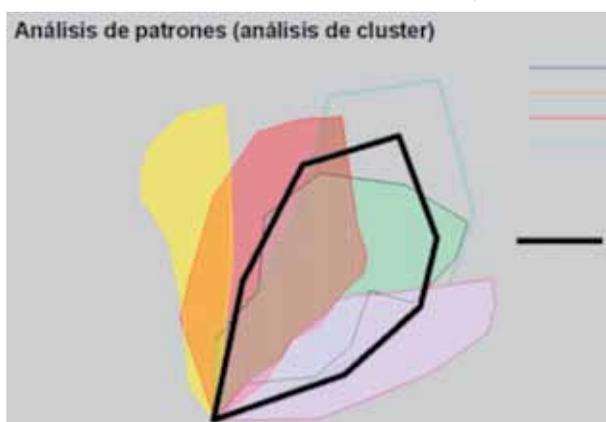
La estructura de la cuenca depende de la condición inicial utilizada para el proceso de integración de la trayectoria. Se pueden definir tantas estructuras como condiciones de circulación atmosférica inicial existan. La definición final de la cuenca corresponderá a un promedio de las estructuras

de cuenca encontradas en cada caso. La forma final puede surgir de un procedimiento de agrupamiento de formas por técnicas de cluster.

Para la implementación del método se requiere de datos de

viento de alta resolución espacial y temporal tridimensionales. Esto implica que no basta con información de estaciones de superficie. Es conveniente definir las zonas urbanas de emisión de contaminantes para que las proyecciones de trayectorias partan de fuentes de contaminación.

**Figura 6: Patrón de cuenca atmosférica, promedio de varias zonas de acumulación de trayectorias con distintas condiciones iniciales.**  
Fuente: INE-CCA/UNAM 2007.



El modelo de integración de trayectorias hacia delante (tridimensional) debe ejecutarse con un número de parcelas representativo de las trayectorias y dispersión. La forma final de la parcela debe considerar criterios de extensión de zonas por administrar, como el porcentaje del flujo atmosférico o contaminante que sale por cada una de las caras, la densidad de población afectada y las fronteras político-administrativas.

Los resultados obtenidos con la implementación de la metodología descrita en líneas anteriores, permitió ampliar el panorama para comprender el comportamiento de los contaminantes y su interacción en la atmósfera identificando la siguiente cuenca atmosférica en la región.

**Figura 7: Cuenca atmosférica, promedio de varias zonas de acumulación de trayectorias IEE 2010 - 2011.**  
Fuente: INE-CCA/UNAM 2007.



Es menester reiterar que para la delimitación de la cuenta de acuerdo a la metodología ya mencionada, fue integrada con la con la información de los datos generados por el modelo MM5 y de trayectorias de finales de 2010 y de 2011, por lo que el límite final es el resultado del promedio de varias zonas de acumulación de trayectorias de este periodo.

El modelo debe continuar enriqueciéndose con información a fin de tener una delimitación de cuenca más precisa y que indudablemente variara dependiendo del comportamiento meteorológico.

## 1.3 Impactos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población

### Consideraciones generales

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población pueden ser muy serios, incluso fatales, y están debidamente documentados en muchos estudios especializados tanto en México como en otros países. En ese sentido y si bien los niveles de contaminantes observados actualmente en las ciudades de Guanajuato no llegan a ser tan graves como los registrados en otras ciudades, la sociedad debe considerar seriamente las medidas propuestas para mejorar la calidad del aire, pues la contaminación suele aumentar con el crecimiento de la población y con el desarrollo económico. Lo anterior implica que las emisiones contaminantes podrían seguir aumentando en todo el Bajío hasta que, en unos años más, lleguen a los niveles que ya tienen algunas zonas metropolitanas del país en donde los daños a la salud son bastante graves.

El incremento de la actividad económica genera un aumento de las emisiones de muchos contaminantes atmosféricos, pero no todos han sido estudiados y no todos tienen el mismo potencial para producir daños sobre la salud humana. Los daños potenciales dependen del tipo de contaminante, de las propiedades físicas y químicas de sus componentes, de la frecuencia y duración de la exposición así como de su concentración, entre otros factores. De manera genérica se establece que la capacidad de un contaminante para producir un efecto en la salud depende fundamentalmente de dos factores: 1) la magnitud de la exposición y 2) la vulnerabilidad de las personas expuestas. La magnitud de la exposición está en función de la concentración del contaminante en la atmósfera, de la duración de la exposición y de su frecuencia. La vulnerabilidad de las personas expuestas puede ser significativamente diferente, pues algunos grupos de población son más sensibles o vulnerables que otros a la contaminación del aire. Esto obedece a factores intrínsecos como la genética, etnia, género y edad, así como a factores adquiridos como las condiciones médicas, acceso a los

servicios de salud y nutrición.

Los síntomas por exposición a la contaminación del aire se manifiestan principalmente en la disminución de la capacidad respiratoria, incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias crónicas y agudas, aumento de ataques de asma e incremento de casos de enfermedades cardiacas. Esto se debe a que los pulmones son el órgano de choque para todos los contaminantes del aire. Cuando las células de las vías aéreas del pulmón se inflaman, se reduce la habilidad del sistema respiratorio para combatir infecciones y eliminar partículas extrañas, lo que aumenta el riesgo en la salud de las personas que padecen, por ejemplo, asma, enfisema pulmonar o bronquitis crónica.

Los efectos en la salud pueden clasificarse en efectos agudos y efectos crónicos, sin la inclusión de cáncer y efectos cancerígenos. La exposición aguda se presenta a concentraciones elevadas de contaminantes en períodos cortos, que logran ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano. Los efectos atribuibles a la exposición aguda varían ampliamente: algunos estudios señalan un incremento en la mortalidad debido a complicaciones respiratorias relacionadas con la exposición a partículas de diámetro pequeño, ozono y sulfatos; otros estudios informan acerca de enfermedades cardiovasculares, lo cual se considera como un efecto indirecto de la contaminación. La exposición aguda también se relaciona con enfermedades de vías respiratorias superiores e inferiores: bronquitis, neumonía y tos, entre otras.

Por otra parte la exposición crónica se da cuando la persona se expone a concentraciones bajas de contaminantes en periodos largos. Esta exposición, a pesar de ser a niveles bajos, puede afectar a las personas con una predisposición genética o con algún problema de salud preexistente. Los efectos a la salud son similares a los mencionados por una exposición

aguda. Existen informes del incremento de la mortalidad en relación con exposición crónica, aunque en la mayoría de los casos se trata de adultos con problemas respiratorios y cardiovasculares degenerativos (Cesar et al., 2001).

Los resultados obtenidos en estudios recientes demuestran que la exposición aguda y crónica a la contaminación del aire se asocia con el incremento de la mortalidad y morbilidad debido a diferentes causas: por problemas cardiovasculares y respiratorios (Samet y Krewski, 2007; Romieu et al., 2008), por su relación con algunos tipos de cáncer, con

efectos reproductivos y con efectos neurológicos (Curtis et al., 2006). Las exposiciones a la contaminación del aire durante el embarazo y durante los períodos tempranos de la vida se han asociado con nacimiento prematuro, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad infantil (Maisonet et al., 2004; Lacasana et al., 2005; Curtis et al., 2006; Wigle et al., 2007; Kampa y Castanas, 2008), así como efectos en la salud de grupos vulnerables como niños asmáticos en la ZMVM (Barraza et al., 2008; Romieu et al., 2008; Hernández et al., 2009; Rojas et al., 2007; Escamilla et al., 2008).

## Acciones realizadas por el sector salud en el estado de Guanajuato

Ante los altos niveles de contaminación del aire que se registraban en la demarcación, particularmente por bióxido de azufre y partículas suspendidas, en el año 2002 las autoridades estatales formaron un Comité para establecer las medidas necesarias para proteger a la población que habita en el Municipio de Salamanca; asimismo, se estableció el “Programa para mejorar la calidad del aire en Salamanca 2003-2006”. Posteriormente, para dar continuidad a las medidas establecidas previamente, se desarrolló el “Programa para el mejoramiento de la calidad del aire de Salamanca 2007-2012”, en el cual, se establecen las acciones específicas para la protección de la población, así como los mecanismos de instrumentación y acciones de inspección y vigilancia.

Para salvaguardar la salud de la población expuesta a altas concentraciones de contaminantes atmosféricos en el aire ambiente, la Secretaría de Salud, a través de la Jurisdicción Sanitaria V de Salamanca, la Dirección General de Protección contra Riesgos Sanitarios y la Dirección General de los Servicios de Salud de Epidemiología en el Municipio de Salamanca, han realizado una serie de acciones y medidas que han contribuido a entender y solucionar la problemática de efectos en la salud de los habitantes de Salamanca, dentro de estas acciones se encuentran:

- a) Fortalecimiento del Sistema de vigilancia en salud pública ambiental por la contaminación atmosférica.
- b) Desarrollo e instrumentación del Sistema de vigilancia epidemiológica, vinculado con los posibles efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud de la población de la ciudad de Salamanca, que incluye entre otras actividades,
  - Brindar atención médica, promoción a la salud y vigilancia, y fomento sanitario.
  - Conducción de estudios sobre exposición a contaminantes atmosféricos, para estimar el riesgo en la salud de los habitantes en Salamanca, relacionado con enfermedades pulmonares y enfermedades respiratorias agudas y crónicas.

A Continuación se presentan los logros más significativos en el período 2000 (2007)-2012:

- Consolidación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica en Salud Pública Ambiental para evaluar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud.

La Secretaría de Salud del Estado a través de la Jurisdicción Sanitaria V es la entidad responsable de mantener la operación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica para resguardar la salud de la población. Cuando se presenta una precontingencia ambiental se activa el Programa de Salud Contingencias Ambientales Atmosféricas, notificando a las diferentes dependencias del Sector Salud (IMSS, ISSSTE,

Hospital Salamanca, Hospital PEMEX Centro Estatal de Cuidados Críticos, CAISES Salamanca, UMAPS Jardines delSol y Lázaro Cárdenas), para que informen del evento a los médicos de consulta externa y de los servicios de urgencia. Durante las 21 precontingencias por PM<sub>10</sub> activadas en el periodo de 2007 al primer semestre de 2012, la Jurisdicción Sanitaria V realizó las siguientes actividades:

**Tabla 55. Relación de Consultas Médicas y Precontingencias en Salamanca.**  
Fuente: Jurisdicción Sanitaria V de la Secretaría de Salud del Estado.

Año	Precontingencias	Consultas totales	Consultas por IRA'S	% de consultas por IRA'S en el total de días con precontingencia
2007	4	4,913	948	19.29
2008	2	4,292	876	20.41
2009	3	1,500	323	21.53
2010	4	3,630	1,680	46.28
2011	6	3,840	1,551	40.39
1 e. Sem 2012	2	712	158	22.19

La Jurisdicción Sanitaria V de la Secretaría de Salud de Guanajuato sigue un protocolo para integrar la información proveniente de unidades medicas denominado Sistema Único de Información de Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) que integra un grupo de herramientas que permiten acelerar los procesos de captura, envío, análisis e interpretación de la información; también sirve para identificar ciertos problemas específicos de salud relacionados al incremento de los niveles de partículas menores a 10 micras, lo cual permite implementar un Sistema de Vigilancia en Salud Pública Ambiental.

El Sistema Único Actualizado de Vigilancia Epidemiológica (SUAVE) es un software que concentra la información semanal de 110 tipos diferentes de diagnósticos, generado por el Sistema Nacional de Salud (SNS), mismo que opera a nivel local, jurisdiccional, estatal y nacional. La información generada por cada unidad de salud ubicada en el municipio de Salamanca es ingresada al sistema para el

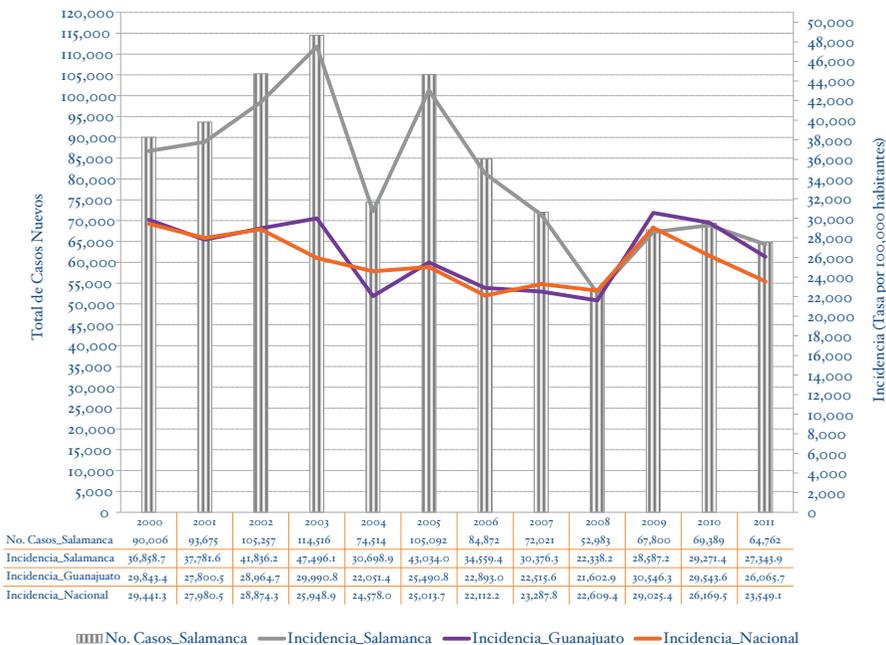
análisis epidemiológico de los padecimientos asociados a contaminantes ambientales como PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> y se generan los canales endémicos del municipio para determinar si las enfermedades monitoreadas se encuentran dentro de los límites esperados.

Del año 2007 al primer semestre de 2012 la Secretaría de Salud de Guanajuato capacitó en la operación y administración del sistema al personal de las 22 unidades de salud que participan en el mismo.

A continuación se muestra el comportamiento histórico (2000-2011) de algunos padecimientos asociados a los efectos de la contaminación del aire presentes en la ciudad de Salamanca, Gto. En el gráfico 1 se puede apreciar una disminución notoria del número de casos por IRAS a partir del 2005, sin embargo, cabe resaltar que salvo en los años 2008 y 2009 la incidencia (tasa por 100,000 habitantes) ha estado por arriba de los valores nacionales y estatales.

**Gráfica 62. Distribución de casos de infecciones respiratorias agudas (IRAS) en el Municipio de Salamanca (Población General). 2000 - 2011.**

Fuente: Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica/DGEPI/SSA (Datos preliminares 2011)

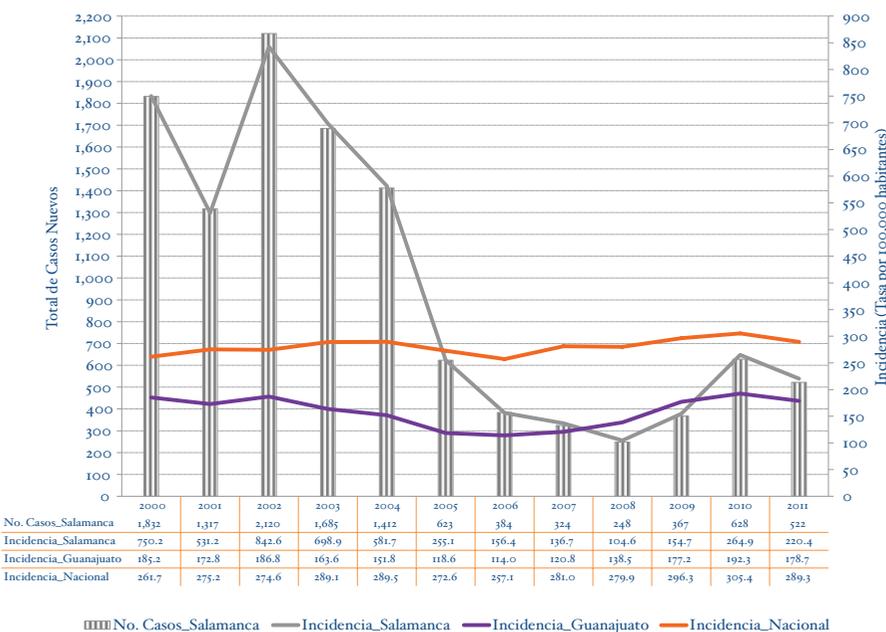


Para el caso específico de asma, desde el 2005 la incidencia ha sido menor que los valores nacionales, no obstante, el

número de casos se ha incrementado en el periodo 2009-2011.

**Gráfica 63. Distribución de casos de asma y estado asmático en el Municipio de Salamanca (Población General). 2000 - 2011**

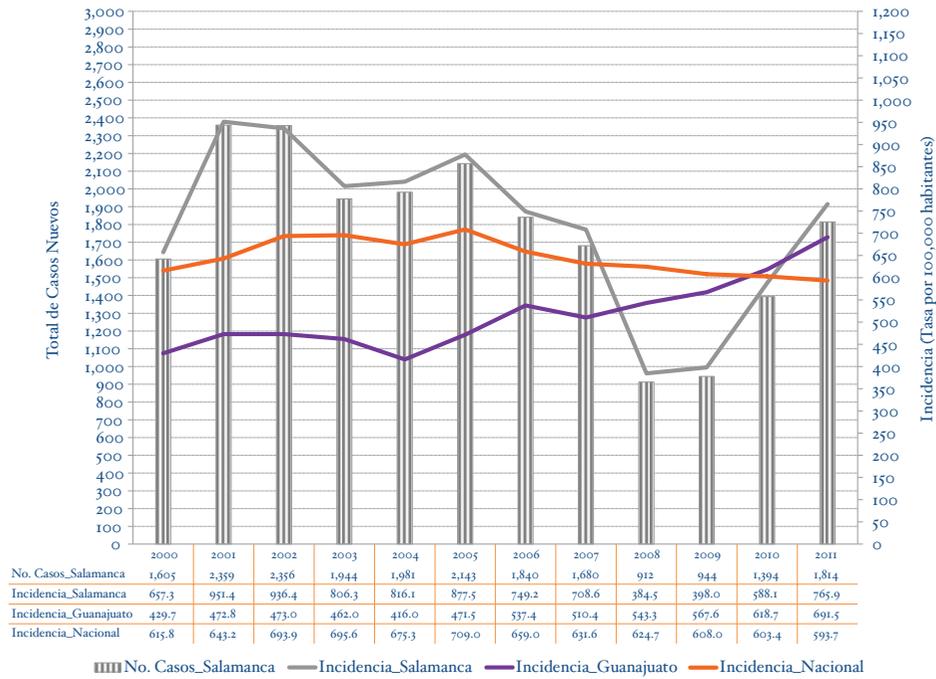
Fuente: Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica/DGEPI/SSA (Datos preliminares 2011)



Otro padecimiento asociado a la exposición a contaminantes atmosféricos corresponde a la otitis media

aguda, cuya distribución de casos presenta un repunte significativo a partir del 2009.

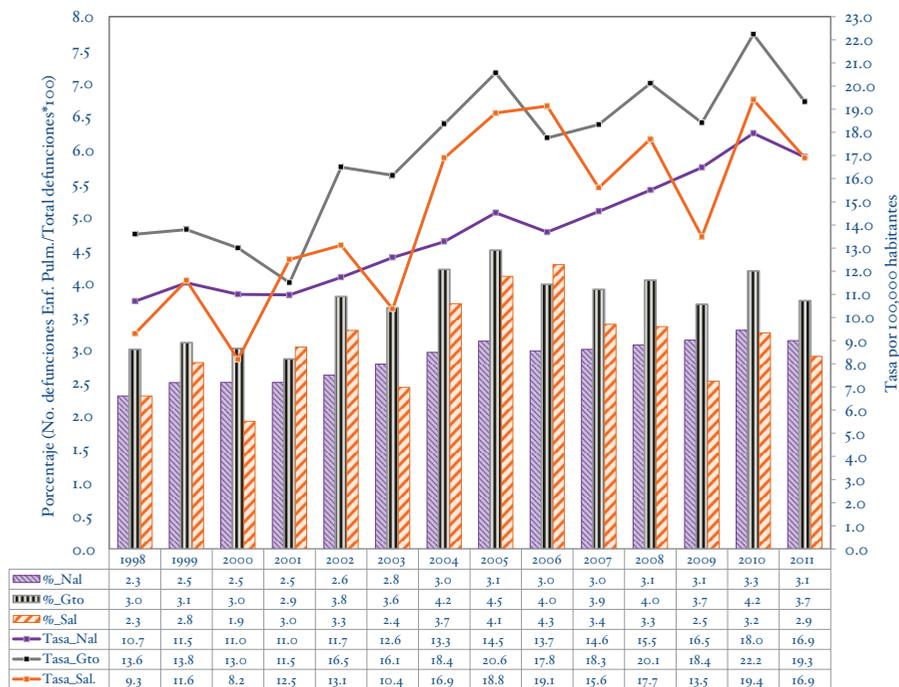
**Gráfica 64. Distribución de casos de otitis media aguda en el Municipio de Salamanca (Población General). 2000 - 2011**  
 Fuente: Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica/DGEPI/SSA (Datos preliminares 2011).



En relación con las estadísticas de mortalidad durante el periodo 1998-2011, el municipio de Salamanca ha presentado un incremento en la tendencia del porcentaje de defunciones

causadas por enfermedades pulmonares obstructivas en comparación con los valores nacionales.

**Gráfica 65. Evolución de tasas y porcentajes de defunciones generales causadas por enfermedad pulmonar obstructiva en el Municipio de Salamanca (1998 - 2011).**  
 Fuente: INEGI. Estadísticas Vitales, 1998 - 2011.



## Programa de Investigación de Salud en Materia de Contaminación Ambiental 2007-2012

Dentro de las actividades que desarrolló la Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato, la investigación es una línea estratégica que juega un papel importante en materia de contaminación ambiental. Ésta es un elemento indispensable en la búsqueda de soluciones a los problemas de salud que aquejan a la población, pues permite explicar las situaciones actuales, identificar nuevos problemas de salud y generar oportunidades de acción. En este sentido, la Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato, desarrolló el Programa de Investigación de Salud en Materia de Contaminación Ambiental 2007-2012. El objetivo de este programa fue contar con información confiable y oportuna sobre los efectos a la salud por la contaminación atmosférica en la ciudad de Salamanca, Guanajuato. Este programa planteó como meta la realización de reuniones ordinarias anuales para la investigación en salud en las que se definieron los siguientes temas de investigación:

- a) Asociación entre la contaminación ambiental y la incidencia de enfermedades pulmonares en grupos de riesgo en Salamanca, con base en la aplicación de espirometrías.

Las muestras obtenidas en las ciudades de Pénjamo y Salamanca son comparables, por lo que los estudios permitieron comparar las situaciones observadas en ambas ciudades. Los estimadores sugieren que la proporción de personas con problemas de obstrucciones es cinco veces mayor en Salamanca que en la ciudad de Pénjamo, si bien las gráficas de verosimilitud perfil sugieren que la proporción de personas con síndrome de restricción o mixtos son similares en ambas ciudades.

- b) Estudio de correlación entre la frecuencia de enfermedades respiratorias y días de precontingencia ambiental.

Los resultados obtenidos concluyen que no se cuenta

con la información suficiente, ni la robustez del estudio para determinar una causalidad entre la frecuencia de enfermedades respiratorias y los días de precontingencia ambiental.

- c) Impacto de las contingencias ambientales sobre la inflamación pulmonar y la resistencia y reactividad de la vía aérea en escolares.

Los resultados obtenidos de este proyecto demostraron que en los pacientes hospitalizados o que asistieron a consulta del servicio de urgencias en las instituciones de salud de Salamanca, no se observa ningún impacto en la prevalencia de asma bronquial en relación con las precontingencias ambientales.

- d) Aductos de PAH-DNA y su asociación a polimorfismos
  - CYP1A1 y GSTP1 en mujeres embarazadas y recién nacidos expuestos a contaminantes atmosféricos en el Estado de Guanajuato.

Los resultados muestran que la población femenina y los recién nacidos evaluados que presentaron el polimorfismo m2 en el gen CYP1A1\*2A y el polimorfismo val del gen GSTP1 corren un riesgo aumentado para desarrollar cáncer si se les compara con lo observado en otras poblaciones, ya que la presencia de la mutación en GSTP1 está fuertemente asociada a los niveles elevados de aductos de PAH-DNA en la población materna y la variante nativa para CYP1A1\*2A está relacionada con niveles elevados de aductos PAH-DNA.

- e) Prevalencia de asma bronquial, rinitis alérgica y dermatitis atópica en niños (International Study in Asma and Alergic in Childhood, encuesta normalizada).

Los resultados obtenidos concluyen que Salamanca obtuvo el porcentaje más alto de prevalencia de asma, de los

5 municipios participantes. Comparado con el mismo tipo de estudio a nivel nacional, este valor es muy similar al del estado de Tabasco y muy superior al de Monterrey. A niveles internacionales la magnitud del problema de asma bronquial es menor.

- f) En lo que se refiere a la promoción y coordinación de grupos interdisciplinarios de investigación relativa a los efectos sobre la salud atribuidos a la contaminación atmosférica, en 2009 se creó la Clínica de Infecciones Respiratorias del Hospital General de Salamanca. Ésta cuenta con un neumólogo, un otorrinolaringólogo, un internista y un pediatra; su finalidad es atender a la población salmantina y mejorar su calidad de vida.

Los análisis realizados desde entonces no permiten demostrar una correlación entre las infecciones respiratorias agudas y los niveles de contaminación presentados durante las contingencias ambientales. En este sentido es importante señalar que los daños en la salud responden a una gran variabilidad y multifactorialidad en cada una de las investigaciones, por lo que en muchas ocasiones las conclusiones suelen plantearse en términos de causas probables y riesgos asociados.

- g) Durante el primer semestre de 2012, la Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato dio continuidad al estudio tipo panel de evaluación de efecto de la contaminación atmosférica en niños de edad escolar por medio de biomarcadores de daño oxidativo, que dio inicio en septiembre del 2010. Dentro del grupo de población vulnerable se identificó que los menores de siete años son los más propensos a padecer asma e infecciones de las vías respiratorias. También se promovió, en coordinación con la Jurisdicción Sanitaria V, la difusión de acciones de educación para la salud antes, durante y después de una precontingencia ambiental por SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>, en el municipio de Salamanca. El proyecto se inició desde marzo de 2008 y concluyó en junio de 2009, beneficiando a una población de 151,889 habitantes; con este proyecto se realizó la capacitación al personal médico sobre enfermedades respiratorias, signos de alarma, el manejo adecuado de los expedientes clínicos, así como las medidas que deberán tomarse antes, durante y después de una precontingencia ambiental. El personal de salud acudió a las escuelas de educación primaria y secundaria, para sensibilizar a los alumnos, maestros y padres de familia en las medidas que deben de tomarse en dichas circunstancias.

## Atención médica, promoción a la salud, vigilancia y fomento sanitario.

Durante las precontingencias activadas de 2007 a 2012 se enviaron de inmediato brigadas a las zonas afectadas, en donde se visitaron casas y se entrevistó a los responsables de familia para darles recomendaciones de no realizar actividades al aire libre y se les orientó sobre el cuidado y manejo interdomiciliario de las IRAS. Se les conminó a evitar la quema de juegos pirotécnicos y a no realizar fogatas, mediante la distribución de carteles informativos y la distribución de trípticos. Se estima que con estas acciones se llevó el material educativo a más de 1000 personas.

**Tabla 56 Relación de Consultas Médicas y Precontingencias en Salamanca.**

Fuente: Jurisdicción Sanitaria V, SSG.

Acciones realizadas del año 2007 al primer semestre de 2012	Cantidad
Pláticas en sala de espera	68
Asistentes	1011
Folletos	6000
Carteles	168
Cerco epidemiológico	22
Visitas domiciliarias	2,522
Población atendida y orientada	21,450
Pláticas en sala de espera	68
Asistentes	1011

# Logros alcanzados en Salamanca en los últimos 12 años y experiencia nacional en mejoramiento de calidad del aire

## 2.1 Avances en la calidad del aire en Salamanca.

Desde 2003 en Salamanca se comenzó con la implementación de acciones para mejorar la calidad del aire a través del Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca 2003-2006, el cual surgió como una necesidad de proteger la salud de los habitantes ante los altos niveles de contaminación del aire que se registraron en la demarcación. En particular el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y las partículas suspendidas.

Gracias al compromiso de la Secretaría de Energía, las paraestatales PEMEX y CFE, además de las dependencias responsables del cuidado al medio ambiente y del sector salud de los tres niveles de gobierno, fue posible comprometer acciones para realizarse a corto, mediano y largo plazo. Estas acciones quedaron plasmadas en el Convenio de Coordinación y Concertación para la Ejecución del Programa para mejorar la Calidad del Aire 2003-2006, firmado el 16 de abril de 2004. Dentro de los principales logros alcanzados con la implementación del Programa 2003-2006 se encuentran:

- Reducción del consumo de combustóleo en un 54% en la Central Termoeléctrica de Salamanca, de 2003 a 2006, y un 75% en la Refinería Ing. Antonio M. Amor, de 2004 a 2006. Esto implicó una reducción en un 57% de los días fuera de norma de SO<sub>2</sub> respecto del año 2003.
- Implementación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas para el Municipio de Salamanca respecto a SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>, logrando la coordinación entre los tres órdenes de gobierno así como una mayor concientización y participación de la sociedad salmantina sobre la problemática ambiental

existente.

- Establecimiento del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de los efectos de los contaminantes en la salud de la población.
- Publicación del Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente en el estado de Guanajuato en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.
- Implementación de acciones de promoción de alternativas de manejo para fomentar la “no quema de esquilmos”, logrando la reducción del 42% de superficie agrícola sin quema de esquilmos, lo que representa una disminución significativa de 92% en la emisión de PM<sub>10</sub>.
- Fortalecimiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire al incorporarse al Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA), permitiendo mantener informada a la población sobre el estado de la contaminación del aire ambiente.

No obstante los logros alcanzados en el Programa 2003-2006, fue necesario garantizar la continuidad de las acciones realizadas e incidir en aquellas que permitieran asegurar en un corto plazo una mejor calidad del aire y con ello una mejor calidad de vida de la población salmantina. El “Programa para mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012” dio continuidad a las acciones del Programa 2003-2006, fortalecido por un diagnóstico actualizado de la situación real respecto a la calidad del aire, incorporando las acciones que incidieron de manera directa en la reducción de emisiones y sus costos.

Los logros alcanzados en este Programa fueron los siguientes:

- La Refinería Ing. Antonio M. Amor invirtió aproximadamente 1,088 millones de pesos en proyectos y modernización de sus plantas que impactaron directamente en el mejoramiento de la calidad del aire, en las que destacan el cumplimiento de todas las acciones planteadas en el ProAire:
  1. Autoconsumo de combustóleo con menor contenido de azufre con un promedio 3 mil barriles diarios.
  2. Modernizar sistemas de recuperación de azufre existentes para alcanzar sus eficiencias óptimas de operación.
  3. Construir y poner en operación una planta nueva de recuperación de azufre.
  4. Sustituir quemadores de piso por quemadores elevados.
  5. Sustituir calentador HI de la planta de destilación al alto vacío (LB)
  6. Realizar estudio de factibilidad para uso de los lavadores de gases para las calderas CB-6 y CB-7
- La Central Termoeléctrica de Salamanca durante el periodo de 2007 a 2012 fue disminuyendo el indicador de factor planta, con un resultado acumulado de 22.79%.
- La mezcla de combustibles gas-combustóleo pasó de 49%-51% en el año 2007 a 100% de gas natural al 2012.
- Del año 2007 hasta el 2012 se pavimentaron un total de 625,919.12 m<sup>2</sup>, superando así la meta total de 600,000 pactada en este programa.
- Se reforestaron un total de 322,644.4 m<sup>2</sup> desde que inició el ProAire.
- Se realizaron estudios específicos de investigación enfocados a relacionar las afectaciones a la salud provocadas por la contaminación atmosférica.
- Se logró la conformación del Comité Técnico del Fideicomiso así como la aprobación de 5 proyectos ambientales del “Fideicomiso Ambiental para Mejorar la Calidad del aire en Salamanca 2007-2012” (FAMCAS).
- Se desarrolló e implementó una estrategia de difusión y comunicación social.
- Se certificó en ISO-9001: 2008 la red monitoreo de la calidad del aire.

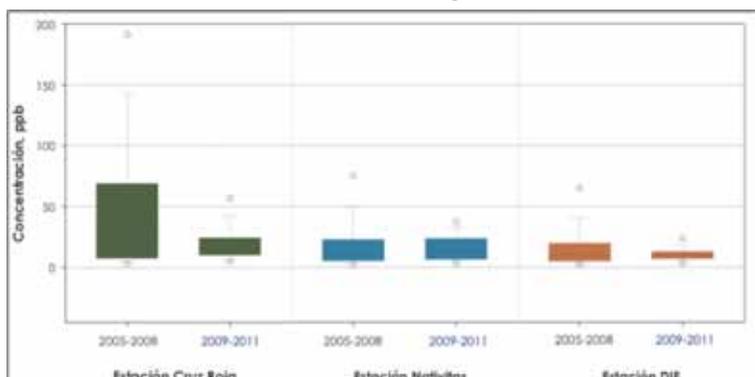
## Impacto de las acciones del ProAire 2007-2012, sobre las concentraciones de Bióxido de azufre para la ciudad de Salamanca

El Programa para mejorar la Calidad del Aire en la ciudad de Salamanca para el periodo 2007-2012, tenía como una de sus metas más importantes reducir las emisiones de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Con el propósito de observar el resultado de las acciones del ProAire se evaluó la información en dos bloques de tiempo: el primero de 2005 a 2008, y el segundo de 2009 a 2011 para medir el impacto de las acciones del ProAire.

El análisis por estación de las concentraciones registradas de SO<sub>2</sub> indica una reducción estadísticamente significativa en las estaciones Cruz Roja y DIF, además de una disminución en la frecuencia de concentraciones máximas y en la distribución de los datos. En términos porcentuales en la estación Cruz Roja, que es la que se encuentra viento abajo de la refinería, el promedio de la concentración disminuyó en un 59%. Mientras que en la estación DIF se registró una reducción del 37% y en Nativitas fue del 23%.

Gráfica 66 Concentración de SO<sub>2</sub> por estación de la ciudad de Salamanca para los periodos 2005-2008 y 2009-2011.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

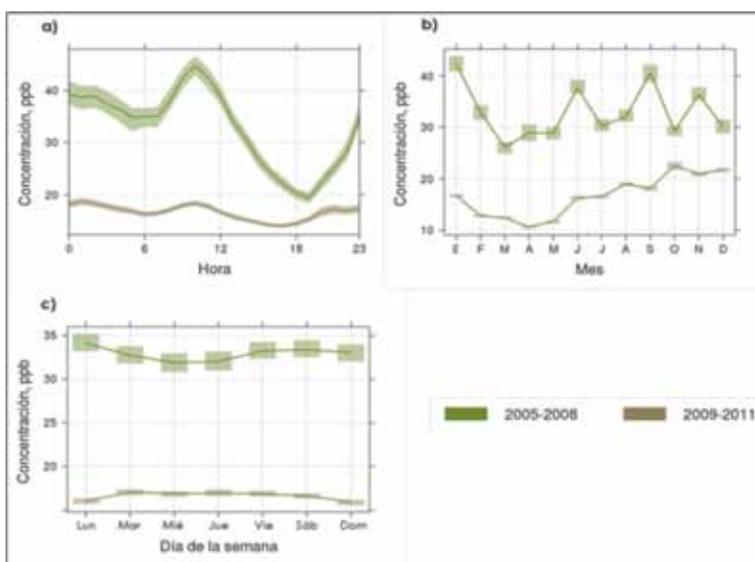


En el patrón horario se observa una reducción significativa en las concentraciones a lo largo del día. Destaca la disminución de la concentración durante las horas pico. En el patrón mensual también se observa una reducción en los promedios, si bien ésta es mayor en los meses de enero, junio, septiembre y noviembre.

Por último el comportamiento de las concentraciones por día de la semana muestra una reducción significativa en las concentraciones promedio diario en el segundo periodo. Un punto que llama la atención es que durante el periodo 2005-2008 las concentraciones máximas se registraban entre el viernes y lunes, mientras que para el periodo 2009-2011 las concentraciones máximas se registraron el martes y jueves.

Gráfica 67 Comportamiento temporal de las concentraciones del Bióxido de azufre para la ciudad de Salamanca, en los periodos 2005-2008 y 2009-2011.

Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



El análisis anterior indica que las acciones aplicadas en el marco del ProAire 2007-2012 tuvieron un impacto importante en la reducción en los niveles de concentración del SO<sub>2</sub> en la ciudad de Salamanca. En términos de calidad del aire se redujeron el número de excedencias a la NOM-022-SSA1-1993, logrando su cumplimiento antes de finalizar la vigencia del programa.

El Plan de Desarrollo 2025 del Gobierno del Estado de Guanajuato establece un marco de políticas públicas que buscan trascender la temporalidad de los gobiernos en cuanto a la prevención del deterioro ambiental y calidad de vida de sus habitantes. En este contexto, y no obstante los logros alcanzados en el Programa 2007-2012, es necesario garantizar la continuidad de las acciones realizadas e incidir en aquellas que permitan asegurar en un corto plazo una mejor calidad del aire y con ello una mejor calidad de vida de la población.

En este contexto se vio que la implementación de

acciones locales no es suficiente, resultando necesario establecer acciones a nivel regional. Por ello se consideró realizar un análisis ecosistémico que ayudara a explicar la dinámica estructural de la región, como base para la definición de estrategias y acciones con una visión a largo plazo que permitirán reducir las emisiones de contaminantes, tanto de los contaminantes criterio como de los principales tóxicos y compuestos de efecto invernadero, con una visión ecosistémica regional que se convierta en una herramienta con la que se ayude a reducir y controlar la contaminación atmosférica de manera duradera, contribuyendo con ello en la reducción permanente de los efectos negativos sobre la salud de la población y de los ecosistemas naturales.

El presente Programa considera las líneas estratégicas, las medidas y las acciones a corto, mediano y largo plazo que permitirán reducir las emisiones contaminantes, para las ciudades consideradas en el ecosistema urbano regional en las que se encuentran Salamanca, Celaya e Irapuato.

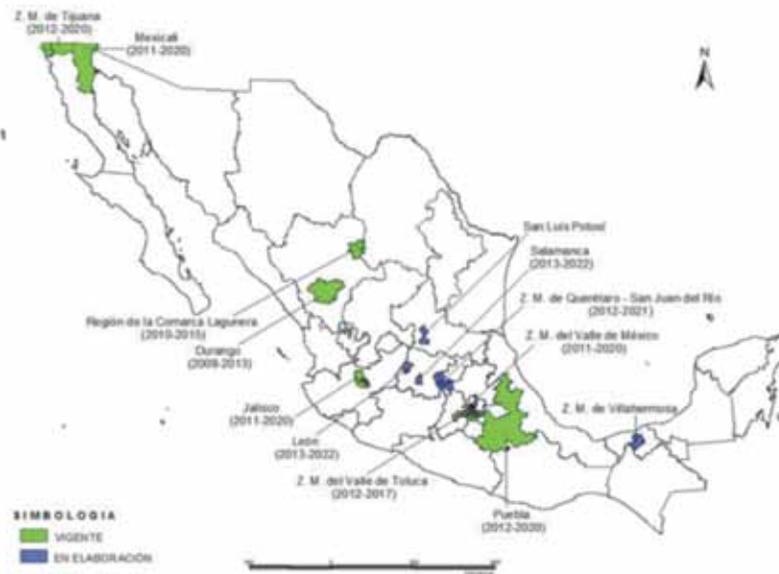
## 2.2 Experiencias nacionales en gestión de la calidad del aire

El tema de la calidad del aire es una preocupación común en un número muy importante de ciudades alrededor del mundo, lo cual explica la existencia de una gran cantidad de programas dirigidos a reducir los niveles de contaminación atmosférica. En este capítulo se resumen algunas de las experiencias de gestión de la calidad del aire, las cuales nos muestran una amplia variedad de casos en la configuración de políticas y acciones locales que responden a combinaciones particulares de las características fisiográficas y meteorológicas de las ciudades; al menú de tecnologías disponibles; a las diferencias culturales y de diseño institucional en materia de administración pública; al grado de desarrollo económico y a las variaciones en el tipo e intensidad de las diferentes actividades productivas y sociales.

Los programas de gestión para mejorar la calidad del aire (ProAire) son instrumentos desarrollados para prevenir y mitigar los problemas de contaminación atmosférica en las principales ciudades de México. Los ProAire incorporan medidas concretas para la mitigación y control de las emisiones de contaminantes, éstas dependerán en buena medida de las condiciones de frontera que prevalezcan en las áreas de aplicación, así mismo se prevén medidas de protección a la salud de la población siendo éste su objetivo fundamental.

Gráfica 68. Mapa de ubicación geográfica de ProAire.

Fuente: Mapa elaborado por DGGCARETC-SEMARNAT, Febrero 2013.



El menú de acciones y medidas aplicadas en otras ciudades es muy amplio y abarca aspectos relacionados con calidad de combustibles, regulación industrial, control de la circulación vehicular, normatividad, sistemas de información en tiempo real, sistemas de verificación vehicular, instrumentos económicos y medidas de promoción del transporte público, entre otros.

A continuación se presentan algunas experiencias de las que se ha obtenido información a través de las evaluaciones de seguimiento realizadas por SEMARNAT en 2009 y en el caso específico de la Zona Metropolitana del Valle de México de la evaluación realizada por la UAM Azcapotzalco en 2010:

## Ciudad Juárez (2006-2012)

Este ProAire consta de 24 medidas agrupadas en líneas estratégicas que están enfocadas al fortalecimiento de cinco sectores, principalmente a vehículos, transporte y movilidad, la industria, los comercios y servicios, también se orientan hacia la protección a la salud, la educación ambiental y el fortalecimiento institucional y programas de coordinación binacional.

De acuerdo a la evaluación realizada por SEMARNAT en 2009 se contabilizaron 24 medidas con avances, de las cuales:

- 5 medidas se encuentran sin avance.
- 12 medidas se encuentran con un avance de hasta en un 49%
- 4 de ellas con un avance entre el 50 y 69% y

- 3 medidas con avance entre 70 y 95%

Se destaca el avance de la estrategia correspondiente a industrias, comercios y servicios con una aportación del 1.62% de avance, asimismo las medidas que tienen una participación mayor son: promoción y fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria; reglamentar y convenir con las empresas pedreras la reducción de emisiones de partículas. La estrategia vehículos, transporte y movilidad arrojó un porcentaje del 0.67%; la estrategia proteger la salud un porcentaje del 0.97%, la estrategia correspondiente a educación ambiental un 0.40% y finalmente la estrategia fortalecimiento institucional y programas de coordinación binacional con un 0.74%.

## Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011

El “Programa de Gestión de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011”, reúne 39 medidas a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo por los Gobiernos Federal, del estado de Puebla y los diferentes sectores de la sociedad involucrados para enfrentar el impacto en la calidad del aire derivado del crecimiento urbano, la demanda de bienes y servicios, la sobre explotación de los recursos naturales, el transporte, la industrialización, y el excesivo uso de combustibles de origen fósil.

De acuerdo a la evaluación realizada por SEMARNAT en 2009 se contabilizaron 39 medidas con avances, de las cuales:

- 5 medidas se encuentran con un avance hasta en un 49%
- 12 medidas se encuentran con un avance entre el 50 y

69%

- 15 medidas se encuentran con un avance entre el 70 y 95%
- 7 medidas concluidas.

El ProAire Puebla obtuvo un promedio total de cumplimiento por estrategias de 73.71%, donde destaca la estrategia correspondiente a Fuentes Móviles con una aportación del 30.16% de avance. Por otra parte, se menciona que la estrategia Fuentes de Área arrojó un porcentaje del 10.19%; la estrategia Fuentes Naturales un porcentaje del 9.23%, la estrategia correspondiente a Fortalecimiento Institucional un 8.97%, la estrategia Protección de la Salud con un 8.24% y finalmente la estrategia para fuentes fijas con un 6.92%.

## Zona Metropolitana del Valle de Toluca (2007-2011)

Este ProAire consta de 27 medidas agrupadas en seis estrategias enfocadas principalmente al abatimiento de la erosión y emisión de partículas, a mejorar la eficiencia de los vehículos automotores y del transporte público de pasajeros, al cumplimiento de la normatividad ambiental de las micro y pequeñas empresas mediante programas de producción más limpia y de gestión ambiental rentable. Las estrategias también se orientan hacia la protección a la salud, la educación ambiental y el fortalecimiento de la planeación ambiental y urbana.

De acuerdo a la evaluación realizada por SEMARNAT en 2009 se contabilizaron 27 medidas con avances, de las cuales:

- 16 medidas se encuentran con un avance hasta en un 49%
- 4 medidas se encuentran con un avance entre el 50 y

69%

- 5 medidas se encuentran con un avance entre el 70 y 95%
- 2 medidas por concluir.

El ProAire Toluca obtuvo un promedio total de cumplimiento por estrategias de 22.77%, donde destaca la estrategia correspondiente a reducción de emisiones en fuentes naturales y de área con 12.73%; la estrategia de fomento a la educación ambiental con 2.65%; la correspondiente a la reducción y control de emisiones en industria, comercios y servicios con 2.14%; la estrategia de reducción y control de emisiones en vehículos y transporte con 2.06%; la de reducción a la salud con 1.62% y finalmente la estrategia de fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental con 1.57%.

## Zona Metropolitana del Valle de México (2002-2010)

La Comisión Ambiental Metropolitana presentó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Para dar cumplimiento a las estrategias, el programa se integró con 89 medidas mencionadas a continuación:

- Estrategias de transporte: 38 medidas
- Estrategias de industria: 7 medidas
- Estrategias de servicios: 9 medidas
- Estrategias de Conservación de Recursos naturales: 15 medidas
- Estrategias de protección a la salud: 8 medidas
- Estrategias de educación ambiental: 4 medidas
- Estrategias de fortalecimiento institucional: 8 medidas

Este ProAire está también dirigido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); la mitigación de estos gases puede lograrse mediante la conservación y aumento de los bosques (captura de carbono) y la promoción del uso eficiente y de las fuentes renovables de energía (disminución del uso de combustibles fósiles).

No reportan porcentajes de cumplimiento, sin embargo, consideran que una de las fortalezas más importantes de este ProAire fue el reforzamiento de los marcos normativos en casi todos los sectores, lo cual fue la base del cumplimiento de un buen número de medidas, además de asegurar reducción de emisiones en los próximos años.

## Experiencias Internacionales

La exploración hecha de planes y programas de gestión de la calidad del aire a nivel internacional muestra que los esfuerzos están dirigidos básicamente a mejorar la calidad de los combustibles, hacer más estricta la normatividad ambiental, reforzar los programas de inspección y vigilancia, a la renovación del parque vehicular. Sólo en el caso específico de Berlín, se incluye un componente que no aparece en otros programas: la necesidad de planear la ciudad considerando los efectos del tipo de desarrollo sobre las emisiones contaminantes.

Este último enfoque corresponde a una nueva generación de medidas que pretende incidir sobre los aspectos estructurales de la contaminación atmosférica, principalmente de la que proviene de las fuentes móviles.

La importancia que puede tener este enfoque se muestra de manera sencilla en la Gráfica 69, en donde se grafica la relación existente entre los kilómetros recorridos en automóvil por año y la densidad de población medida en habitantes por km<sup>2</sup>, para 38 ciudades del mundo.

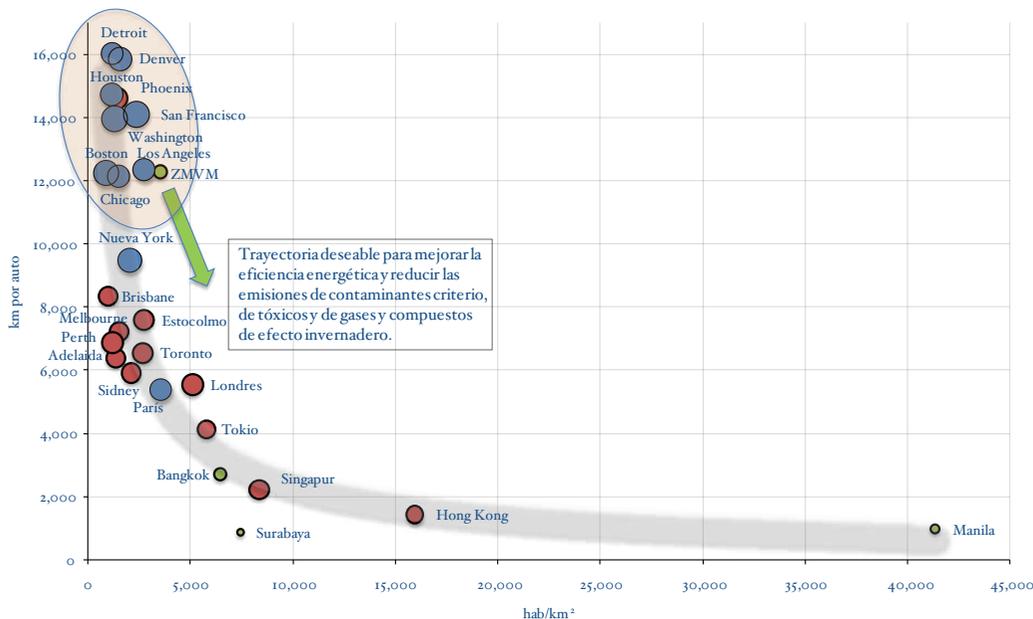
Nótese cómo las ciudades con menor densidad de población son las que más kilómetros recorridos en automóvil presentan, lo cual significa mayor consumo energético y más emisiones contaminantes. Si bien la densificación es sólo uno de los instrumentos recomendados con estos nuevos enfoques, una vez que se combina con otros su contribución en la mejoría de la calidad del aire puede ser la de mayor importancia.

**Gráfica 69. Comparación internacional de la relación entre kilómetros recorridos por automóvil y densidad de población urbana.**

Nota: Las ciudades en rojo tienen un producto interno bruto per cápita (PIBPC) alto, las ciudades en azul tienen un PIBPC de nivel medio y las que tienen color verde tienen un PIBPC bajo.

Fuente: Elaboración propia con datos de fuentes de las ciudades seleccionadas y de sus correspondientes países.

USO ANUAL DEL AUTOMÓVIL VS. DENSIDAD DE POBLACIÓN.



## 3 Concepción Ecosistémica y proyección de emisiones

### 3.1 Concepción ecosistémica y dinámica estructural en la región formada por el sistema de ciudades Salamanca, Celaya e Irapuato.

La visión que se ha utilizado tradicionalmente para el análisis de las causas y los factores que determinan la emisión de contaminantes atmosféricos se basa, tanto en México como en otros países, en la consideración de tres grandes vertientes: la calidad de los combustibles, las diversas tecnologías asociadas tanto a los procesos de combustión como al control de emisiones, y a los esfuerzos por hacer que la gente use más el transporte público. Pero en la realidad el sistema de generación de emisiones contaminantes en una ciudad o región urbanizada es más complejo e incluye una serie de relaciones estructurales que han escapado al análisis tradicional. Con el propósito de completar el análisis y

postular un paquete de medidas más eficiente y eficaz en la reducción duradera de contaminantes tóxicos, contaminantes criterio y gases y compuestos de efecto invernadero, en este documento se utiliza un enfoque ecosistémico del sistema de generación de emisiones.

La aplicación de este enfoque para entender mejor la estructura de generación de emisiones atmosféricas contaminantes de una región específica se hizo por primera vez, como se explicó en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (ProAire) 2011-2020, en el que se realizó un análisis de la zona

como un ecosistema espacial, abierto, dinámico y complejo que permitió descubrir y entender un poco mejor las relaciones funcionales existentes entre las variables urbanas, económicas, culturales y sociales con la calidad del aire. La identificación de esas funciones es necesaria no sólo para ordenar y entender las maneras en las que una gran diversidad de procesos y variables se relacionan directa e indirectamente dentro de la región objeto de estudio, sino para encontrar nuevos instrumentos de manejo y control de la calidad del aire que contribuyan, tanto al propósito de atender de raíz la generación simultánea de grupos de contaminantes, como a orientar el manejo integral de la calidad del aire hacia la obtención de cobeneficios en materia de productividad y competitividad urbanas y regionales.

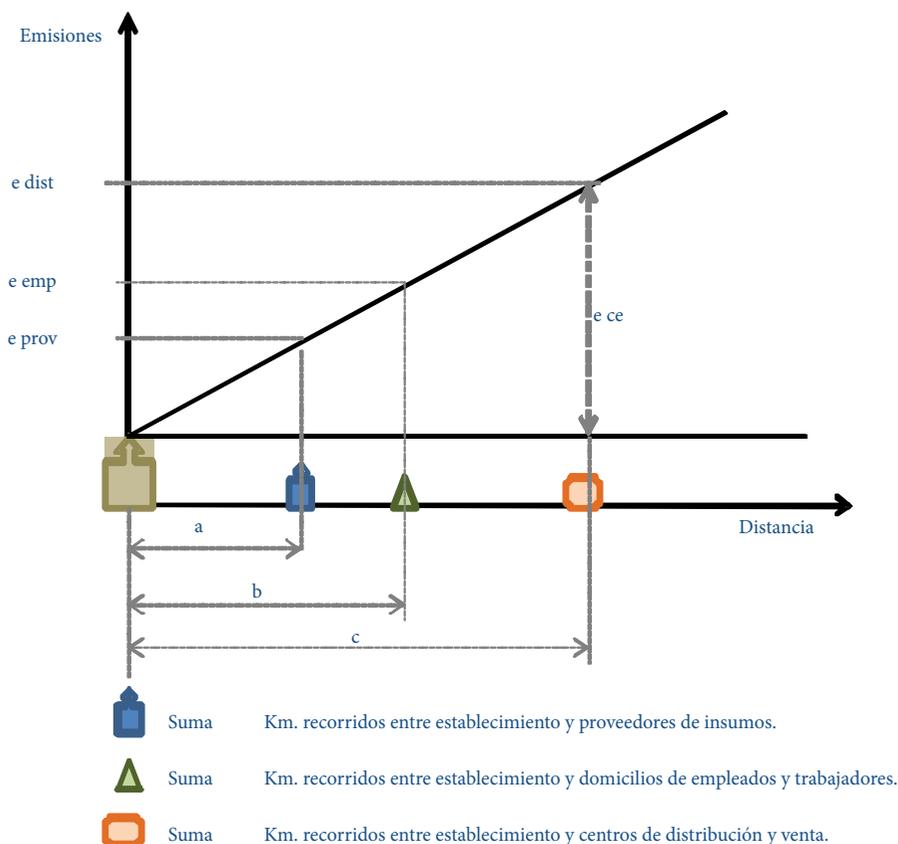
Las diferencias entre el enfoque tradicional y el enfoque ecosistémico de la generación de contaminantes son grandes y profundas. Por ejemplo, ante la emisión de contaminantes provenientes de los automóviles el enfoque tradicional recomienda medidas como solicitar a la industria automotriz que venda vehículos con mayor eficiencia energética, mejorar la aplicación del programa de verificación vehicular y recomendar el cambio de convertidores catalíticos en mal estado. El punto con las medidas anteriores es que si bien son imprescindibles, no son suficientes para romper el piso en las tendencias observadas de las emisiones contaminantes asociadas al parque vehicular: atacan la emisión de contaminantes por kilómetro, pero hacen mutis sobre el número total de kilómetros recorridos por todo

el parque vehicular, incluyendo al transporte público. El enfoque ecosistémico retoma las medidas mencionadas pero incluye dos aspectos que resultan imprescindibles para construir un sistema de generación de contaminantes atmosféricos que aborde y explique el problema del enorme número de kilómetros recorridos: la dimensión espacial de las actividades cotidianas de la región y los fundamentos culturales de las mismas.

El resultado de la combinación de efectos provocados por una situación como la descrita es que la ciudad consume mucho más energía que la necesaria para realizar sus actividades cotidianas, lo cual significa más consumo de combustibles y más emisiones contaminantes. Retomemos un caso planteado en el ProAire de la ZMVM, en el que se resalta la importancia de considerar la organización espacial de las actividades relacionadas con un establecimiento industrial, para ilustrar la manera en la que la estructura urbana determina una parte del consumo energético y de la emisión de contaminantes de la urbe.

Las Gráficas 70 y 71 muestran de manera sencilla y esquemática la forma en la que se da este tipo de relaciones. El ícono que se encuentra en el origen representa un establecimiento cuyos procesos internos generan la cantidad de emisiones representada por la altura del mismo; esas son las emisiones directas del establecimiento que salen por los puntos de emisión ubicados intramuros.

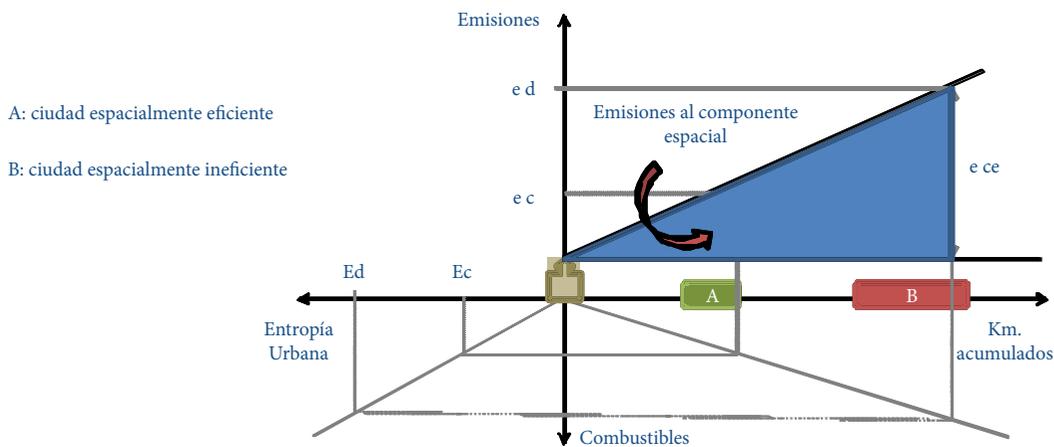
Gráfica 70. Componente espacial de las emisiones totales de una fuente fija.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Los tres íconos colocados sobre el eje horizontal representan las sumas de los kilómetros recorridos por los vehículos cuyos desplazamientos son estrictamente necesarios para la operación del establecimiento: aquellos realizados por los proveedores de los insumos, los recorridos por los empleados, trabajadores y clientes, y los necesarios para distribuir a los productos del establecimiento en centros logísticos y de venta. La gráfica muestra esquemáticamente cómo es que las emisiones generadas por los vehículos utilizados se van sumando a las emisiones generadas intramuros, de manera creciente y en función del total de kilómetros recorridos. El punto que se quiere resaltar es que el total de emisiones asociadas a la operación ordinaria del establecimiento se compone, en efecto, de dos tipos de fuentes: las fijas y las móviles.

Si bien las emisiones generadas dentro de un establecimiento dependen de factores como la cantidad y calidad de los combustibles utilizados y las tecnologías tanto de los procesos como de control de emisiones, las provenientes de las fuentes móviles dependen de las tecnologías correspondientes y del total de kilómetros recorridos por los vehículos que contribuyen a la operación ordinaria del establecimiento. Esto último es lo que constituye el componente espacial de las emisiones del mismo, el cual corresponde al triángulo de color azul indicado en la gráfica 71.

Gráfica 71 Relación entre eficiencia espacial de actividades productivas, emisiones totales, consumo energético y entropía urbana.  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.



Nótese que el plano cartesiano ha sido ampliado para incluir un par de cuadrantes adicionales que sirven para medir volumen de combustibles y entropía urbana. En el eje de distancias se ha representado con un par de rectángulos la ubicación de dos ciudades hipotéticas con poblaciones y parque vehicular equivalentes.

Su posición en el eje denota una diferencia estructural: la organización espacial de la ciudad A permite que la suma total de kilómetros recorridos necesarios para asegurar un cierto nivel de operación del establecimiento representado en el origen, es menor que la distancia total requerida por la ciudad B para los mismos parámetros de operación. Consecuentemente el nivel de emisiones del componente espacial de la ciudad mejor organizada es menor que el de la otra.

La proyección de las distancias recorridas hacia el radio del cuadrante inferior derecho permite medir el volumen de combustible utilizado en el eje vertical que apunta hacia abajo, lo cual permite a su vez hacer una proyección a través del segundo radio hacia el eje horizontal que apunta hacia la izquierda. La escala de este último eje mide el nivel de entropía urbana de ambas ciudades, en el sentido que ha sido explicado en párrafos anteriores.

Una menor entropía urbana resulta, por ejemplo, de una mejor distribución espacial de las densidades de población y empleos, lo cual implica a su vez un menor consumo energético para franquear la fricción de las distancias que deben recorrerse de manera que se asegure el funcionamiento del ecosistema urbano. El punto que se quiere hacer notar es que una ciudad planeada para tener una estructura más eficiente, puede mantener un nivel dado de actividad, producción y empleo con menor consumo energético, lo cual se manifiesta a través de menos emisiones y mayor calidad de vida. Este enfoque plantea además una ventana de oportunidades, de alto potencial, para la mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero, razones que fundamentan la propuesta que se hace en el capítulo de medidas para modificar la licencia ambiental en los municipios de la región.

Para probar la incidencia de la densidad de población sobre el número de kilómetros recorridos se incluye enseguida un ejercicio en el que se estimó esta última variable contra el tamaño del parque vehicular y la densidad de población de 26 ciudades del mundo, incluida la ZMVM<sup>5</sup>. La estimación doble logarítmica resultó estadísticamente significativa para ambas variables habiéndose obtenido un valor de  $-0.3389$  para la densidad y de  $1.1785$  para el tamaño del parque vehicular, valores que representan a las elasticidades correspondientes<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Las ciudades, los datos y sus fuentes se presentan en uno de los Anexos del ProAire de la ZMVM 2011-2020.

<sup>6</sup> Se conoce como elasticidad a la magnitud adimensional del cambio generado en el valor de una función, como consecuencia del cambio observado en el valor de una de sus variables explicativas. Se trata de elasticidades de corto plazo porque éstas permanecen constantes para el período de análisis.

Tabla 57 Elasticidades de corto plazo del total de kilómetros recorridos con relación al tamaño del parque vehicular y la densidad de población. (Estimación hecha con datos de 26 ciudades de cuatro continentes).

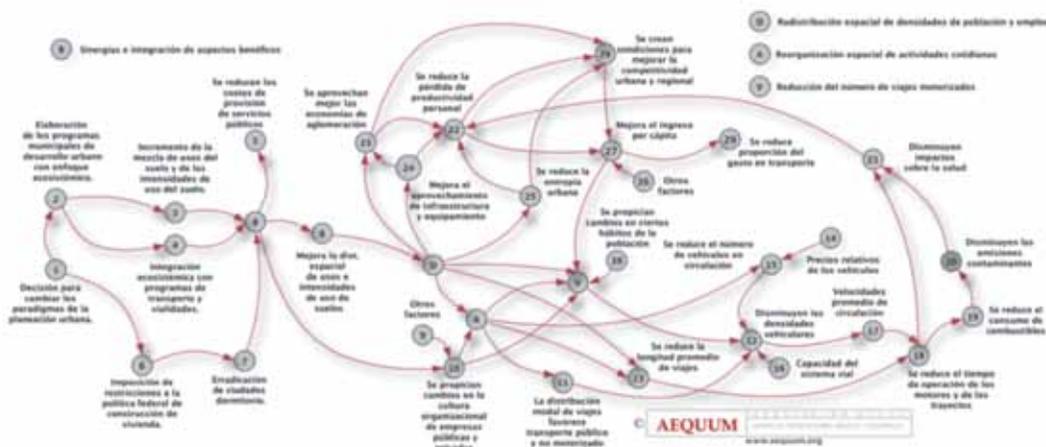
Fuente: ProAire de la ZMVM 2011-2020.

Variable	Elasticidad estimada
Densidad de población en hab/km <sup>2</sup>	-0.3389
Tamaño del parque vehicular (número de autos)	1.1785

La interpretación de las elasticidades permite conocer en qué porcentaje cambia, en promedio, el total de kilómetros recorridos en estas ciudades ante cambios dados en cada una de las dos variables explicativas. Por ejemplo, si se da un incremento del 10 por ciento en el número de automóviles, el kilometraje total recorrido aumenta en promedio un 11.7 por ciento; si se observa un incremento del 10 por ciento en la densidad poblacional, el número de kilómetros recorridos disminuye en promedio un 3.3 por ciento.

Tanto la concepción ecosistémica como los ejemplos presentados ponen al descubierto la forma en la que los criterios de zonificación y asignación de los usos del suelo

utilizados en la planeación del desarrollo urbano en las ciudades de México han contribuido a la construcción de ciudades caracterizadas por una alta entropía urbana y que funcionan con muy bajas eficiencias económicas, ambientales y sociales. La misma línea de análisis permite demostrar que este tipo de causas estructurales es un determinante del total de kilómetros recorridos, contribuye en la manutención de la baja productividad laboral y educativa, elimina las economías de aglomeración, atrofia las economías de red y de alcance en las redes de transporte, en las de suministro y drenaje de agua potable y en las de recolección, reciclaje y disposición de residuos, degradando con todo ello la competitividad urbana y regional.



Mapa 6 Ubicación ecosistémica de las medidas de desarrollo urbano para reducir la generación estructural de emisiones vehiculares.

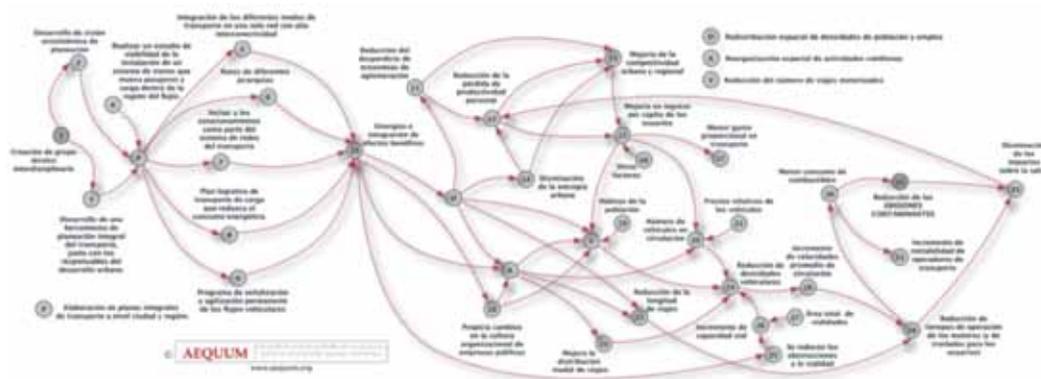
El Mapa 6 especifica un poco más las relaciones existentes entre aspectos relacionados con la organización espacial de las ciudades de la región y la emisión de contaminantes atmosféricos. Por lo tanto los mapas 6 y 7 sirven para fundamentar las medidas que se proponen dentro de una estrategia de reducción estructural del consumo energético. La lógica presentada en el Mapa 9 presupone que la sociedad y las autoridades municipales pueden llegar a ponerse de

acuerdo para revisar a fondo los criterios tradicionales de elaboración de los programas de desarrollo urbano. En ese sentido, si sociedad y gobierno convienen que el futuro de Salamanca, Irapuato y Celaya será mejor si las políticas públicas se empiezan a planear de manera más integrada y bajo horizontes más largos de planeación, entonces resulta previsible la aparición de algunos de los efectos incluidos en el mapa: las interacciones entre los cambios en la mezcla

y las intensidades de usos del suelo, la erradicación de las ciudades dormitorio promovidas por la política federal de construcción de vivienda de los últimos lustros y una mejor interconectividad modal de las redes de transporte, por ejemplo, propiciarían una redistribución de las densidades de población y empleo, y otros efectos que permitirían reducir el tiempo total de operación de los motores vehiculares. Esto último reduce el consumo de combustibles y por lo tanto la emisión de contaminantes atmosféricos.

El Mapa 7 Ubicación ecosistémica de las medidas del sector transporte para reducir la generación de emisiones. Como se mencionó anteriormente estas medidas contribuyen en la

reducción del consumo energético disminuyendo el número total de kilómetros recorridos y por lo tanto el consumo de combustibles. Si los municipios de Salamanca, Celaya e Irapuato deciden empezar a aplicar medidas de cambio estructural, la combinación con las medidas de reducción de emisiones por kilómetro generaría una reducción mayor y duradera. Pero al igual que en el sector del desarrollo urbano habría que empezar por reconocer que hay una mejor manera de hacer las cosas, lo cual implica en este caso visualizar a los diferentes sistemas de transporte como una sola red de redes de transporte cuya eficiencia global dependería, por ejemplo, del grado de interconectividad modal.



Mapa 7 Ubicación ecosistémica de las medidas del sector transporte para reducir la generación de emisiones.

## Comportamiento y perspectivas de la economía de la región

En este apartado se presentan los resultados de la estimación de una serie de modelos econométricos que relacionan variables económicas con emisiones contaminantes. La estructura urbana forma parte del sistema de generación de contaminantes a través de la variable denominada kilómetros recorridos totales, cuyas series fueron construidas con base en el número de autos y camiones registrados en cada uno de los municipios de Salamanca, Celaya e Irapuato. Primero se comenta brevemente sobre el desempeño económico nacional y del Estado de Guanajuato para el período que va de 2005 a 2011, después se presenta un pronóstico del crecimiento esperado de ambas economías

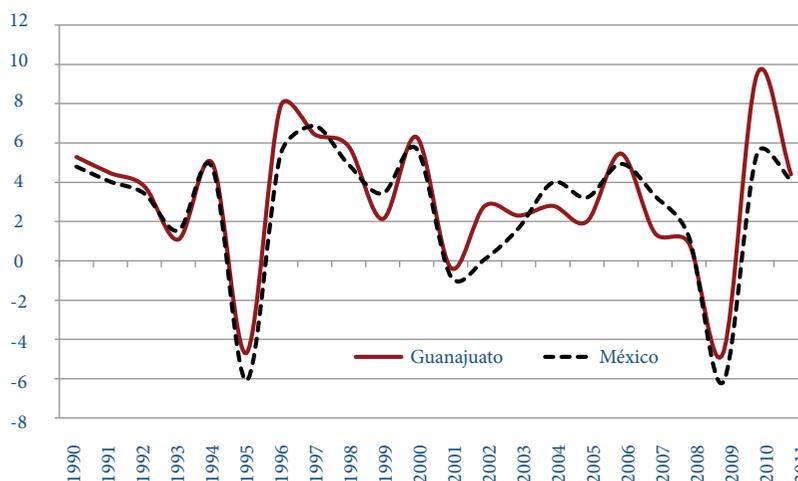
haciendo uso de un modelo propio de análisis macro-regional y finalmente se comentan los resultados obtenidos de los modelos a nivel región y a nivel ciudad.

La economía mexicana pasó por un proceso de desaceleración, una severísima crisis y un breve período de recuperación durante el periodo que va de 2005 a 2011. Si bien la crisis arrastró consigo a todas las entidades federativas, la economía del Estado de Guanajuato se distinguió por mantener un crecimiento ligeramente mayor al de la economía mexicana: la tasa de crecimiento promedio de su PIB fue de 2.7% contra un 2.3% nacional, y en el año 2010

alcanzó una sorprendente tasa de crecimiento del 9.5%, 4 puntos arriba de la media nacional. El tamaño de su economía

en el año 2011 alcanzó el sexto lugar nacional, representando el 4% del producto interno bruto (PIB) del país.

**Gráfica 72 Crecimiento económico de México y el Estado de Guanajuato.**  
Tasas de crecimiento del producto interno bruto (PIB).



Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI.

Llama la atención la resistencia mostrada por la economía de Guanajuato ante la severa caída del PIB en el año de 2009, pues logró detener su tasa negativa de crecimiento por abajo de la tasa nacional y mostró un claro poder de recuperación en 2010 al alcanzar una tasa claramente mayor que la de la economía nacional.

Ahora bien, el sector manufacturero de la entidad tiene un peso específico muy importante pues su PIB equivale al 30% del total estatal. En lo que se refiere a su patrón espacial, la industria manufacturera localizada en las regiones de Salamanca y León consolidó su fortaleza en términos de su participación dentro del PIB manufacturero del estado, al

pasar del 79 al 91 por ciento del total del estado de Guanajuato entre 2005 y 2011. Una exploración un poco más fina presenta una dinámica que debe ser tomada en cuenta al realizar los análisis ecosistémicos de la región: la industria manufacturera de la región de Salamanca redujo su participación en 9 puntos en la producción manufacturera de la entidad, mientras que la industria de la región de León aumentó la suya en 21 puntos en esos seis años. En lo que se refiere al desempeño de la región de León, destaca la actividad manufacturera de Silao al aumentar su participación relativa dentro de la generación del PIB de la industria manufacturera estatal en 19 puntos, al tiempo que mantenía una muy importante tasa de crecimiento promedio de 20.3% entre 2005 y 2011.

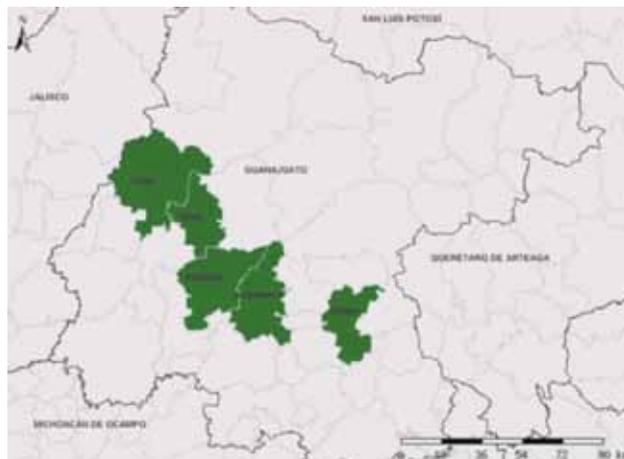
Tabla 58. Comportamiento económico de la industria manufacturera en regiones de Guanajuato.

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI.

Regiones y ciudades	PIB manufacturero (miles de millones de pesos de 2003)		Estructura (Proporción del PIB del estado)		Cambio en estructura	Tasa de crecimiento promedio
	2005	2011	2005	2011	2005-2011	2005-2011
Estado de Guanajuato	91.33	108.74	100.00	100.00		3.2
Región de Salamanca	34.65	31.48	37.94	28.95	-8.99	-1.5
Ciudad de Salamanca	12.20	11.98	13.35	11.01	-2.34	-0.3
Ciudad de Celaya	11.37	9.65	12.45	8.88	-3.57	-2.5
Ciudad de Irapuato	11.08	9.85	12.14	9.06	-3.07	-1.8
Región de León	37.38	67.41	40.93	61.99	21.07	13.4
Ciudad de León	17.41	23.12	19.06	21.26	2.20	5.5
Ciudad de Silao	19.97	44.30	21.86	40.74	18.87	20.3

El corredor industrial que va de Celaya a León y que incluye a Salamanca, Irapuato y Silao, es parte de un sistema económico en el que participan empresas nacionales y multinacionales de varios giros importantes para la economía del país, como por ejemplo el automotriz, el de la industria química, el de electrodomésticos, el de cuidado personal, el de agroindustria y el aeroespacial. La importancia manifiesta de la industria manufacturera tiene implicaciones importantes en el funcionamiento del ecosistema regional, dado el número tan alto de viajes necesarios para transportar insumos, productos y personas, por un lado, y el consiguiente consumo energético requerido tanto por el transporte como por las necesidades propias de los procesos de producción, por el otro.

La perspectiva de crecimiento de la economía del estado de Guanajuato para los próximos años, tomando en cuenta el desempeño que ha mostrado vis à vis la economía nacional, se puede observar en la Gráfica 73 en la que aparece un pronóstico realizado con un modelo propio que relaciona a la economía regional con la nacional, y a ésta con el ciclo económico que la ha relacionado históricamente con el comportamiento de la economía de los Estados Unidos. En las últimas décadas la dinámica de la economía mexicana se ha caracterizado por una serie de ciclos económicos cada uno de los cuales ha tenido una duración promedio de cinco o seis años.



Mapa 8 Ubicación de los municipios que conforman el corredor industrial del Estado de Guanajuato.

Fuente: Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos, INEGI.

La firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte ha sido un punto de referencia de los ciclos de la economía mexicana, los cuales se han ido sincronizando con los de la economía de los Estados Unidos, si bien la diferencia entre las amplitudes de las crestas y los valles sigue siendo muy grande debido a razones estructurales y a las marcadas diferencias en el manejo económico de ambos países. La economía de nuestro país tiene ciclos económicos mucho más cortos que los de la economía estadounidense y la magnitud de las crisis (que para México han ocurrido en los años 1982, 1986, 1994, 2001 y 2009) ha sido sistemáticamente mayor aquí que allá.

El análisis de estos ciclos ha sido tomado como base para construir un escenario anclado en variables estructurales que represente el comportamiento plausible de la economía mexicana para el período 2013-2022, que es el período que se contempla en este estudio. El ciclo económico en el que

estamos inmersos tiene como preámbulo la severa crisis de 2009, en la que se ha alcanzado la tasa de decremento de la economía más alta de la historia moderna del país y que llegó a ser de -6.6 por ciento. En el año 2010 se inicia la etapa de recuperación, la cual podría prolongarse con altibajos a lo largo del período 2011-2016, para terminar con un ajuste económico en el año de 2017. Si bien existe una alta probabilidad de que el ajuste venga en 2017 como consecuencia de la sincronización observada con la economía de los Estados Unidos y de las características estructurales de la economía mexicana, dicho ajuste no necesariamente se ve como una crisis anunciada. El escenario anterior implica que es altamente probable que el inicio de un nuevo ciclo económico se dé a partir del 2018.

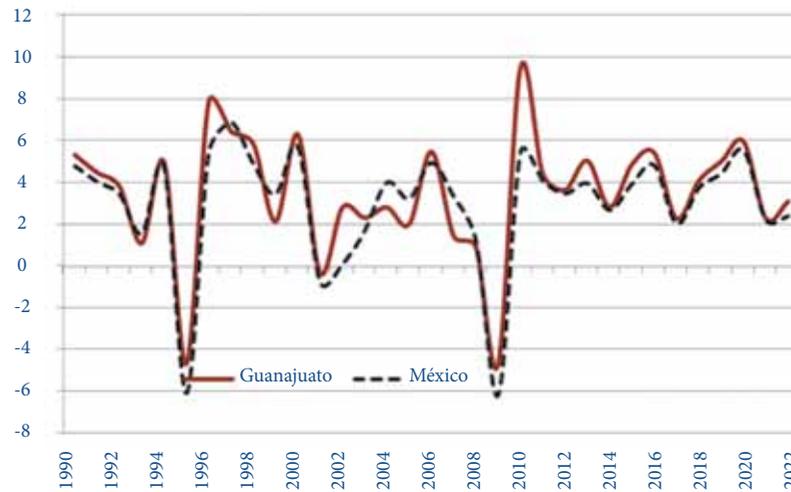
La estilización del ciclo económico descrito en el párrafo anterior fue la base para estimar el desempeño económico esperado del estado de Guanajuato para el período 2013-2022.

**Tabla 59 Pronósticos del crecimiento de la economía nacional y del estado de Guanajuato. Período 2013-2022.**

Fuente: Estimaciones propias con modelo macro-regional Mendoza, M.A. (2012).

Años	México	Guanajuato
2010	5.4	9.5
2011	4.1	4.4
2012	3.5	3.6
2013	3.9	5.0
2014	2.7	2.8
2015	3.9	4.9
2016	4.8	5.4
2017	2.0	2.3
2018	3.7	4.1
2019	4.4	5.0
2020	5.5	5.9
2021	2.2	2.3
2022	2.4	3.1
Promedio 2013-2022	3.6	4.1

Gráfica 73 Pronóstico del crecimiento de la economía nacional y del Estado de Guanajuato.  
Tasas de crecimiento del producto interno bruto (PIB).



Fuente: Estimaciones propias, modelo macro-regional Mendoza, MA, 2012.

## Actividad económica y emisiones contaminantes en la región

El enfoque ecosistémico utilizado en este documento concibe y visualiza a la emisión de contaminantes atmosféricos como un residual del funcionamiento del ecosistema urbano regional. Es en ese sentido que la estructura económico-espacial de la región y de las mismas ciudades que la conforman es un factor total del sistema de generación de contaminantes.

Estas consideraciones son recogidas por los modelos econométricos que se presentan a continuación, los cuales han sido especificados tomando en cuenta la información disponible al momento de hacer este análisis. El primero de los modelos representa el sistema regional integrado por las ciudades de Salamanca, Celaya e Irapuato, en el que se relaciona a las emisiones de cinco contaminantes (CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>) con la actividad de la industria manufacturera (que incluye a la petroquímica), con el total de kilómetros recorridos por autos y camiones y con tres variables meteorológicas: la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa. Los datos para la estimación de los modelos fueron convertidos a series mensuales que cubren el período que va de 2005 a 2011.

El modelo regional cuyos resultados aparecen en la tabla 76 demuestra la existencia de varias relaciones funcionales entre las actividades económicas de la región y las concentraciones de contaminantes atmosféricos. En primer lugar se observa que la actividad manufacturera a nivel región impacta de manera clara a dos de los contaminantes, el bióxido de nitrógeno y el bióxido de azufre. Los datos disponibles indican que si la actividad manufacturera aumentara en un 10%, los incrementos esperados en las concentraciones serían de un 8.2% de NO<sub>2</sub> y de un 3.6% de SO<sub>2</sub>.

Pero los impactos generados por el parque vehicular que circula en la región son de mayor magnitud: si se incrementara en un 10% el número de kilómetros recorridos totales los incrementos esperados en las concentraciones serían de un 8.8% de CO, de un 16.1% de NO<sub>2</sub>, de un 22.7% de O<sub>3</sub> y de un 28.1% de PM<sub>10</sub>. Como se mencionó anteriormente estos resultados demuestran la existencia de complejas relaciones funcionales entre las actividades económicas de la región y la concentración de contaminantes atmosféricos, lo cual justifica el uso de un enfoque ecosistémico para el diseño de las medidas que permitan reducir la contaminación atmosférica de manera duradera.

**Tabla 6o. Elasticidades del Modelo Regional**  
Fuente: Instituto de Ecología del Estado.

Modelo econométrico de emisiones contaminantes para la región integrada por Salamanca, Celaya e Irapuato. Datos mensuales de 2005 a 2011										
	Contaminantes									
	CO		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>	
	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P
<b>Act. productivas en la región</b>										
<b>Industria manufacturera</b>	NRES	>	0.82	0	NRES	>	NRES	>	0.36	0.03
<b>Automóviles y camiones en la región.</b>										
<b>Kms. recorridos totales</b>	0.88	0.01	1.61	0.06	2.27	0	2.81	0	-5,25	0
<b>Cond. meteorológicas en la región.</b>										
<b>Temperatura</b>	NRES	>	0.38	0	0.78	0	0.77	0.03	NRES	>
<b>Velocidad del viento</b>	NRES	>	-0.28	0.02	NRES	>	-0.33	0.03	-0.19	0.01
<b>Humedad relativa</b>	-0.17	0	-0.31	0	NRES	>	-0.73	0	0.15	0.02

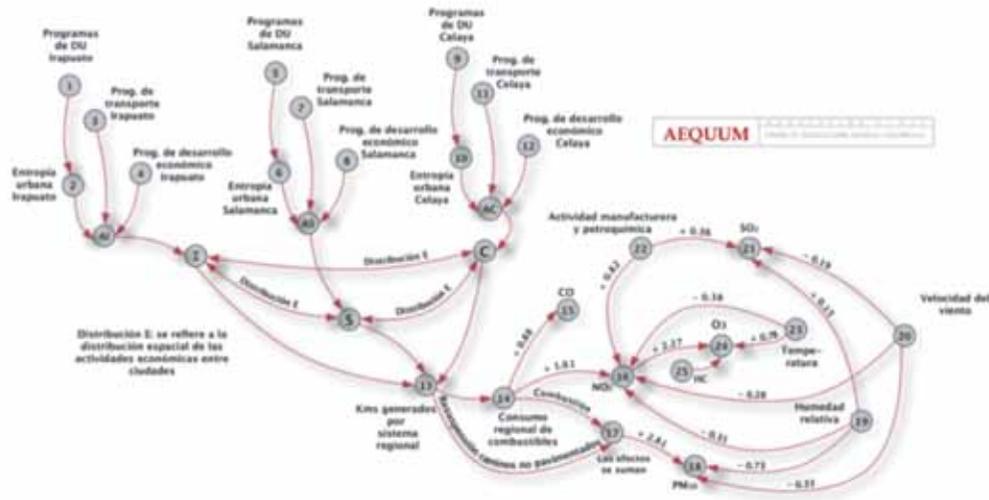
Notas: Elast. se refiere a la elasticidad estimada del contaminante de la columna correspondiente con relación a los cambios de valor de cada una de las variables explicativas: la industria manufacturera, los kms. recorridos totales, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa. NRES indica que la relación no resultó estadísticamente significativa. P es la probabilidad asociada a la prueba estadística t para evaluar si la elasticidad es estadísticamente igual o diferente de cero. Se usa el signo > para indicar que el valor obtenido fue mayor al predeterminado y por lo tanto se cae en un caso NRES. Fuente: estimaciones propias con información propia, del INEGI y de las estaciones de monitoreo de las ciudades consideradas.

Los resultados del modelo regional indican una fuerte asociación entre las concentraciones medidas de contaminantes y la actividad vehicular en los tres municipios, lo cual es un indicador de la intensidad de las relaciones comerciales entre ellos. Los altísimos incrementos en las concentraciones de O<sub>3</sub> y de partículas PM<sub>10</sub> son una llamada de atención para aplicar algunas medidas de cambio estructural orientadas a reducir el número de kilómetros recorridos sin sacrificar la intensidad de las relaciones comerciales. Vale la pena hacer un comentario con relación al coeficiente que relaciona los kilómetros recorridos con el SO<sub>2</sub>: el resultado es aparentemente contraintuitivo pues indica que un aumento de kilómetros genera una reducción de SO<sub>2</sub>, sin embargo se aclara que este resultado es debido principalmente a los actores industriales como PEMEX y CFE, los cuales son los mayores contribuyentes de SO<sub>2</sub> en la región.

Los kilómetros recorridos se obtuvieron de los datos utilizados para calcular el inventario de emisiones y corresponden a valores mensuales promedio; estas series no son horarias y por lo tanto no siguen los vaivenes de la actividad vehicular a lo largo del día y la noche. Por el contrario, las series de concentraciones de contaminantes corresponden a los valores horarios medidos en las estaciones de monitoreo de las tres ciudades, valores que representan claramente los cambios de intensidad en las actividades generadoras de emisiones. Este desfase de frecuencias, que no se pudo evitar debido a que no se cuenta con la información completa, genera algunos resultados de difícil interpretación.

En el Mapa 9 se vierten los resultados del modelo regional en el mapa que relaciona los aspectos estructurales con la generación de emisiones.

Mapa 9 Relación ecosistémica de las elasticidades estimadas de las emisiones contaminantes con las variables meteorológicas y con el total de kilómetros recorridos generados por la organización espacial de las actividades cotidianas en la región conformada por Salamanca, Celaya e Irapuato.



Nota: Las elasticidades corresponden a los resultados del modelo regional, con base en datos mensuales del período 2005-2011.

Nótese cómo el consumo regional de combustibles, asociado al total de kilómetros recorridos, es finalmente una consecuencia de la organización espacial de las actividades que requieren el uso de vehículos automotores en los tres municipios. En este caso el total de kilómetros recorridos responde tanto a las necesidades de desplazamiento dentro de cada ciudad como a los viajes realizados entre ciudades.

La lógica del cambio estructural en este caso indica que una revisión de los criterios de planeación urbana y la realización de proyectos que incidan sobre la ciudad construida, reducirían las necesidades de desplazamiento en vehículos automotores, disminuirían el número total de kilómetros recorridos y por lo tanto el consumo de combustibles sería menor que antes. Al final se observaría una reducción de las emisiones contaminantes.

Los modelos que se presentan a continuación han sido estimados con datos específicos a cada una de las tres

ciudades de la región, a saber, Salamanca, Celaya e Irapuato. Resalta en primer lugar la relación positiva que hay entre la actividad manufacturera, que incluye a la petroquímica, y la generación observada de  $\text{SO}_2$  en la ciudad de Salamanca. Es evidente la contribución de la refinería en lo que se refiere a este contaminante, pues mientras que un 10% de aumento en la actividad manufacturera de la ciudad de Salamanca implica un aumento esperado del 11.6% de bióxido de azufre, ni en Irapuato ni en Celaya se observa una relación clara entre ambas variables.

En lo que se refiere al número total de kilómetros recorridos, destaca de nuevo el caso de Salamanca en el que, salvo la relación irregular ya comentada con el  $\text{SO}_2$ , un incremento del 10% en los kilómetros recorridos genera incrementos del 16.9% en  $\text{CO}$ , del 18.0% en  $\text{NO}_2$ , del 28.1% en  $\text{O}_3$  y del 34% en  $\text{PM}_{10}$ . La magnitud de este último incremento sugiere que la resuspensión de polvos en la ciudad de Salamanca es un aspecto que hay que atender.

**Tabla 61. Elasticidades del Modelo Salamanca**  
Fuente: Instituto de ecología del Estado.

Modelo econométrico de emisiones contaminantes para la ciudad de Salamanca.										
Datos mensuales de 2005 a 2011										
	Contaminantes									
	CO		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>	
	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P
<b>Act. productivas en la región</b>										
<b>Industria manufacturera</b>	NRES	>	NRES	>	-0.46	0.05	NRES	>	1.16	0
<b>Automóviles y camiones en la región.</b>										
<b>Kms. recorridos totales</b>	1.69	0	1.80	0.06	2.81	0	3.40	0.01	-5.75	0.02
<b>Cond. meteorológicas en la región.</b>										
<b>Temperatura</b>	NRES	>	-1.24	0	0.61	0	1.46	0.05	NRES	>
<b>Velocidad del viento</b>	-0.28	0.01	NRES	>	NRES	>	-1.15	0.01	NRES	>
<b>Humedad relativa</b>	-0.25	0	NRES	>	NRES	>	-0.62	0.01	0.25	0

Notas: Elast. se refiere a la elasticidad estimada del contaminante de la columna correspondiente con relación a los cambios de valor de cada una de las variables explicativas: la industria manufacturera, los kms. recorridos totales, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa. NRES indica que la relación no resultó estadísticamente significativa. P es la probabilidad asociada a la prueba estadística t para evaluar si la elasticidad es estadísticamente igual o diferente de cero. Se usa el signo > para indicar que el valor obtenido fue mayor al predeterminado y por lo tanto se cae en un caso NRES. Fuente: estimaciones propias con información propia, del INEGI y de las estaciones de monitoreo de Salamanca.

En la ciudad de Celaya se registran incrementos de muy alta magnitud en NO<sub>2</sub> con relación a la actividad manufacturera y en PM<sub>10</sub> en lo que se refiere a los kilómetros recorridos. Sin embargo es necesario contar con mayor información para

definir las relaciones existentes entre los kilómetros totales y dos contaminantes: el CO y el NO<sub>2</sub>, dado que la existente no presenta representatividad estadística.

**Tabla 62. Elasticidades del Modelo Celaya.**  
Fuente: Instituto de ecología del Estado.

Modelo econométrico de emisiones contaminantes para la ciudad de Celaya.										
Datos mensuales de 2005 a 2011										
	Contaminantes									
	CO		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>	
	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P
<b>Act. productivas en la región</b>										
<b>Industria manufacturera</b>	NRES	>	3.07	0	NRES	>	NRES	>	NRES	0
<b>Automóviles y camiones en la región.</b>										
<b>Kms. recorridos totales</b>	NRES	>	NRES	>	NRES	>	5.15	0.05	NRES	>
<b>Cond. meteorológicas en la región.</b>										
<b>Temperatura</b>	NRES	>	NRES	>	0.93	0	NRES	>	NRES	>
<b>Velocidad del viento</b>	NRES	>	-0.30	0.06	NRES	>	-0.68	0.04	NRES	>
<b>Humedad relativa</b>	-0.32	0	-0.21	0.06	-0.11	0.06	-0.62	0	NRES	>

Notas: Elast. se refiere a la elasticidad estimada del contaminante de la columna correspondiente con relación a los cambios de valor de cada una de las variables explicativas: la industria manufacturera, los kms. recorridos totales, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa. NRES indica que la relación no resultó estadísticamente significativa. P es la probabilidad asociada a la prueba estadística t para evaluar si la elasticidad es estadísticamente igual o diferente de cero. Se usa el signo > para indicar que el valor obtenido fue mayor al predeterminado y por lo tanto se cae en un caso NRES. Fuente: estimaciones propias con información propia, del INEGI y de la estación de monitoreo de Celaya.

En la ciudad de Irapuato los incrementos son más moderados, si bien la relación entre los kilómetros recorridos y las PM<sub>10</sub> presenta también un coeficiente muy elevado. En este caso la razón de que un incremento del 10% en los

kilómetros recorridos genere un incremento esperado del 28.7% en partículas se puede deber a la contribución que tiene la resuspensión de polvos en caminos no pavimentados.

**Tabla 63. Elasticidades del Modelo Irapuato.**

Fuente: Instituto de ecología del Estado.

Modelo econométrico de emisiones contaminantes para la ciudad de Irapuato.											
Datos mensuales de 2005 a 2011											
	Contaminantes										
	CO		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		
	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	Elast.	P	
<b>Act. productivas en la región</b>											
<b>Industria manufacturera</b>	NRES	>	1.83	0.07	NRES	>	NRES	>	NRES	>	
<b>Automóviles y camiones en la región.</b>											
<b>Kms. recorridos totales</b>	1.52	0.05	NRES	>	1.79	0.02	2.87	0.02	-0.85	0	
<b>Cond. meteorológicas en la región.</b>											
<b>Temperatura</b>	-1.14	0	NRES	>	1.01	0	0.65	0	-0.85	0	
<b>Velocidad del viento</b>	NRES	>	NRES	>	NRES	>	NRES	>	-0.10	0.03	
<b>Humedad relativa</b>	NRES	>	NRES	>	-0.16	0.01	-0.99	0	-0.05	0.08	

Notas: Elast. se refiere a la elasticidad estimada del contaminante de la columna correspondiente con relación a los cambios de valor de cada una de las variables explicativas: la industria manufacturera, los kms. recorridos totales, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa.

NRES indica que la relación no resultó estadísticamente significativa. P es la probabilidad asociada a la prueba estadística t para evaluar si la elasticidad es estadísticamente igual o diferente de cero. Se usa el signo > para indicar que el valor obtenido fue mayor al predeterminado y por lo tanto se cae en un caso NRES. Fuente: estimaciones propias con información propia, del INEGI y de las estaciones de monitoreo de Irapuato.

## Perspectivas de la calidad del aire para el período 2013-2022

Una forma de aprovechar la batería de modelos econométricos desarrollados para entender un poco mejor las relaciones existentes entre algunas variables estructurales, las tres variables meteorológicas utilizadas y las concentraciones medidas de contaminantes, es formar un sistema de ecuaciones acoplado al modelo de crecimiento de la economía de la región para estimar las trayectorias esperadas de los niveles de concentración de los contaminantes considerados. Esta metodología es complementaria a otras utilizadas para generar pronósticos o escenarios de calidad del aire y se basa en el análisis de las relaciones históricas, estadísticamente significativas, entre las variables incluidas en los modelos. No pretende por supuesto sustituir a otros modelos que ponen el énfasis en las relaciones físicas y las variables tecnológicas, como por ejemplo el modelo Mobile desarrollado por la

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency) y que ha sido varias veces calibrado para su uso en la Ciudad de México, sino ofrecer una alternativa de análisis y de estimación de pronósticos haciendo uso de la información disponible.

El sistema de modelos se corrió con los datos mensuales registrados en el período 2003-2012 y con los datos generados por los modelos de pronóstico para el período que va del 2013 al 2022. En la tabla 80 se muestran las concentraciones promedio de cada contaminante, mismas que se obtuvieron promediando los valores obtenidos en cada una de las estaciones de monitoreo de cada ciudad. Los datos utilizados fueron ajustados a valores mensuales para que su temporalidad fuese compatible en todas las variables utilizadas, lo cual se

consideró válido para poder contar con una perspectiva de largo alcance.

Se puede observar que las tasas de variación anual para todos los contaminantes van cambiando, a veces positiva y a veces negativamente, lo cual responde a la proyección del comportamiento estructural histórico de las ciudades en lo que se refiere a su actividad económica, los kilómetros recorridos asociados a sus actividades y el historial registrado de sus variables meteorológicas. De entre todas las posibilidades de interpretación para el período que va del año 2013 al 2022, se pueden resaltar algunos datos interesantes,

por ejemplo:

- Salamanca presenta las mayores tasas promedio de crecimiento para todo el período en dos contaminantes, CO y SO<sub>2</sub>, de alrededor de 8% para el primero y de alrededor de 6% para el segundo.
- Celaya sobresale en NO<sub>2</sub> con una tasa promedio de crecimiento para todo el período de cerca de 6% y en mayores concentraciones de PM<sub>10</sub>.
- Las tres ciudades mantienen tasas moderadas en cuanto a O<sub>3</sub>, si bien la de Celaya es más alta que las demás.

**Tabla 64. Perspectivas de la calidad del aire en las ciudades de la región Concentraciones promedio de las estaciones de monitoreo de cada ciudad, estimadas con sistema de modelos econométricos que incluyen variables de producción industrial y kilómetros recorridos, así como temperatura, velocidad del viento y humedad relativa.**

Fuente: Elaboración propia usando un sistema de modelos econométricos de calidad del aire. Datos propios, del INEGI y de las estaciones de monitoreo de las ciudades consideradas.

	Salamanca					Celaya					Irapuato				
	CO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
	(ppm)	(ppb)	(ppb)	(µg/m <sup>3</sup> )	(ppb)	(ppm)	(ppb)	(ppb)	(µg/m <sup>3</sup> )	(ppb)	(ppm)	(ppb)	(ppb)	(µg/m <sup>3</sup> )	(ppb)
2005	2.28	13.4	25.1	63.6	43.1	1.1	5.0	29.7	57.8	8.0	0.9	9.1	24.9		10.3
2006	1.38	10.5	26.1	51.1	47.5	1.8	3.6	29.5	42.9	6.2	0.9	7.8	30.8	13.8	14.2
2007	1.74	15.0	25.0	60.0	32.6	1.5	7.4	18.71	35.6	6.1	0.8	13.5	31.4	26.1	14.8
2008	1.34	23.0	20.8	59.7	17.3	1.7	10.5	28.9	40.5	9.4	1.4	8.8	30.4	22.1	14.5
2009	1.08	10.4	19.3	53.0	13.9	1.2	9.3	29.2	48.8	15.1	1.5	8.7	30.1	20.3	12.0
2010	1.25	18.0	17.1	49.7	15.6	1.2	15.1	28.5	52.0	10.4	1.7	10.9	29.9	23.9	10.5
2011	1.71	13.5	27.3	57.1	19.3	1.2	19.4	32.7	110.7	6.6	1.2	12.2	35.2	77.0	11.5
2012	1.53	15.5	27.3	77.1	17.2	1.4	24.7	27.1	88.4	7.8	1.1	13.5	34.5	81.5	12.5
2013	1.65	16.8	27.0	65.6	19.7	1.4	27.2	28.3	85.2	7.0	1.1	13.3	34.9	78.2	11.8
2014	1.83	16.6	27.9	70.5	18.3	1.4	24.0	28.3	83.0	8.2	1.1	13.1	35.9	73.6	12.5
2015	2.01	16.9	28.6	70.5	18.4	1.5	22.9	28.9	83.1	8.6	1.1	12.7	36.5	73.1	12.7
2016	2.19	17.6	29.1	65.0	20.7	1.6	24.3	30.1	82.4	7.8	1.2	12.9	36.7	72.4	12.5
2017	2.39	18.0	29.7	63.1	21.8	1.6	24.6	30.9	82.4	7.7	1.1	13.4	37.1	70.9	12.8
2018	2.58	18.5	30.1	59.5	24.0	1.7	26.3	32.0	83.4	7.5	1.1	13.8	37.3	70.6	12.7
2019	2.77	19.2	30.2	53.6	27.9	1.7	31.2	33.4	86.5	7.0	1.1	14.7	37.3	71.8	12.4
2020	2.98	19.5	30.6	51.8	29.7	1.5	35.3	34.4	90.9	7.3	1.1	15.2	37.6	72.8	12.6
2021	3.21	19.5	31.2	52.7	30.0	1.3	38.9	35.1	96.5	8.2	1.1	14.8	37.9	74.3	12.9
2022	3.44	19.6	31.6	52.8	31.1	1.3	42.2	36.0	100.4	8.6	1.1	14.7	38.4	75.2	13.0

## Uso conjunto del análisis ecosistémico y el inventario de emisiones

Una vez que se han presentado los resultados del inventario de emisiones 2008 y del análisis ecosistémico en el presente capítulo, resulta conveniente utilizar ambos tipos de resultados para delinear algunas de las líneas estratégicas que serán utilizadas en el paquete de medidas y acciones propuestas para reducir las emisiones atmosféricas contaminantes de manera duradera. En ese contexto la información que ha sido posible conseguir para estimar la batería de modelos econométricos permite profundizar en la integración ecosistémica de dos variables: la industria manufacturera (como la define el INEGI, incluyendo a la petroquímica) y el total de kilómetros recorridos por los vehículos registrados en los tres municipios considerados.

La tabla 64 presenta los volúmenes de emisiones generados por los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca, así como los correspondientes porcentajes de lo emitido en la región respecto del total estatal. Es claro que en lo que se refiere a óxidos de azufre la ciudad de Salamanca debe considerarse como un objetivo aparte, debido a las actividades petroquímicas y de generación eléctrica. Pero también llama la atención que en emisiones de CO, un contaminante predominantemente asociado a la operación de los motores de combustión interna de los vehículos en circulación, estos tres municipios aportan el 41% del total generado en el estado.

**Tabla 65. Emisiones de los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Cve. Mupio	Municipio	Emisiones (ton/año)							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
	Celaya	8,326.44	1,815.77	1,299.62	225,310.05	13,875.53	24,121.09	23,058.59	1,490.11
7	Irapuato	7,677.15	1,940.73	856.24	228,296.93	13,997.35	25,628.07	24,447.96	2,006.49
17	Salamanca	6,931.74	2,541.14	45,469.77	227,143.24	14,456.60	24,128.01	23,197.21	1,798.59
27		22,935.33	6,297.64	47,625.63	680,750.22	42,329.48	73,877.17	70,703.76	5,295.19
	% del total estatal	0.30	0.27	0.91	0.41	0.34	0.19	0.19	0.13

Es muy importante aclarar que los datos que fueron usados para la estimación de los modelos econométricos de calidad del aire son concentraciones medidas en las estaciones de monitoreo y que la información que aparece en el inventario de emisiones corresponde a toneladas de emisiones. Evidentemente hay una relación entre ambas unidades pero ésta no suele ser simple debido a la injerencia casuística de diversas variables y factores. Para mantener simple la lógica de los argumentos posteriores y dado que en todos los casos la relación es positiva (más toneladas generan mayores concentraciones), se asumirá que la relación es de uno a uno.

Como ya ha sido mencionado el modelo regional presentado anteriormente y cuyos resultados aparecen

en la Tabla 63 demuestra la existencia de varias relaciones funcionales entre las actividades económicas de la región y las concentraciones de contaminantes atmosféricos. Por ejemplo, el modelo indica que si la actividad manufacturera (que incluye a la petroquímica) aumentara en uno por ciento, los incrementos esperados en las concentraciones serían de un 0.82% de NO<sub>2</sub> y de un 0.36% de SO<sub>2</sub>. Para estimar los impactos en emisión de contaminantes hay que identificar el volumen basal de estos contaminantes que corresponde a la industria manufacturera, lo cual se puede obtener con la información publicada en el Inventario de Emisiones Guanajuato 2008. La contribución de las fuentes fijas en la generación total de SO<sub>x</sub> y de NO<sub>x</sub> es del 92.47% y del 8.54% respectivamente, lo que nos permite estimar que los volúmenes basales de SO<sub>x</sub> y de NO<sub>x</sub> generados en el año

2008 por la industria manufacturera en la región formada por los municipios de Salamanca, Celaya e Irapuato rondaron las 44, 039 toneladas de SOx y las 3,615 toneladas de NOx.

Eso significa, bajo el supuesto ya mencionado y tomando estos últimos datos, que por cada incremento del uno por ciento de la actividad manufacturera en la región los incrementos de los contaminantes asociados fueron de alrededor de 1,585 toneladas de SO<sub>2</sub> y de 296 toneladas de NO<sub>2</sub>. La contribución de la región en emisiones de SO<sub>2</sub> es particularmente importante sobre todo por la fabricación de derivados del petróleo y del carbón, de donde se desprende que el énfasis para reducir estos contaminantes se debe poner en las acciones que corresponden a PEMEX.

En lo que se refiere a la variable kilómetros recorridos, la estrategia a seguir es más complicada por la cantidad de aspectos y factores que nutren tanto las necesidades

de desplazamientos como las longitudes de los mismos. En efecto y como se mencionó anteriormente, estos resultados demuestran la existencia de complejas relaciones funcionales entre las actividades económicas de la región y la concentración de contaminantes atmosféricos, lo cual justifica el uso de un enfoque ecosistémico para el diseño de las medidas que permitan reducir la contaminación atmosférica de manera duradera.

La Tabla 66 presenta las emisiones del parque vehicular de los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca. Llama mucho la atención que la región tiene registrado el 25% de los vehículos automotores del estado, pero que sus contribuciones a las emisiones de PM<sub>10</sub>, de PM<sub>2.5</sub>, de CO y de NOx son de alrededor del 40% en todos los casos, lo cual es un indicador de la intensidad de uso y del estado mecánico de la flota vehicular.

**Tabla 66, Emisiones de fuentes móviles de los municipios de Celaya, Irapuato y Salamanca.**

Fuente: Inventario de Emisiones Guanajuato 2008.

Cve	Municipio	No.	Emisiones (ton/año)							
			PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOX	COT	VOC	NH <sub>3</sub>
Mupio	Vehículos									
7	Celaya	108,886	133.60	112.60	384.39	223,556	12,562	12,598	11,811	164.02
17	Irapuato	104,293	132.57	111.64	382.21	224,814	12,185	12,661	11,819	160.76
27	Salamanca	61,273	56.59	46.98	174.81	155,147	5,846	8,203	7,808	86.46
		<b>274,452</b>	<b>322.76</b>	<b>271.22</b>	<b>941.41</b>	<b>603,517</b>	<b>30,593</b>	<b>33,462</b>	<b>31,438</b>	<b>411.24</b>
	<b>% del total estatal</b>	<b>0.25</b>	<b>0.40</b>	<b>0.41</b>	<b>0.34</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.27</b>	<b>0.26</b>	<b>0.26</b>

De acuerdo al modelo regional los impactos generados por el parque vehicular que circula en la región son de una magnitud muy importante: si se incrementara en un 10% el número de kilómetros recorridos totales los incrementos esperados de emisiones serían de un 8.8% de CO, de un 16.1% de NO<sub>2</sub>, de un 22.7% de O<sub>3</sub> y de un 28.1% de PM<sub>10</sub>. El tema requiere mucha atención porque los incrementos en emisiones con relación a los kilómetros recorridos van de una proporción de casi uno a uno para el CO hasta llegar a una proporción de casi tres a uno para las PM<sub>10</sub>.

El dinamismo económico de la región hace pensar que un incremento del 10% en el número de kilómetros recorridos

de la flota vehicular se puede alcanzar en muy poco tiempo. Si tomamos como referencia las emisiones registradas en el inventario 2008, los aumentos en toneladas para un incremento del 10% en kilómetros son los siguientes: 91 toneladas de PM<sub>10</sub>, 53,109 de CO y 4,925 de NO<sub>2</sub>. El ozono resultante se incrementaría, como ya se dijo, en un 22.7%.

Las razones estructurales que explican estos incrementos de magnitud importante nos remiten al Mapa 9, en el que aparecen algunas de las relaciones funcionales que ligan al número total de kilómetros recorridos con aspectos que representan la forma en la que está organizada la región. Esto da la pauta para aplicar una visión ecosistémica las propuestas

diseñadas para reducir la emisión de contaminantes, por ejemplo, aquellas que se refieren a los cambios en la mezcla y las intensidades de usos del suelo, a la erradicación de las ciudades dormitorio y a una mejor interconectividad modal de las redes de transporte, todo lo cual propiciaría una redistribución de las densidades de población y empleo y una reducción del tiempo total de operación de los motores vehiculares, disminuyendo con ello el consumo de combustibles y la emisión de contaminantes atmosféricos.

El mismo razonamiento que se ha aplicado a la región se puede aplicar a cada uno de los municipios que la integran. El caso de Salamanca ya fue comentado en lo que se refiere a las actividades petroquímicas, por lo que ahora se abordarán las estimaciones relativas al número total de kilómetros recorridos. El modelo de Salamanca indica que un incremento del 10% en el total de kilómetros recorridos de su parque vehicular genera incrementos muy importantes del 16.9% en CO, del 18.0% en NO<sub>2</sub>, del 28.1% en O<sub>3</sub> y del 34% en PM<sub>10</sub>. La magnitud de este último incremento sugiere que, entre otros aspectos, la resuspensión de polvos en la ciudad de Salamanca es un tema que hay que priorizar.

Si se toman en cuenta las emisiones registradas en el año 2008, las elasticidades anteriores indican que un incremento del 10% en el total de kilómetros recorridos por los vehículos registrados en Salamanca habrá generado los aumentos siguientes: 19.4 toneladas de PM<sub>10</sub>, 26,220 de CO y 1,052 de NO<sub>2</sub>. El ozono resultante se incrementaría, como ya se dijo, en un 28.1 %.

En la ciudad de Celaya los incrementos que muestran las

bases de datos disponibles son de una muy alta magnitud. En efecto, un 10% de aumento en la actividad manufacturera implica un aumento del 30.7% de NO<sub>2</sub> y un incremento del 10% en el total de kilómetros recorridos por los vehículos registrados en dicha ciudad provoca un incremento del 51.5% en PM<sub>10</sub>. Trasladado a toneladas eso implica que para los registros del 2008 un incremento del uno por ciento en la actividad manufacturera genera un aumento de 363 toneladas de NO<sub>2</sub> y un aumento del 10% en los kilómetros recorridos produce 69 toneladas de PM<sub>10</sub>.

En la ciudad de Irapuato los incrementos son en general más moderados, si bien la relación entre los kilómetros recorridos y las PM<sub>10</sub> presenta también un coeficiente muy elevado. En este caso la razón de que un incremento del 10% en los kilómetros recorridos genere un incremento esperado del 28.7% en partículas se puede deber a la contribución que tiene la resuspensión de polvos en caminos no pavimentados.

La argumentación desarrollada en este capítulo justifica la necesidad de ir construyendo las condiciones necesarias para un proceso de cambio estructural que mejore el funcionamiento de las ciudades de Salamanca, Celaya e Irapuato en particular, y de la región que dichas ciudades integran en lo general. El funcionamiento mejorará si se les aborda como ecosistemas urbanos y se incide sobre aquellos aspectos estructurales que son capaces de mantener el nivel deseable de desempeño económico y social utilizando menos recursos, es decir, menos suelo, menos tiempo y dinero en transporte, y menos consumo energético, todo lo cual finalmente se manifiesta como menores emisiones contaminantes y mayor calidad de vida.

## 4. Medidas y acciones

### 4.1 Enfoque ecosistémico y estrategias

#### Actores responsables

Enseguida se presentan las siglas utilizadas para especificar los actores responsables en cada una de las acciones propuestas:

IEE	Instituto de Ecología del estado de Guanajuato.
PAOT-GTO	Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial del Estado de Guanajuato.
M	Áreas administrativas municipales responsables por reglamento.
SSG	Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SENER	Secretaría de Energía.
PEMEX	Petróleos Mexicanos.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CTCAA	Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas.
GEG	Dependencias responsables del Gobierno del estado de Guanajuato.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SEG	Secretaría de Educación de Guanajuato.
CMACG	Comisión Ambiental para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato.

## Estrategias

Las medidas que se proponen en este capítulo están agrupadas en siete estrategias, que dividen su campo de acción de manera específica pero sin dejar de contemplar la relación que tienen entre ellas, de acuerdo al enfoque ecosistémico abordado por el programa a continuación se describe cada una de ellas.

#### Estrategia 1.

##### Refuerzo de la Protección de la Salud

Las acciones propuestas en esta estrategia pretenden mejorar y ampliar los conocimientos relacionados con los efectos sociales y económicos asociados a la contaminación atmosférica, con el propósito de generar líneas de acción

para prevenir e informar sobre los riesgos a la salud y proteger a la población. La estrategia comprende 5 medidas que contienen 20 acciones que como principal misión es la protección a la salud de la población, estas acciones están basadas en la normatividad relacionado a salud en calidad del aire ambiente.

#### Estrategia 2:

##### Reducción y Control de Emisiones en Fuentes Específicas

Las acciones de esta estrategia tienen la finalidad reducir las emisiones en fuentes identificadas como generadoras de contaminantes atmosféricos, a través de programas específicos de control, regulación, vigilancia y mejoramiento

tecnológico. En las medidas contenidas en esta estrategia encontramos las acciones de mitigación propuesta por la industria petroquímica y de generación de la energía. En gran medida esta estrategia es una combinación de las medidas del enfoque anterior del ProAire y el nuevo, ya que como se ha mencionado algunas estrategias son imprescindibles pero no han sido suficientes, por lo que se contemplan acciones que den un nuevo seguimiento a la generación de emisiones y sean ligadas a actividades de operación, funcionamiento.

### **Estrategia 3: Eficiencia Energética**

Esta estrategia establece acciones para incrementar la eficiencia energética a través de políticas ambientales que contemplen cambios estructurales con un enfoque ecosistémico, buscando obtener cobeneficios permanentes para la reducción de emisiones contaminantes. Esta estrategia es una de las principales herramientas en el enfoque ecosistémico ya que trata de mitigar la entropía urbana, es decir, busca que la región disminuya su consumo energético haciendo las mismas actividades que al presente momento se generan, lo que involucra cambios en el seno de la generación de los servicios que ofrece los gobiernos a través de la generación de indicadores de eficiencia, de esta manera buscara tener injerencia en la planeación de los usos e intensidades de suelo de la región que tendrá que ver con la forma en la que se relacionan las emisiones de contaminantes con la forma de vida actual.

### **Estrategia 4: Movilidad Sustentable**

Esta estrategia contiene medidas relacionadas con la planeación sistémica e interdisciplinaria de las redes urbanas y regionales de transporte y movilidad, a través de la regulación de los sistemas actuales, desincentivar el uso del automóvil y promover el uso del transporte público y el no motorizado. En el estado de acuerdo al inventario de emisiones las fuentes móviles son las responsables de generar la mayor cantidad de NOx que a su vez es un precursor del ozono, así como del CO y del CO<sub>2</sub> en cuestiones de cambio climático.

### **Estrategia 5: Manejo Sustentable de los Recursos Naturales**

Esta estrategia incluye acciones dirigidas a la conservación de los recursos naturales, a través del reforzamiento e implementación de los planes de ordenamiento ecológico y programas específicos de restauración y recuperación de ecosistemas con un enfoque sustentable.

La estrategia contempla acciones en las zonas urbanas y áreas naturales en la región buscando generar el equilibrio que debe existir entre los ecosistemas, de esta manera el desarrollo de estas acciones y medidas tendrán un especial enfoque en la calidad de vida de la población buscando que la relación con los ecosistemas naturales y las áreas verdes de las zonas urbanas, contribuyan al enriquecimiento del entorno.

### **Estrategia 6: Educación, Comunicación Pública, Cultura Ambiental y Participación Ciudadana para la Calidad del Aire**

Generalmente cuando se habla de cambios estructurales regularmente una de las acciones primordiales es la educación y la inclusión de la sociedad que tendría que participar en los cambios, socializar los problemas y hacerlos de la comunidad tendría beneficios que potencializarían de las soluciones. Por lo que esta estrategia pretende impulsar cambios educativos y culturales necesarios para elevar la eficiencia y la eficacia de los ecosistemas urbanos y regionales a través de la capacitación y la participación ciudadana que permitan integrar a la sociedad en la gestión de la calidad del aire.

### **Estrategia 7: Investigación y Fortalecimiento Institucional**

La investigación y el fortalecimiento institucional es una de las tareas imprescindibles en la lucha por mejorar la calidad del aire. Esta estrategia se enfoca en el fortalecimiento de las capacidades técnicas de seguimiento, evaluación, vigilancia y equipamiento tecnológico de las instituciones que

permita soportar el cumplimiento de las medidas y acciones contempladas en este programa. Es importante que la agenda prevea los tiempos y acciones adecuadas para los cambios e implementaciones de acciones que beneficien a la calidad del aire.

**Estrategia 8:**  
**Financiamiento**

El garantizar el cumplimiento de las medidas acciones del programa es tarea de esta estrategia a través del fortalecimiento de esquemas de financiamiento estratégico públicos, internacionales y privados, con la finalidad de contar con una bolsa de recursos que garantice el logro de los objetivos.



**Estrategia 1.**  
**Refuerzo de la Protección de la salud**

# Medida 1. Fortalecer el Sistema de Vigilancia Epidemiológica.

## Objetivo

Continuar con el Sistema de Vigilancia Epidemiológica para contar con información sólida y oportuna que pueda ser utilizada para respaldar campañas de difusión y la elaboración

de políticas públicas en materia de salud y que fortalezca la gestión integral de la calidad del aire.

## Justificación

Es necesario complementar este sistema con acciones específicas que permitan tener un diagnóstico en salud que soporte la implementación de programas de intervención

oportuna ante la presencia de factores de riesgo ocasionados por la contaminación atmosférica.

**Cronograma de ejecución**

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Continuar con el sistema de vigilancia epidemiológica a través de la atención médica, promoción a la salud y vigilancia y fomento sanitario.	SSG	Informe de estadísticas semestrales.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Reforzar y actualizar los sistemas de captura y sistematización de información proveniente de las unidades médicas.	SSG	Informe de actualizaciones al sistema.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Capacitar al personal encargado de operar y mantener los sistemas de información.	SSG	Número de personas capacitadas por año.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Analizar la información y difusión de datos e indicadores para respaldar campañas y políticas de calidad del aire.	SSG	Reporte semestral de actividades.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

**Contaminantes involucrados**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1 millón de pesos.

## Medida 2. Generar un sistema de alerta temprana en materia de salud a nivel regional.

### Objetivo

Disminuir los riesgos a la salud de la población por la contaminación atmosférica a través de la implementación de

un sistema de alerta temprana.

### Justificación

En la actualidad no se cuenta con una herramienta para la prevención y protección oportuna de riesgos sanitarios en la población expuesta a altos niveles de contaminación

atmosférica así como la identificación de grupos y zonas vulnerables.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Conformar un grupo de especialistas en salud para diseñar el sistema de alerta temprana.	SSG	Documento de conformación del grupo.	•									
2 Determinar la morbilidad y mortalidad de los efectos agudos y crónicos en población general y grupos vulnerables en la región.	SSG	Reporte sobre morbilidad y mortalidad en la región.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Detectar situaciones de alerta que generen riesgos a la salud de la población.	SSG	Reporte sobre riesgos a la salud de la población en la región.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Definir los grupos poblacionales y zonas vulnerables.	SSG	Grupos vulnerables y zonas vulnerables identificadas. Reporte anual de actividades.	•	•	•							
5 Implementar el sistema de alerta temprana de salud.	SSG	Informe de sistema implementado.			•	•						
6 Evaluar la implementación del sistema de alerta temprana.	SSG	Reporte anual de evaluación del sistema.					•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 2 millones de pesos.

## Medida 3. Actualizar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas

### Objetivo

Revisar y actualizar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la ciudad de Salamanca como

parte de las actividades del Comité Técnico de Contingencias.

### Justificación

El programa de contingencias de la ciudad de Salamanca tiene su origen en el año 2005 y tuvo su última actualización en el año 2009. Este programa nació con el objetivo de la reducción urgente e inmediata de las emisiones contaminantes

en fuentes específicas por lo que representa un instrumento importante para proteger a la población de la exposición continúa a niveles elevados de contaminación atmosférica, resultando inminente revisar su operatividad y cobertura.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Analizar la factibilidad de implementar en los municipios de Irapuato y Celaya un Programa Contingencias Ambientales Atmosféricas.	M CTCAA	Informe final de factibilidad.	•									
2 Revisar y actualizar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de Salamanca.	CTCAA	Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de Salamanca publicado en el POE.	•				•				•	
3 Desarrollar el programa de capacitación.	CTCAA	Programa de capacitación establecido.	•				•				•	
4 Implementar programa de capacitación.	CTCAA	Taller de capacitación impartido.	•				•				•	

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 6.5 millones de pesos, costo de operación interna.

## Medida 4.

# Diseñar e implementar un sistema permanente de evaluación económica de los costos en salud.

## Objetivo

Cuantificar los costos económicos asociados a los daños ocasionados por la contaminación atmosférica sobre la salud

a través de la implementación de un sistema permanente de evaluación.

## Justificación

La estimación de los costos en salud asociados a la contaminación permite contar con una base de información muy útil para la evaluación de las políticas públicas dirigidas

a mejorar la calidad del aire, confirmando que tiene un costo económico más bajo acciones preventivas que correctivas.

### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Crear grupos interdisciplinarios de investigación relativa a efectos a la salud atribuidos a la contaminación atmosférica.	SSG	Acta de conformación de grupos interdisciplinarios de investigación.	•	•								
2 Impulsar y desarrollar investigaciones específicas relacionadas con contaminantes atmosféricos así como sus costos y efectos en la población de la región.	SSG	Número de proyectos desarrollados.			•		•		•		•	
3 Integrar informe de afectaciones y costos generados por los efectos en la salud de la población derivados de la contaminación atmosférica.	SSG	Informe final de proyectos desarrollados.				•		•		•		•

### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1 millón de pesos.

## Medida 5. Diseñar e implementar un sistema de comunicación oportuna de riesgos.

### Objetivo

Elaborar y difundir campañas de comunicación de riesgos sanitarios para promover una cultura de protección a la salud, a través de la vinculación con el sector educativo, sociedad

civil y sectores específicos, que contribuya a disminuir los tiempos de exposición de la población a la contaminación atmosférica.

### Justificación

La población de la región recibe información continua sobre el estado de la calidad del aire, es muy importante reforzar y ampliar la información referente a dos aspectos: los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud y

las acciones que puede realizar la población para modificar su comportamiento y consecuentemente ampliar su protección ante niveles adversos de contaminantes en el aire.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Generar línea base de percepción social sobre riesgos sanitarios de la contaminación atmosférica.	SSG	Estudio.	•	•								
2 Desarrollar estrategia de comunicación de riesgos sanitarios por contaminación atmosférica.	SSG	Reporte de la estrategia de comunicación de riesgos.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Vinculación del sector educativo, sociedad civil y sectores específicos para comunicación de riesgos en base a la estrategia.	SSG	Instituciones vinculadas.		•	•	•	•	•	•	•	•	•

Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1 millón de pesos.



**Estrategia 2:  
Reducción y control de Emisiones  
en Fuentes Específicas**

## Medida 6. Mantener la reducción de emisiones en la Refinería Ing. Antonio M. Amor.

### Objetivo

Mantener la reducción de emisiones de SO<sub>2</sub> generadas por la Refinería Ing. Antonio M. Amor, mediante la realización de inversiones para la puesta en operación de una nueva planta

de recuperación de azufre y una unidad de recuperación de gases residuales, así como mantenerlas operando.

### Justificación

Contribuir a la mejora de la calidad de aire de la comunidad de la cual la Refinería forma parte, mediante la continuación del cumplimiento de los compromisos adquiridos por la

Refinería “Ing. Antonio M. Amor” en materia de calidad de aire de la ciudad de Salamanca, Guanajuato y de la región.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Puesta en operación de una nueva planta de recuperación de azufre (SRU 2).	Pemex Refinación	Reducción de emisiones reportadas en COA.	•									
2 Mantener en operación la nueva planta de recuperación de azufre (SRU 2).	Pemex Refinación	Reducción de emisiones reportadas en COA.		•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Puesta en operación de una unidad de recuperación de gases residuales (BC1100).	Pemex Refinación	Reducción de emisiones reportadas en COA.	•									
4 Mantener en operación la unidad de recuperación de gases residuales (BC1100).	Pemex Refinación	Reducción de emisiones reportadas en COA.		•	•	•	•	•	•	•	•	•
5 Rehabilitación de la planta de tratamiento de gases de cola (TGTU).	Pemex Refinación	Reducción de emisiones reportadas en COA.			•							
6 Realización de un estudio para la instalación de nuevas unidades de recuperación de gases.	Pemex Refinación	Informe final		•								

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	N/A	•	N/A	N/A	•	N/A

Costo estimado: 787.637 millones de pesos.

## Medida 7. Mantener las emisiones de la Central Termoelectrónica de Salamanca.

### Objetivo

Mantener las emisiones de SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> generadas por la Central Termoelectrónica de Salamanca, por medio de la sustitución de combustibles, así como implementar un

proyecto de cogeneración en la Central Termoelectrónica de Salamanca como una estrategia de eficiencia energética.

### Justificación

La Central Termoelectrónica de Salamanca tiene un importante potencial de cogeneración que permitiría aprovechar tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica en un proceso único.

El aprovechamiento de la energía química del combustible es del 25% al 46% (sobre el poder calorífico inferior), y el resto debe disiparse en forma de calor. Con la cogeneración se aprovecha una parte importante de la energía térmica que normalmente se disiparía a la atmósfera o a una masa de agua y evita volver a generarla con una caldera.

Al generar electricidad por una turbina, el

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Operar a bajo factor de planta.*	CFE	Factor de planta.	•	•								
2 Utilizar una mezcla de gas natural-combustóleo del 65%-35%, respectivamente.*	CFE	% por tipo de combustible.	•	•								
3 Proyecto de Co-generación en la Central Termoelectrónica.	CFE	Planta instalada y en operación a partir del 2015.			•	•	•	•	•	•	•	•
4 Sujeto a la disponibilidad de transporte de gas natural y a la recepción y nominación (despacho) del Gas Natural que realice CFE al amparo de los contratos con sus proveedores, reportar a SENER y a PEMEX las cantidades de este combustible entregado a la Central Termoelectrónica de Salamanca.	PGPB	Millones de m <sup>3</sup> de gas suministrado a la central termoelectrónica de Salamanca.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

\* La proporción en la mezcla de combustibles podrá variar de acuerdo con la disponibilidad de los energéticos y las necesidades que aseguren la continuidad del servicio de suministro de energía eléctrica en Guanajuato y estados aledaños. La modificación a la proporción de mezcla y su justificación técnica deberán notificarse a la SEMARNAT y a la SENER cuando se requiera debido a restricciones, alertas críticas o situaciones fuera del control de la CFE sobre el abasto y suministro del gas natural a la central termoelectrónica Salamanca para el periodo incluido en este ProAire.

Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	N/A	N/A	•	•

Costo estimado: 8 millones de pesos anuales por la sustitución del combustible más 4,480 millones de pesos del proyecto de cogeneración.

## Medida 8. Reducir las emisiones generadas a la atmósfera por la empresa Univex, S.A.

### Objetivo

Reducir las emisiones a la atmósfera, a partir del resultado de una auditoría energética que se realice por la empresa, en

la que se establecerán las acciones que se recomienden y el calendario para su implementación.

### Justificación

El proceso industrial de Univex, S.A. implica el consumo de diferentes combustibles y de sustancias propias y necesarias para realizarlos, lo que trae como consecuencia que se generen emisiones a la atmósfera provenientes de esos procesos; conscientes de ello Univex está de acuerdo en realizar una Auditoría de Eficiencia Energética a sus procesos industriales para evaluar y controlar las emisiones de sus procesos.

Debido a los consumos de combustibles y a la necesidad de reducir emisiones generadas por la empresa, es importante incrementar la eficiencia energética que repercuta, entre otros aspectos, en un uso eficiente de la energía que se destina al alumbrado, calefacción, aire acondicionado, ventilación, aire comprimido, vapor, informática, comunicaciones, y restantes tecnologías horizontales, dado que repartir la energía añadida a cada producto en cada uno de los procesos de fabricación forma parte de la labor de la auditoría energética.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Realizar auditoría energética y la evaluación del control de las emisiones provenientes del proceso.	Univex, S.A.	Informe de resultados de auditoría energética elaborado.	•	•								
2 Establecer un Programa de Reducción de Emisiones Atmosféricas.	Univex, S.A.	Programa de Reducción de Emisiones concluido.		•	•	•	•					

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	•	•	N/A	N/A	•	•	N/A

Costo estimado: No estimado.

## Medida 9. Reducir las emisiones generadas a la atmósfera por la empresa Sales del Bajío S.A. de C.V.

### Objetivo

Reducir las emisiones a la atmósfera, a partir del resultado de una auditoría energética que se realice por la empresa, en

la que se establecerán las acciones que se recomienden y el calendario para su implementación.

### Justificación

El proceso industrial de Sales del Bajío S.A. de C.V. implica el consumo de diferentes combustibles y de sustancias propias y necesarias para realizarlos, lo que trae como consecuencia que se generen emisiones a la atmósfera provenientes de esos procesos; conscientes de ello Sales del Bajío está de acuerdo en realizar una Auditoría de Eficiencia Energética a sus procesos industriales para evaluar y controlar las emisiones de sus procesos.

Debido a los consumos de combustibles y a la necesidad de reducir emisiones generadas por la empresa, es importante incrementar la eficiencia energética que repercuta, entre otros aspectos, en un uso eficiente de la energía que se destina al alumbrado, calefacción, aire acondicionado, ventilación, aire comprimido, vapor, informática, comunicaciones, y restantes tecnologías horizontales, dado que repartir la energía añadida a cada producto en cada uno de los procesos de fabricación forma parte de la labor de la auditoría energética.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Realizar auditoría energética y la evaluación del control de las emisiones provenientes del proceso.	Sales del Bajío, S.A. de C.V.	Informe de resultados de auditoría energética elaborado.	•	•								
2 Establecer un Programa de Reducción de Emisiones Atmosféricas.	Sales del Bajío, S.A. de C.V.	Programa de Reducción de Emisiones concluido.		•	•	•	•					

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	•	•	N/A	N/A	•	•	N/A

Costo estimado: No estimado.

## Medida 10. Reducir las emisiones generadas por la industria ladrillera.

### Objetivo

Disminuir las emisiones provenientes de los procesos relacionados con la industria ladrillera en la región a través

de la capacitación, tecnificación y cumplimiento de la normatividad aplicable.

### Justificación

Es necesario continuar y reforzar los trabajos que se han realizado en el sector ladrillero en la región, a fin de impulsar estrategias integrales que permitan satisfacer las necesidades

primordiales para prevenir y controlar los impactos sociales y ambientales.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Establecer un convenio con productores para implementar estrategias para mitigar las emisiones generadas por la producción de ladrillo rojo, considerando la reubicación de hornos.	M	Convenio firmado.	•									
2 Establecer un programa de trabajo para el cumplimiento de las estrategias.	M	Programa de trabajo elaborado.	•									
3 Implementar el programa.	M	Informe anual de acciones implementadas.		•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Proporcionar asesoría técnica a productores sobre nuevas tecnologías sustentables.	IEE M	Número de productores asesorados por año.			•	•	•	•	•	•	•	•
5 Regular al menos el 50% de productores ladrilleros de la región.	IEE M	Porcentaje de productores regulados.			•	•	•	•	•	•	•	•
6 Asegurar el cumplimiento de la Norma Técnica NTA-IEE-001/2010.	PAOT GTO	Informe de acciones realizadas.				•	•	•	•	•	•	•
7 Realizar visitas de verificación y de inspección a las ladrilleras de la región.	PAOT GTO	Número de visitas realizadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	N/A	•	•	•

Costo estimado: 10 millones de pesos, por municipio.

## Medida 11. Regular, vigilar e inspeccionar fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal.

### Objetivo

Fortalecer los procesos de inspección y vigilancia en la industria de jurisdicción estatal y federal en la región.

### Justificación

El universo de unidades económicas<sup>7</sup> ubicados en el municipio de Salamanca es de aproximadamente 9,500 empresas de las cuales 8,810 se relacionan a actividades comerciales, de servicios, construcción y agropecuarias, 690 corresponden a la industria manufacturera, a su vez 19 empresas son de jurisdicción federal representando el 2.7% del total de la industria manufacturera.

Actualmente no se cuenta con un padrón actualizado y particular para la región de las fuentes fijas de jurisdicción estatal y federal que no ha permitido regular y vigilar el 100% de la industria. A través del fortalecimiento, será posible mejorar dichos procesos que promuevan el cumplimiento de la normatividad aplicable.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Mantener actualizado el padrón regional de fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal, en materia de atmósfera.	SEMARNAT IEE	Padrón actualizado de fuentes fijas.	•		•			•			•	
2 Establecer un programa permanente de regulación de fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal en materia de atmósfera.	SEMARNAT IEE	Número de empresas con licencia de funcionamiento vigente.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Incrementar el % anual de empresas verificadas conforme a la normatividad aplicable, respecto al año anterior de las fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal en materia de emisiones a la atmósfera.	PROFEPA PAOT GTO	Porcentaje anual de empresas verificadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Fortalecer el registro de emisiones y transferencia de contaminantes en fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal. Aquellas empresas que efectúen la quema de combustibles fósiles deberán cuantificar las sustancias del RETC que generen.	SEMARNAT IEE	Reporte anual de la COA para alimentar al RETC.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5 Incrementar el % anual de visitas de verificación para el cumplimiento de la normatividad aplicable a las empresas de jurisdicción federal y estatal en materia de salud.	SSG	Porcentaje anual de cumplimiento conforme a la normatividad aplicable.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	N/A	•	•	•

Costo estimado: 1.7 millones, costo de operación interna.

<sup>7)</sup> Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) INEGI.

## Medida 12. Desarrollar un programa de sustentabilidad ambiental en el sector industrial.

### Objetivo

Reducir las emisiones generadas por el sector industrial en la región, a través del diseño e implementación de un

programa voluntario enfocado a la industria de competencia estatal que promueva la sustentabilidad ambiental.

### Justificación

En la región se localiza el principal corredor industrial del Estado y del centro del país, lo que posiciona a los municipios de la región como polos de desarrollo económicos importantes. La actividad industrial de la región está representada por los giros de generación de energía eléctrica, refinación del petróleo, petroquímica, automotriz y alimentos.

En la actualidad la responsabilidad del sector industrial en materia ambiental ha ganado importancia y ha valorizado a las empresas, por tal motivo es importante reconocer los esfuerzos que van más allá del cumplimiento normativo realizado por las industrias, con el objeto de promover y generar sinergias en beneficio del medio ambiente y su entorno.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Integrar un equipo multidisciplinario para diseño del programa.	IEE	Minuta de equipo integrado.	•									
2 Desarrollar y publicar el programa.	IEE M	Programa publicado.	•	•	•							
3 Implementar, difundir y dar seguimiento al programa.	IEE M	Informe anual de resultados.				•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	N/A	•	•	•

Costo estimado: 8 millones de pesos.

## Medida 13. Regular, vigilar e inspeccionar comercios y servicios en la región.

### Objetivo

Reducirlas emisiones generadas por las fuentes de área en la región, a través del fortalecimiento y actualización de los

instrumentos de inspección y vigilancia municipales.

### Justificación

Actualmente los procesos de inspección y vigilancia municipales en la región no son eficientes debido a que no se cuenta con la infraestructura suficiente para regular el 100%

de las emisiones a la atmósfera generadas por los comercios y servicios. Aunado a lo anterior, es necesario implementar el RETC a nivel municipal.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Establecer y actualizar de forma permanente un padrón de establecimientos comerciales y de servicios para los municipios de la región.	M	Padrón municipal de comercios y servicios que generen emisiones a la atmósfera.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Revisar y actualizar los reglamentos municipales en materia de prevención de la contaminación atmosférica para la regulación de comercios y servicios que generen emisiones a la atmósfera.	M	Reglamento actualizado y publicado.	•			•			•			•
3 Incrementar el % anual de fuentes de área verificadas conforme a la normatividad aplicable, respecto al año anterior.	M IEE	Porcentaje anual de empresas verificadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Elaborar e implementar el RETC en los municipios de la región.	M	Publicación del RETC municipal.				•	•	•	•	•	•	•
5 Promover programas de reducción de emisiones en comercios y servicios que generen emisiones a la atmósfera.	M	Informe anual de acciones realizadas de promoción.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	N/A	•	•	•

Costo estimado: 1.5 millones de pesos, costo operación interna considerando 0.5 millones por municipio.

## Medida 14. Reducir emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV's) en fuentes fijas y de área.

### Objetivo

Implementar proyectos para la disminución de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en las principales fuentes

fijas y de área en la región.

### Justificación

De acuerdo al inventario estatal de emisiones de contaminantes criterio año base 2008, la fuente principal de emisión de COV's es por el uso de solventes domésticos (contribución del 26%), seguido de actividades de limpieza y desengrase (18.6%), ladrilleras (12.4%), recubrimiento de superficies arquitectónicas (7.7%) así como distribución y mercadeo de gasolinas (7.4%). En este sentido es importante

implementar proyectos para la disminución de este contaminante.

Adicionalmente, no se cuenta con un diagnóstico sobre el uso y manejo de sustancias generadoras de COV's que permita precisar a mayor detalle el inventario de emisiones así como impulsar políticas para giros no regulados actualmente.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Desarrollar un diagnóstico sobre manejo y uso de sustancias generadoras de COV's.	IEE M	Reporte final del diagnóstico.	•	•								
2 Diseñar, elaborar y socializar un programa de reducción de emisión de COV's.	SEMARNAT IEE M	Programa aprobado.		•	•							
3 Implementar el programa.	SEMARNAT IEE M	Reporte anual de resultados.				•	•	•	•	•	•	•
4 Evaluar y dar seguimiento al programa.	IEE M	Toneladas/año de COV's reducidas.				•	•	•	•	•	•	•
5 Impulsar la publicación de una Norma Técnica Estatal para el control de COV's en estaciones de servicio.	SEMARNAT IEE	Reporte anual de acciones realizadas.		•	•							

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	N/A	•

Costo estimado: 1 millón de pesos.

## Medida 15. Implementar programas para reducir las emisiones de las fuentes móviles.

### Objetivo

Implementar proyectos para la disminución de emisiones de contaminantes atmosféricos generados por todas las

fuentes móviles que circulan en la región.

### Justificación

De acuerdo al inventario estatal de emisiones de contaminantes criterio año base 2008, la contribución en la emisión de contaminantes por las fuentes móviles es de 92.1% para el CO y del 62.1% para los NOx. Así mismo, y dado el

incremento continuo de la flota vehicular en el Estado, es imprescindible la ejecución de programas para la mitigación y control de emisiones por dichas fuentes.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Desarrollar un estudio de circulación de vehículos en la región.	IEE	Reporte final de resultados del estudio.	•	•								
2 Promover con la Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración el fortalecimiento del padrón de vehículos registrados en los municipios de la región.	IEE	Evidencia documental de la gestión.		•	•							
3 Promover un proyecto para la vinculación de las bases de datos de verificación vehicular y padrón vehicular de la SFIA.	IEE	Evidencia documental de la gestión.	•	•								
4 Impulsar la inclusión de la verificación en cualquier trámite relacionado con el vehículo.	IEE	Evidencia documental de la gestión.		•	•							
5 Fortalecer el Programa de Verificación Vehicular Estatal.	IEE M PAOT GTO	Informe de acciones realizadas para el fortalecimiento.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6 Lograr que al año 2018 al menos el 80% de los vehículos sean verificados en la región.	M PAOT GTO IEE	Reporte anual de resultados.	•	•	•	•	•	•				

7	Lograr que el 100% de los vehículos oficiales pertenecientes a los 3 órdenes de gobierno sean verificados.	SEMARNAT IEE M	Reporte anual de resultados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	Actualizar el Reglamento de Tránsito Municipal para incluir la sanción de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes, conforme al marco jurídico aplicable.	M	Reglamento actualizado.	•	•								
9	Diseñar e implementar un Programa de Detección de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes.	M PAOT GTO IEE	Número de operativos realizados.		•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	Impulsar la renovación del parque vehicular oficial y del transporte público de jurisdicción municipal.	IEE M	Número de unidades renovadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	Promover el uso de vehículos con tecnologías que permiten mitigar la emisión de contaminantes.	IEE M	Reporte de acciones realizadas.		•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	Diseñar e implementar un programa de sustitución de convertidores catalíticos en los vehículos que circulan en la región.	IEE	Número de convertidores catalíticos sustituidos.				•	•	•	•	•	•	•
13	Diseñar e implementar un programa de sustitución de vehículos particulares con más de 15 años de antigüedad.	IEE M	Número de vehículos renovados.				•	•	•	•	•	•	•

**Contaminantes involucrados**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	•	•	•	•

Costo estimado: 10 millones de pesos, por municipio.

## Medida 16. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto.

### Objetivo

Promover estrategias que permitan la reducción de emisiones provenientes de las quemas a cielo abierto en la región.

### Justificación

La región de Salamanca, Irapuato y Celaya, tiene una fuerte actividad agrícola, lo que genera una gran cantidad de residuos por esta industria. Es recurrente ver en la región quemas a cielo abierto de estos residuos. Así mismo, las tradiciones urbanas y rurales como la quema de fogatas,

viejitos (piñatas), cohetes, juegos pirotécnicos y basura en días festivos, han contribuido a la activación de la fase de precontingencia atmosférica en la ciudad de Salamanca, así como al incumplimiento de la normatividad en materia de calidad del aire.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Impulsar acciones de coordinación regional para mitigación de quemas a cielo abierto.	IEE M PAOT GTO	Reporte anual de acciones.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Revisar e implementar en los reglamentos municipales un esquema de sanciones por quemas a cielo abierto en zonas urbanas.	M	Reglamentos actualizados.	•									
3 Impulsar acciones para fomentar prácticas de labranza de conservación en el sector agrícola de la región.	IEE M	Reporte anual de acciones realizadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Vigilar el cumplimiento de la norma NTA-IEG-005/2000.	PAOT GTO M	Reporte anual de acciones realizadas y porcentaje de cumplimiento.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5 Aplicar y actualizar el esquema de sanciones para condicionar el otorgamiento de incentivos existentes en programas de apoyo agropecuario a la no quema de esquilmos.	M	Reporte anual de acciones.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6 Fortalecer el programa de inspección y vigilancia para evitar las quemas a cielo abierto.	PAOT GTO M	Reporte anual de acciones.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	N/A	•	N/A	N/A	N/A	N/A	•

Costo estimado: 1 millón de pesos, por municipio.

## Medida 17. Reducir las emisiones provenientes de suelos erosionados, caminos sin pavimentar y bancos de materiales.

### Objetivo

Mitigar las emisiones generadas por la erosión de suelos, caminos sin pavimentar y bancos de materiales en la región a

través de acciones de pavimentación, inspección y vigilancia.

### Justificación

En una proporción importante de la zona urbana y conurbada de la región existen calles sin pavimentar por lo que el tránsito vehicular genera la suspensión de polvos. Aunado a esto, las áreas recreativas donadas a los municipios por los fraccionadores se entregan sin cubierta vegetal, convirtiéndose en una fuente importante de generación de tolvaneras, lo que genera la necesidad de realizar acciones específicas encaminadas a reducir las emisiones por estas

fuentes.

En la región existen grandes extensiones de suelos degradados, calizos y sin cubierta vegetal, así como terrenos agrícolas abandonados. Además, actividades productivas como la explotación de bancos de materiales, el pastoreo y la ganadería semiestabulada han originado suelos susceptibles de erosión.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Mantener actualizada una base de datos georeferenciados de suelos sin cubierta vegetal, sin pavimentar y de bancos de materiales en la región.	M IEE PAOT GTO	Base de datos actualizada.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Orientar los programas de pavimentación o asfaltado en zonas identificadas como prioritarias para la mitigación de partículas.	M	100,000 m <sup>2</sup> por año de calles pavimentadas o asfaltadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Regular el funcionamiento de los bancos de materiales.	IEE	100% de bancos regulados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Fortalecer la inspección y las sanciones a todos los bancos de materiales.	PAOT GTO	Porcentaje anual de bancos inspeccionados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5 Reforestar los espacios recuperados y asegurar la sobrevivencia de las especies plantadas.	M	85,000 m <sup>2</sup> reforestados	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 540 millones de pesos, por municipio.



## **Estrategia 3: Eficiencia Energética**

## Medida 18. Fomentar el uso de energías y tecnologías limpias en los sectores industrial, comercial, de servicios, doméstico y público.

### Objetivo

Promover el uso de energía y tecnologías limpias que permitan reducir emisiones adicionales en los sectores

industrial, comercial, de servicios, doméstico y público.

### Justificación

Las emisiones contaminantes asociadas a la operación ordinaria en los diferentes sectores, de manera específica la generación intramuros de emisiones, depende de la cantidad de combustible utilizado, tecnología, mejoramiento de procesos y controles de calidad. Por ello resulta necesario

promover el uso de tecnologías limpias y/o sustentables que contribuyan a la disminución de contaminantes a la atmósfera, además de preservar los ecosistemas al utilizar en menor cantidad los combustibles fósiles.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Realizar un diagnóstico sobre el potencial de uso de tecnologías limpias en los sectores industrial, comercial, de servicios, doméstico y público en la región.	IEE M	Resultado final de estudio realizado.		•	•							
2 Desarrollar un programa regional enfocado al uso de tecnologías limpias por sector.	M IEE	Programa aprobado.				•			•			•
3 Implementar y dar seguimiento al programa.	M	Reporte anual de resultados.				•	•	•	•	•	•	
4 Revisar y actualizar el programa.	IEE M	Programa actualizado.							•			
5 Promover y difundir la realización de foros de tecnologías limpias en la entidad.	IEE M	Eventos realizados y resultados obtenidos.	•			•			•			•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	N/A

Costo estimado: 1millón de pesos, por municipio.

## Medida 19. Implementar un programa de eficiencia energética en servicios municipales.

### Objetivo

Contar con sistemas eficientes de servicios públicos para reducir el consumo de energía sin disminuir la capacidad de

los servicios a los habitantes de la región considerando el crecimiento paulatino de las poblaciones.

### Justificación

Actualmente los municipios no cuentan con un diagnóstico que les permita conocer el nivel de eficiencia energética respecto a los servicios públicos que suministran y que les permita identificar áreas de oportunidad para

disminuir el consumo. Dentro de los servicios públicos de mayor demanda en la región destacan el suministro de agua potable, disposición de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales y alumbrado público.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Contar con un diagnóstico que permita conocer las relaciones existentes entre las características de la estructura urbana y el consumo energético de los servicios municipales.	M	Resultado final de diagnóstico realizado.		•	•							
2 Impulsar acciones para reducción de consumo energético por el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	M	Reporte anual de reducción de consumo energético en el manejo de residuos.				•	•	•	•	•	•	•
3 Fomentar acciones de reducción de consumo de energía por el abastecimiento de agua potable y del desagüe de aguas residuales.	M	Reducción anual de consumo energético en el abastecimiento de agua y desagüe de aguas residuales.				•	•	•	•	•	•	•
4 Impulsar sistemas de captación de gas metano para su aprovechamiento o quema.	M	Cantidad de emisiones de metano reducidas anualmente.				•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	N/A

Costo estimado: 10 millones de pesos, por municipio.

## Medida 20. Impulsar la incorporación de políticas sustentables en construcción de vivienda.

### Objetivo

Fomentar la implementación de criterios sustentables en los esquemas actuales de construcción de viviendas a través

de la reducción de la entropía urbana, priorizando los nuevos desarrollos habitacionales dentro de los centros urbanos.

### Justificación

En la actualidad una práctica común es la construcción de desarrollos habitacionales en sitios alejados de los centros urbanos, como resultado de la aplicación de un modelo que tiene objetivos financieros de construcción de vivienda en el que la búsqueda es por precios más bajos. Esta práctica a largo plazo genera altos costos urbanos, económicos y ambientales.

Por lo anterior, se requiere impulsar políticas públicas enfocadas al desarrollo sustentable en vivienda para la erradicación de esta práctica y promover la ubicación de nuevos desarrollos habitacionales en sitios que faciliten su integración a los centros urbanos, con ello se contribuirá a un proceso de construcción de ecosistemas urbanos más eficientes, mejor calidad de vida en la población y ahorros en los servicios otorgados por el gobierno.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Analizar las políticas actuales de construcción de vivienda en la Región.	M IEE	Informe final de resultados.		•	•							
2 Desarrollar y proponer una política integral sustentable en materia de construcción de vivienda.	M	Evidencia documental de la propuesta, gestión y logros alcanzados.			•	•						

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 0.5 millones de pesos, costo operación interna por municipio.

## Medida 21. Incluir aspectos de eficiencia energética en los criterios de zonificación y de usos e intensidades de suelo en áreas urbanas.

### Objetivo

Ofrecer elementos ecosistémicos que justifiquen y promuevan la realización de cambios estructurales en la organización espacial de las actividades de la región, para

incrementar las eficiencias urbanas, económicas, ambientales, sociales y regionales.

### Justificación

Se ha demostrado que uno de los factores críticos en la generación de los altos niveles de entropía urbana observados en las ciudades mexicanas, se refiere a los criterios vigentes de zonificación, usos e intensidades de uso del suelo. Por este

motivo es necesario revisar dichos criterios para proponer otros que reduzcan de manera duradera el bajo consumo de energía y con ello reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Revisar los criterios vigentes de zonificación y usos del suelo a nivel urbano y regional, en términos de eficiencias urbanas, económicas, ambientales y sociales.	IEE PAOT GTO M	Informe de resultados de la revisión.	•	•								
2 Impulsar la inclusión de criterios de eficiencia energética en los procesos de zonificación y usos del suelo a nivel urbano y regional.	IEE PAOT GTO M	Informe con Evidencia de criterios definidos y actividades de gestión realizadas para su inclusión.			•	•	•	•	•	•	•	•
3 Generar indicadores de eficiencia urbana.	IEE PAOT GTO M	Indicadores generados y evaluación anual.				•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1 millón de pesos, costo operación interna, por municipio.

## Medida 22. Fomentar el aprovechamiento de subproductos en los sectores relacionados con la generación de los residuos.

### Objetivo

Establecer un sistema que contemple elementos y criterios, con el propósito de crear sinergias y reducir costos ambientales por el aprovechamiento de los subproductos

generados en los diferentes sectores de la generación, disposición y aprovechamiento de los residuos.

### Justificación

Actualmente se carece de un sistema de aprovechamiento regional de los subproductos generados en los diferentes sectores del manejo de los residuos (generación, disposición, transporte, aprovechamiento), lo que potencializará los

beneficios de las acciones de reciclaje y reutilización de subproductos. Es importante considerar los subproductos energéticos que son generados en los diferentes sectores.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Realizar diagnóstico para identificación de sinergias de subproductos en la región.	IEE M	Informe final de diagnóstico realizado.		•								
2 Generar un programa de aprovechamiento de las sinergias de subproductos en la región.	IEE M	Programa aprobado.			•							
3 Implementar y dar seguimiento del programa.	IEE M	Reporte anual de resultados.				•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	•	N/A

Costo estimado: 0.8 millones de pesos, costo de operación interna.



## **Estrategia 4: Movilidad Sustentable**

## Medida 23. Fomentar políticas que incentiven la movilidad sustentable.

### Objetivo

Revisar, adecuar y actualizar el marco jurídico de los municipios de la región que promueva el uso de transporte no

motorizado así como de transporte que utilice combustibles que generen menor emisión de contaminantes a la atmósfera.

### Justificación

Es importante impulsar la inversión pública y privada a través de políticas públicas enfocadas a contar con infraestructura de transporte masivo priorizando la movilidad

no motorizada mediante instrumentos jurídicos actualizados que consideren la movilidad sustentable.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
I Revisar y actualizar el marco jurídico en materia de movilidad sustentable.	M	Marco jurídico actualizado.	•		•			•			•	

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	•	N/A

Costo estimado: 0.5 millones de pesos, por municipio.

## Medida 24.

# Impulsar acciones para reducir puntos de congestamiento vial.

## Objetivo

Mejorar el flujo vehicular en las zonas urbanas de la región.

## Justificación

Las emisiones vehiculares representan una contribución importante de emisiones contaminantes, uno de los aspectos importantes que se tiene que atender es la disminución de puntos de congestamiento vial debido a que la cantidad de emisiones generadas por un vehículo es proporcional al tiempo de operación considerando este último como el

tiempo en que el vehículo dura encendido. De igual forma, la velocidad de los automóviles es proporcional a la cantidad de emisiones que generan, por lo que es necesario propiciar flujos continuos de circulación vehicular para disminuir la cantidad de emisión de contaminantes generada.

### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Elaborar un estudio de ingeniería vial en zonas urbanas de los municipios.	M	Resultados del estudio de ingeniería vial.	•	•								
2 Establecer un programa de trabajo para dar atención a lo identificado en el estudio de ingeniería vial.	M	Programa de trabajo elaborado.			•	•	•	•	•	•	•	•
3 Proponer medidas y acciones específicas que agilicen permanentemente la circulación de los vehículos en el sistema vial.	M	Reporte anual de acciones implementadas.				•	•	•	•	•	•	•

### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	•	•	•	•	•	N/A	•	N/A

Costo estimado: 0.8 millones de pesos, por municipio.

## Medida 25. Fomentar la disminución del uso de vehículos particulares.

### Objetivo

Disminuir el uso de vehículos particulares a través de la promoción e impulso de otros medios de transporte.

### Justificación

Las fuentes móviles son las principales contribuyentes en la generación de contaminantes criterio y el principal generador de gases de efecto invernadero. Los vehículos de uso particular son los que más contribuyen ya que representan poco más del 50% del parque vehicular en el Estado

(Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio 2008 e Inventario GEI 2005). Por esta razón, resulta necesario fomentar la disminución del uso de vehículos particulares a través de ofrecimiento de alternativas para traslado, así como la difusión de los beneficios privados y sociales que conlleva.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Fomentar la utilización del transporte escolar mediante incentivos administrativos y económicos.	M SEG	Informe anual de porcentaje de incremento de transporte escolar.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Promover el uso de automóvil compartido en instituciones públicas y privadas.	SEMARNAT IEE M	Reporte anual de la gestión realizada y logros alcanzados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Promover la modernización del transporte público, mediante la aplicación de incentivos administrativos y económicos.	M	Porcentaje anual de transporte público modernizado.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Promover la creación de un sistema de movilidad combinado regional y local.	M IEE	Número de sistemas implementados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5 Elaborar un programa de movilidad no motorizada.	M	Programa de uso de bicicletas publicado.	•	•								
6 Implementar las acciones del programa.	M	Kilómetros construidos de ciclovías y porcentaje de incremento anual de uso de bicicletas.			•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	•	•	•	•	•	N/A	•	N/A

Costo estimado: 3 millones de pesos, por municipio.

## Medida 26.

# Impulsar la modernización y fortalecimiento de rutas de transporte de carga.

## Objetivo

Fortalecer la logística del sector de transporte de carga rediseñando la red de centros de descarga y distribución, así

como rutas para que circulen en vialidades seleccionadas y en horarios preestablecidos.

## Justificación

El transporte de carga contribuye de forma significativa a la generación de emisiones a la atmósfera, por lo que es importante su renovación continua a fin de disminuir esta

contribución, asimismo su circulación dentro de los centros urbanos de la región sin ninguna restricción contribuye negativamente a los flujos vehiculares.

### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Definir y establecer rutas específicas para la regularización de la circulación de transporte de carga en zonas urbanas.	M	Informe anual de rutas establecidas.	•	•	•							
2 Promover la modernización del transporte de carga mediante la aplicación de incentivos administrativos y económicos.	M	Porcentaje anual de transporte renovado.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Construcción del Libramiento Norte para el municipio de Salamanca.	M	Libramiento concluido.	•	•	•	•						

### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	•	•	•	•	•	N/A	•	N/A

Costo estimado: 130 millones de pesos, 129 millones para acciones 2 y 3.





**Estrategia 5:  
Manejo Sustentable de los  
Recursos Naturales**

## Medida 27. Fortalecer el Plan de Ordenamiento Ecológico y Territorial en la región.

### Objetivo

Contar con ordenamientos ecológicos y territoriales actualizados que permitan orientar el aprovechamiento y

conservación de los recursos naturales en congruencia con los planes de desarrollo económico y urbano de los municipios.

### Justificación

Es importante que los planes de ordenamiento territorial y ecológico de los municipios de la región sean congruentes a fin de maximizar el aprovechamiento equilibrado y conservación de los recursos naturales. Así también, es

prioritario establecer acciones de coordinación para enfrentar la problemática de cambios de uso de suelo considerando que parte de la expansión de la superficie urbana se lleva a cabo en campos agrícolas y pastizales.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Implementar los reglamentos para la aplicación de los planes de ordenamiento ecológico y territorial en la región.	M	Reglamento publicado e implementado.	•									
2 Implementar, operar y actualizar el sistema de indicadores de monitoreo y evaluación del Plan de Ordenamiento Ecológico y Territorial.	M	Reporte anual de resultados de la operación del sistema de indicadores.		•	•	•	•	•	•	•	•	•

Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 0.8 millones de pesos, por municipio.

## Medida 28.

# Desarrollar programas de recuperación, restauración y conservación de áreas verdes urbanas.

## Objetivo

Incrementar el índice de superficie vegetal por habitante, promoviendo la creación y mantenimiento de áreas verdes

dentro de la mancha urbana.

## Justificación

Las áreas verdes juegan un papel importante en la mejora de la calidad de vida de la población, ya que ayudan a regular la temperatura en las ciudades evitando las denominadas islas de calor que pueden ser factor para favorecer la generación

de O<sub>3</sub> derivado de sus precursores; asimismo, también es importante considerar que ayudan a la reducción de emisiones de partículas causadas por la erosión del suelo.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Desarrollar y/o actualizar el diagnóstico de áreas que fueron destinadas para parques, zonas recreativas, camellones y campos deportivos desprovistos de vegetación.	M	Diagnóstico de áreas desprovistas de vegetación actualizado.	•			•			•			•
2 Desarrollar y/o actualizar el diagnóstico de áreas erosionadas (suelos sin cubierta vegetal, caminos sin pavimentar y bancos de material) de la zona urbana en los municipios de la región.	M	Diagnóstico de áreas erosionadas actualizado.	•			•			•			•
3 Implementar acciones permanentes de mantenimiento de áreas verdes en los municipios de la región.	M	35000 m <sup>2</sup> de superficie de áreas verdes acondicionadas y mantenidas anualmente.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	N/A

Costo estimado: 2 millones de pesos, por municipio.

## Medida 29. Elaboración de un esquema de pago por servicios ambientales.

### Objetivo

Fomentar la conservación y restauración de los recursos naturales a través de instrumentos económicos para evitar

el cambio indiscriminado de usos del suelo en áreas de conservación ecológica o valor ambiental.

### Justificación

El cambio de usos del suelo para dar lugar al crecimiento de las ciudades obedece a una lógica de mercado, en la que los propietarios de los predios que no están urbanizados buscan proteger el valor de su patrimonio.

opción de no vender sus terrenos para urbanización y recibir pagos regulares por conservar y proteger sus propiedades en estado natural.

Es por ello que un esquema de pago de servicios ambientales puede funcionar para que (sobre todo en los casos de áreas con valor ambiental) los propietarios tengan la

Así también hay que considerar el hecho de quien conserve los recursos e invierta en la conservación ecológica, reconstruyendo el capital de la nación, debe recibir, por ello, un estímulo o una compensación.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Identificar y caracterizar áreas que sean susceptibles a incorporarse en un esquema de pagos por servicios ambientales.	CONAFOR IEE M	m <sup>2</sup> de superficie identificada.	•	•								
2 Generar un programa que establezca los instrumentos financieros para beneficio de las áreas con valor ambiental, así como acciones de conservación o restauración.	IEE CONAFOR M	Programa aprobado.			•							
3 Implementar y dar seguimiento al programa.	M CONAFOR	Reporte anual de resultados.			•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	N/A

Costo estimado: 1 millón de pesos, por municipio.

## Medida 30.

### Restaurar y conservar los recursos naturales en áreas protegidas de la región.

#### Objetivo

Mantener el patrimonio natural de la región mediante la restauración y conservación de las áreas naturales protegidas.

#### Justificación

La implementación de acciones que permitan restaurar y conservar el estado nativo de los ecosistemas como medida de protección así como el uso de prácticas de sustentables

ayudarán a revertir el deterioro de las áreas naturales protegidas en la región.

#### Cronograma de ejecución

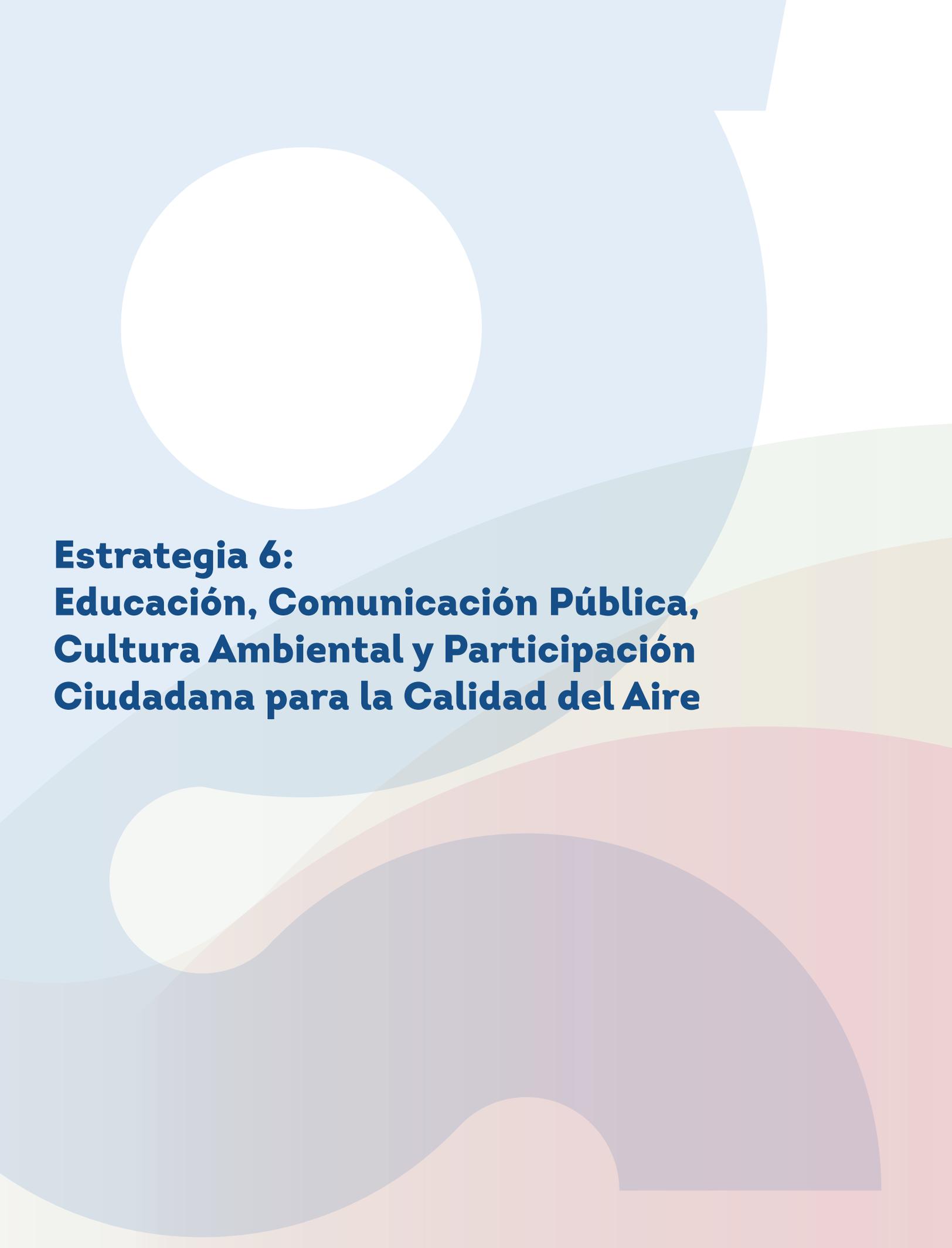
Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Reforestar con especies nativas en zonas con erosión severa y/o aquellas ubicadas aguas arriba identificados en la región.	IEE M	m <sup>2</sup> anuales de superficie reforestada y conservada.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Realizar obras de conservación de suelo y agua en sitios estratégicos en la región.	IEE M	Reporte anual de acciones de conservación.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
•	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	•	N/A

Costo estimado: 3 millones de pesos, por municipio.





**Estrategia 6:  
Educación, Comunicación Pública,  
Cultura Ambiental y Participación  
Ciudadana para la Calidad del Aire**

## Medida 31. Contribuir en el desarrollo, promoción y fomento de programas de educación ambiental en el ámbito formal y no formal.

### Objetivo

Instrumentar un programa de educación de calidad del aire en las escuelas y centros de educación ambiental de la región que permita informar cada día a la comunidad

educativa sobre la condición de la calidad del aire y sus debidas recomendaciones.

### Justificación

Aun cuando la Secretaría de Educación Pública ha modificado la currícula y los materiales educativos relacionados con la educación ambiental a nivel básico, se debe de reforzar en los planteles educativos un programa de educación ambiental con una línea temática clara en el tema de la calidad del aire y contaminación atmosférica. Por

lo anterior es necesario desarrollar programas permanentes de educación formal y no formal que nos permitan generar una cultura de conocimiento, acción, prevención y autoprotección ante las condiciones de la contaminación atmosférica.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Realizar acuerdos de colaboración entre autoridades educativas y ambientales.	M IEE SEG SEMARNAT	Convenios de colaboración firmados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Diseñar e instrumentar el Programa de Abanderamiento de la Calidad del Aire en las escuelas.	M IEE	Programa de abanderamiento diseñado.		•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Hacer calendario de actividades de la semana de salud y calidad del aire en escuelas.	IEE SEG	Calendario de actividades realizado.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 12.5 millones de pesos.

## Medida 32.

# Diseño e instrumentación de la Estrategia de Comunicación Pública de la Calidad del Aire.

## Objetivo

Instrumentar una Estrategia de Comunicación Pública que promueva la participación ciudadana en las tareas de

prevención y mejoramiento de la calidad del aire para fomentar y desarrollar una cultura ambiental mejor informada.

## Justificación

La participación de la sociedad, a través de las organizaciones civiles y de los consejos ciudadanos municipales, es una de las herramientas más valiosas para

sumar los esfuerzos de la sociedad y de los diferentes órdenes de gobierno en la realización de las acciones para mejorar la calidad del aire.

### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Elaborar estudios cualitativos y cuantitativos de la percepción social sobre la calidad del aire en la región.	IEE M SEMARNAT SEG SSG PAOT GTO	Estudios cualitativos y cuantitativos realizados.	•	•			•			•		
2 Desarrollar una plataforma de comunicación de ProAire junto con las organizaciones ciudadanas.	IEE M SEMARNAT SEG SSG PAOT GTO	Plataforma de comunicación operando.	•	•								
3 Hacer una campaña informativa sobre los daños de la contaminación del aire en la salud de la población y otros costos sociales.	IEE M SEMARNAT SEG SSG PAOT GTO	Informe de resultados de la campaña.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4 Desarrollar una plataforma permanente de comunicación digital y de aplicaciones que informen puntualmente a la sociedad sobre la calidad del aire.	IEE M SEMARNAT	Aplicaciones desarrolladas en operación.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 5 millones de pesos, por municipio.





**Estrategia 7:  
Investigación y  
Fortalecimiento Institucional**

## Medida 33. Fortalecer el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (SIMEG).

### Objetivo

Optimizar la distribución espacial y representatividad de los datos generados por las estaciones de monitoreo de la

calidad del aire.

### Justificación

La información generada en el Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire es una herramienta primordial para la generación de los indicadores de calidad del aire con los cuales se evalúa el estado que guarda la calidad del aire y el

impacto de las acciones implementadas. Así mismo, permite establecer acciones para prevenir los efectos adversos sobre la salud de la población así como para el diseño de las políticas de calidad del aire.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Contar con un diagnóstico para la optimización del SIMEG.	IEE	Diagnóstico concluido.	•	•					•			
2 Desarrollar un programa para la implementación de acciones consideradas conforme al resultado del diagnóstico.	IEE	Programa concluido.		•								
3 Ejecutar y dar seguimiento al programa desarrollado.	IEE	Reporte anual de acciones de seguimiento.			•	•	•	•	•	•	•	•
4 Fortalecer el Sistema de Gestión de la Calidad en los procesos de operación y supervisión de estaciones y publicación de la información.	IEE	Reporte anual de acciones.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 30 millones de pesos.

## Medida 34. Fortalecer el sistema de generación continua de indicadores de calidad del aire

### Objetivo

Contar con herramientas que permitan comprender y comunicar de manera amplia, oportuna y continua a los responsables de la toma de decisiones y al público en general,

los niveles de concentración de contaminantes presentes en el aire.

### Justificación

La información generada de un sistema de indicadores de calidad del aire es útil para realizar estudios de investigación sobre el comportamiento de los contaminantes en la región, para la implementación de políticas adecuadas de gestión para mejorar la calidad del aire y protección de la salud de los

habitantes. Esta herramienta sirve de apoyo para trabajos de modelación y generación de pronósticos de contaminantes y permitirá a las autoridades tener una mejor toma de decisiones que propicie en una mejor calidad del aire en la región.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Generar escenarios de comportamiento anual de la calidad del aire en la cuenca atmosférica de la región.	IEE	Reporte anual.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Generar escenarios de pronóstico de la calidad del aire.	IEE	Reporte anual con los escenarios generados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Fortalecer de forma continua la infraestructura para publicación y difusión de información a la población sobre la Calidad del Aire.	IEE	Informe anual de acciones realizadas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 5 millones de pesos.

## Medida 35. Mantener actualizado el inventario de emisiones.

### Objetivo

Actualizar de forma permanente el inventario de emisiones de contaminantes, a fin de contar con información eficaz y oportuna de las fuentes de emisión y que sea una base

para el planteamiento de políticas públicas en materia de calidad del aire.

### Justificación

Es necesario contar con una herramienta actualizada, que identifique el impacto de las emisiones contaminantes generadas por fuentes específicas, a fin de evaluar, definir

o reorientar las medidas y acciones consideradas para mejoramiento de la calidad del aire.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Actualizar el Inventario de Emisiones de Contaminantes a nivel estatal.	IEE	Inventario concluido y validado.		•			•			•		

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1.5 millones de pesos.

## Medida 36. Fortalecer los programas de vigilancia e inspección ambiental.

### Objetivo

Mejorar la coordinación y la eficacia en los programas de vigilancia e inspección a los establecimientos de jurisdicción

de los tres órdenes de gobierno.

### Justificación

Es necesario evaluar el cumplimiento de la normatividad y realizar las visitas de inspección para detectar áreas de

oportunidad de regulación y de reducción de emisiones en las diferentes fuentes de emisión.

#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Generar programa de coordinación de los tres órdenes de gobierno sobre inspección y vigilancia de las fuentes de emisión de la región.	PAOT GTO PROFEPA M	Programa de coordinación concluido y aprobado.	•									
2 Implementar y dar seguimiento al programa generado.	M PAOT GTO PROFEPA	Reporte anual de acciones.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Elaborar e implementar un programa para fortalecer las capacidades técnicas de las áreas de inspección y vigilancia.	M PAOT GTO PROFEPA	Programa realizado y reporte anual de capacitación.	•			•			•			•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1.5 millones de pesos.

## Medida 37.

# Elaborar estudios del comportamiento ecosistémico de la calidad del aire de la región.

## Objetivo

Desarrollar estudios que permitan generar el conocimiento para diseñar políticas públicas, eficientes y

eficaces en términos urbanos, económicos, ambientales y sociales bajo un enfoque ecosistémico.

## Justificación

Estudios realizados han demostrado que la estructura urbana y la distribución espacial correspondiente de las densidades de población, son aspectos determinantes en el

desempeño energético, ambiental, económico y social de las ciudades.

**Cronograma de ejecución**

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Conformar un equipo interdisciplinario para el desarrollo de elementos técnicos que permitan el seguimiento del enfoque ecosistémico.	CMCAG	Equipo conformado.	•	•								
2 Realizar el análisis del enfoque ecosistémico de la región que permita la evaluación del impacto de las medidas.	Grupo interdisciplinario	Informe de análisis realizado.			•			•				•

**Contaminantes involucrados**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 1.5 millones de pesos.

## Medida 38.

# Desarrollar estudios de investigación científica y avance tecnológico para mejorar la calidad del aire.

## Objetivo

Contar con herramientas científicas y técnicas que permitan obtener información para la implementación de acciones que propicien el mejoramiento de la calidad del aire

en la región así como fortalecer las medidas preventivas y de control.

## Justificación

Es necesario contar con herramientas científicas y técnicas que permitan entender el comportamiento de los contaminantes y sus efectos en la salud de la población, y para ello se requiere diversas líneas de investigación en

diferentes ámbitos a corto, mediano y largo plazo para entender la dinámica atmosférica de la zona. Así mismo es indispensable conocer los avances tecnológicos que propician la implementación de medidas más eficientes.

### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Conformar un grupo interdisciplinario para la identificación de proyectos prioritarios de investigación y desarrollo tecnológico.	PAOT GTO IEE	Grupo conformado.	•									
2 Definir e impulsar la realización de proyectos prioritarios de investigación y desarrollo tecnológico.	CMCAG	Número de proyectos realizados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo estimado: 5 millones de pesos.





# **Estrategia 8: Financiamiento**

## Medida 39. Buscar el financiamiento que garantice el cumplimiento de las medidas establecidas en el ProAire.

### Objetivo

Garantizar la obtención de recursos asignados a los fondos del gobierno así como adicionales que permitan cumplir con

los compromisos establecidos en el ProAire.

### Justificación

El Programa plantea medidas a corto, mediano y largo plazo y programas específicos que requieren contar con un

financiamiento permanente que garantice la cobertura de los costos y dé continuidad a las acciones establecidas.

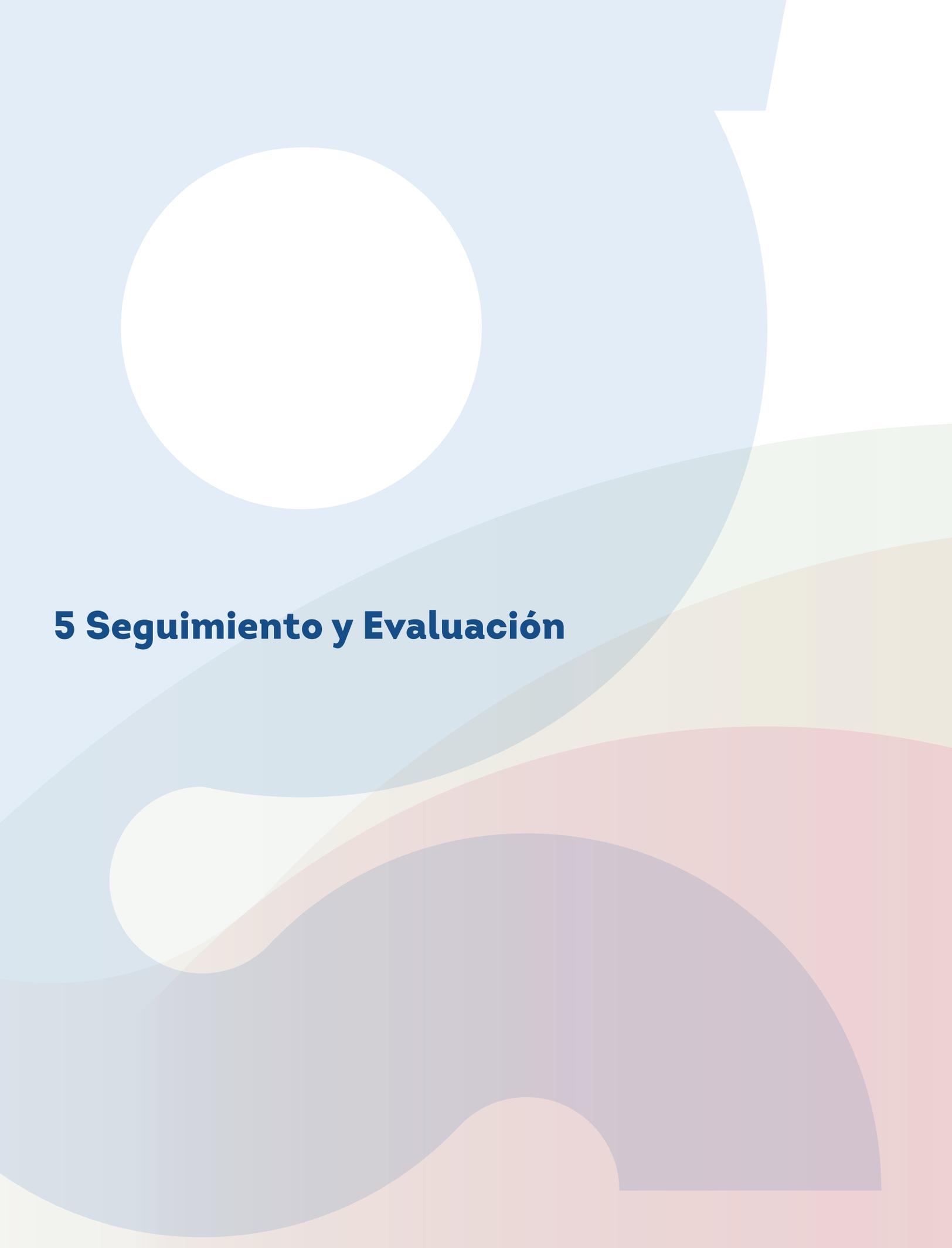
#### Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 Fortalecer el esquema de Financiamiento del Fideicomiso Ambiental para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Salamanca y garantizar su permanencia.	M	Reporte anual.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2 Identificar esquemas de financiamiento local, estatal, federal e internacional para la implementación de acciones regionales relacionadas con el programa.	IEE M	Número de esquemas identificados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3 Gestionar el financiamiento de proyectos a través de esquemas identificados.	IEE M	Proyectos financiados.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

#### Contaminantes involucrados

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	Tóxicos	GEI	COV
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Costo no estimado.



## **5 Seguimiento y Evaluación**

## 5.1 Seguimiento y evaluación

Con la finalidad de conocer el nivel de cumplimiento de las medidas planteadas en los ProAire, la SEMARNAT cuenta con una Metodología de Seguimiento y Evaluación mediante la cual se busca garantizar el logro de los objetivos planteados. Para ello es importante además que cada uno de las dependencias e instituciones involucradas participen de manera activa con un claro compromiso social que conlleve una participación social efectiva.

La evaluación deberá realizarse de manera integral y sistémica, tal y como se analiza el problema de la contaminación atmosférica, incorporando resultados que conjunten aspectos económicos, sociales, políticos y ambientales. Asimismo, es necesario establecer los mecanismos para que la sociedad participe en el proceso de evaluación, calificando principalmente las acciones en las que le corresponda intervenir.

Dado el enfoque regional y ecosistémico de este Programa, resulta necesario establecer una Comisión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato. Dicha Comisión deberá conformarse a más tardar seis meses después de la entrada en vigor del ProAire y estará integrada por dependencias e instituciones de los tres órdenes de gobierno; será presidida por el Instituto de Ecología del Estado y tendrá las siguientes atribuciones:

- Definir los grupos de trabajo necesarios para el cumplimiento de medidas y acciones planteadas.
- Evaluar, fortalecer y reorientar los objetivos, metas y acciones de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Elaborar un informe anual de resultados.
- Emitir las recomendaciones necesarias relacionadas con la instrumentación del Programa.
- Desarrollar programas de información ambiental para difundir los objetivos del Programa y su avance, a fin de contar con una sociedad bien informada que participe en el proceso de evaluación, calificando principalmente las acciones en las que le corresponda colaborar activamente.
- Promover la integración de las políticas ambientales locales y regionales, en las medidas contenidas en el Programa.

Esta Comisión convocará a los diversos sectores que participan en la implementación del ProAire para establecer grupos de trabajo por estrategia. Para el buen funcionamiento de los grupos de trabajo, cada entidad deberá nombrar un representante que participe permanentemente y se encargue de dar seguimiento al Programa e informar a sus integrantes de los avances o ajustes elaborados.



**Programa de Gestión para mejorar la calidad del Aire de  
Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022.**

Se terminó de imprimir en el mes de marzo de 2013  
en los talleres gráficos de:  
Imprenta Ramses  
se imprimieron 500 ejemplares.

Impreso en papel 100% libre de cloro.





**Instituto de Ecología del Estado**

Poza Rica 402 A, Col. Bellavista  
C.P. 36730, Salamanca, Gto.  
Tel. ( 473 ) 735 26 00

**Impreso en papel 100% libre de cloro**