



SECRETARÍA DE
ECOLOGÍA Y GESTIÓN
AMBIENTAL

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



proAire ≈

San Luis Potosí

Programa de gestión para mejorar la calidad
del aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez

***pro*Aire**

San Luis Potosí

Programa de gestión para mejorar la calidad
del aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez

Versión preliminar al
24 de noviembre de 2015

CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN FÍSICA Y SOCIOECONÓMICA.....	1-1
1.1 Descripción física.....	1-2
1.1.1 Delimitación de la zona de estudio.....	1-2
1.1.2 Hidrografía.....	1-3
1.1.3 Climatología	1-4
1.1.4 Edafología	1-6
1.2 Descripción socioeconómica	1-8
1.2.1 Población.....	1-8
1.2.2 Población económicamente activa por sector productivo	1-9
1.2.3 Crecimiento económico por sector productivo	1-11
1.3 Marco legal	14
1.3.1 Legislación Federal	14
1.3.2 Legislación Estatal	18
2. CAMBIO CLIMATICO	21
2.1 Efecto invernadero y cambio climático	22
2.2 Respuesta de la Comunidad Internacional.....	24
2.2.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	24
2.2.2 El Protocolo de Kioto.....	25
2.3 Efectos del Cambio Climático	28
2.4 Mitigación y Adaptación	29
2.4.1 Mitigación	29
2.4.2 Adaptación	29
2.5 Cambio Climático en México	31
2.5.1 Emisiones de gases de efecto invernadero en México.....	31
2.5.2 Acciones del Gobierno federal	32
2.5.3 Mitigación	34
2.5.4 Adaptación	34

3. CALIDAD DEL AIRE	36
3.1 Marco jurídico de Calidad del Aire	37
3.2 Monitoreo de Calidad del Aire.....	39
3.2.1 Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire	41
3.2.2 Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de San Luis Potosí	41
3.2.3 Información de calidad del aire obtenida por las estaciones de monitoreo atmosférico	43
3.2.4 Información del SINAICA	44
3.2.5 Información de las estaciones de monitoreo operadas por la SEGAM	48
4. INVENTARIO DE EMISIONES	54
4.1 Inventarios de Emisiones.....	55
4.1.1 Descripción general del inventario	55
4.1.2 Descripción de las categorías de las fuentes de emisión	56
4.2 Inventario de emisiones a la atmósfera	59
4.3 Inventario de emisiones desagregado	62
4.4 Análisis del inventario de emisiones por categoría.....	71
4.4.1 Fuentes fijas	71
4.4.2 Fuentes móviles	73
4.4.3 Fuentes de área	76
4.4.4 Fuentes móviles no carreteras	79
4.4.5 Fuentes naturales.....	81
5. EFECTOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACION ATMOSFÉRICA	83
5.1 Antecedentes	84
5.1.1 Exposición aguda	86
5.1.2 Exposición crónica	86
5.2 Efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud humana	87
5.2.1 Ozono.....	87
5.2.2 Monóxido de carbono.....	87
5.2.3 Partículas suspendidas	88
5.2.4 Dióxido de azufre	90

5.2.5	Dióxido de nitrógeno	91
5.2.6	Plomo	92
6.	OBJETIVOS, METAS Y ESTRATEGIAS.....	93
6.1	Objetivos	94
6.1.1	Objetivo general	94
6.1.2	Objetivos particulares	94
6.2	Metas	95
6.3	Estrategias	95
7.	ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE	96
7.1	Estrategia 1. Reducción de emisiones provenientes de la industria (fuentes fijas).....	97
7.2	Estrategia 2. Reducción de emisiones de vehículos automotores (fuentes móviles).....	103
7.3	Estrategia 3. Reducción de emisiones de comercios y servicios (fuentes de área).....	111
7.4	Estrategia 4. Proteger la salud de la población	120
7.5	Estrategia 5. Fomentar la educación ambiental, la comunicación con la población, la investigación y el desarrollo tecnológico	129
7.6	Estrategia 6. Conservación de los recursos naturales y planeación del desarrollo urbano y territorial	136
7.7	Estrategia 7. Fortalecimiento de la gestión ambiental	140
7.8	Estrategia 8. Fortalecimiento de la infraestructura y de los recursos humanos para mejorar la calidad del aire.....	144
8.	INDICADORES PARA EL PROAIRE ZM SLP-SGS	148
8.1	Indicadores para la evaluación del ProAire SLP-SGS.....	149
8.2	Indicador para fuentes fijas.....	152
8.3	Indicador para fuentes móviles	153
8.4	Indicador para fuente de área.....	154
8.5	Indicador para protección a la salud.....	155
8.6	Indicador para educación ambiental.....	156
8.7	Indicador para conservación de recursos naturales	157
8.8	Indicador para el fortalecimiento de la gestión ambiental.....	158

8.9	Indicador para el fortalecimiento de la infraestructura y de los recursos humanos para mejorar la calidad del aire	159
9.	Proyecciones de Emisiones	160
9.1	Introducción	161
9.2	Tipos de escenarios	162
9.2.1	Consideraciones generales para los escenarios.....	163
9.3	Escenarios propuestos	164
9.4	Metodología	164
9.4.1	Factores de control.....	165
9.4.2	Factores de crecimiento	167
9.5	Consideraciones para la línea base.....	168
9.5.1	Consideraciones para las fuentes móviles.....	168
9.5.2	Consideraciones para las fuentes de área	169
9.5.3	Consideraciones para las fuentes fijas.....	170
9.5.4	Consideraciones para las fuentes naturales	170
9.6	Resultados	170
9.6.1	Fuentes móviles	171
9.6.2	Fuentes de área	172
9.6.3	Fuentes fijas	177
9.6.4	Fuentes naturales.....	180
10.	GLOSARIO	181
11.	REFERENCIAS.....	184
12.	Anexo I. Indicadores sustentables	190
12.1	Indicadores Ambientales e Indicadores Sustentables	191
12.2	Indicadores ambientales e indicadores sustentables	195
12.2.1	Indicadores ambientales de primera generación (1980 - presente).....	196
12.2.2	Indicadores de desarrollo sustentable o de segunda generación (1990 - presente)	197
12.2.3	Indicadores de sustentabilidad o de tercera generación (por desarrollar).....	198
12.3	Metodología para la evaluación del ProAire mediante indicadores sustentables.....	199

12.3.1	Introducción	199
12.4	Metodología	204
12.4.1	Etapa 1: Preparación	207
12.4.2	Etapa 2: Diseño y elaboración de los indicadores.....	208
12.4.3	Etapa 3: Institucionalización y actualización del sistema de indicadores	212
12.5	Descripción y clasificación de indicadores.....	213
12.6	Descripción de las hojas de metadatos	217
12.6.1	Hojas metodológicas (metadatos)	218

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación del Estado de San Luis Potosí.....	1-3
Figura 1.2 Hidrografía de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez.....	1-4
Figura 1.3 Unidades climáticas del Estado de San Luis Potosí.....	1-5
Figura 1.4 Edafología del Estado de San Luis Potosí.....	1-7
Figura 1.5 Tasa de crecimiento poblacional de San Luis Potosí (Porcentaje).....	1-9
Figura 1.6 Producto interno bruto total.....	1-13
Figura 2.1 Esquema del mecanismo de efecto invernadero.....	22
Figura 2.2 Variaciones en la temperatura media de la superficie terrestre en el Hemisferio Norte.....	23
Figura 2.3 Potencial de calentamiento de los gases de efecto invernadero.....	27
Figura 2.4 Diagrama de emisiones de GEI para México.....	31
Figura 3.1 Ubicación de las estaciones de monitoreo en el municipio de San Luis Potosí.....	42
Figura 3.2 Indicadores de calidad del aire.....	45
Figura 3.3 Promedio máximo diario de NO ₂	49
Figura 3.4 Promedio máximo diario O ₃	50
Figura 3.5 Promedio máximo diario SO ₂	51
Figura 3.6 Promedio máximo diario CO.....	52
Figura 3.7 Promedio máximo diario PST.....	53
Figura 4.1 Emisiones de contaminantes a la atmósfera, por categoría de fuente de emisión.....	60
Figura 4.2 Contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones..	61
Figura 4.3 Contribución de emisiones de SO ₂ por sectores industriales.....	71
Figura 4.4 Contribución de emisiones de PM _{2.5} por sectores industriales.....	72
Figura 4.5 Contribución de emisiones de PM ₁₀ por sectores industriales.....	73
Figura 4.6 Contribución de emisiones de CO por tipo de vehículo.....	74
Figura 4.7 Contribución de emisiones de NOx por tipo de vehículo.....	74
Figura 4.8 Contribución de emisiones de COV por tipo de vehículo.....	75
Figura 4.9 Contribución de emisiones de SO ₂ por tipo de vehículo.....	76
Figura 4.10 Contribución de emisiones de NH ₃ por tipo de fuente de área.....	77
Figura 4.11 Contribución de emisiones de COV por tipo de fuente de área.....	78
Figura 4.12 Contribución de emisiones de PM ₁₀ por tipo de fuente de área.....	79
Figura 4.13 Contribución de emisiones de NOx por tipo de fuente FMNC.....	80
Figura 4.14 Contribución de emisiones de SO ₂ por tipo de fuente FMNC.....	80
Figura 4.15 Contribución de emisiones de PM _{2.5} por tipo de fuente FMNC.....	81
Figura 5.1 Efectos en la salud de acuerdo al grado de concentración de contaminantes atmosféricos.....	85

Figura 5.2 Comparativa de tamaño de partículas	89
Figura 12.1 Etapas del proceso metodológico	204
Figura 12.2 Etapa 2. Diseño y elaboración	206
Figura 12.3 Decisiones previas y tipos de indicadores resultantes.....	208
Figura 12.4 Procesamiento de la información estadística.....	211
Figura 12.5 Procesamiento estadístico de la información.....	211
Figura 12.6 Construcción de la Clave del Indicador.....	214
Figura 12.7 Ejemplo para la construcción de la Clave del Indicador	214

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Población total y derechohabiente de los sistemas de salud.....	1-8
Tabla 1.2 Población ocupada en los distintos sectores productivos	1-10
Tabla 1.3 Producto Interno Bruto por sector productivo.....	1-11
Tabla 3.1 Valores normados para los contaminantes del aire en México.....	38
Tabla 3.2 Estaciones de monitoreo	43
Tabla 4.1 Principales características del IE de San Luis Potosí	56
Tabla 4.2 Inventario de emisiones de la ZMSLPSGS, año base 2011	59
Tabla 4.3 Contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones del año 2011	61
Tabla 4.4 Inventario de emisiones desagregado, año base 2011.....	63
Tabla 4.5 Contribución porcentual al total de las emisiones, desagregada por subcategoría.....	67
Tabla 5.1 Efectos del CO en la salud humana	88
Tabla 5.2 Efectos del SO ₂ en la salud humana.....	91
Tabla 5.3 Efectos del NO ₂ en la salud humana	92
Tabla 8.1 Indicadores desarrollados para cada estrategia	151
Tabla 9.1 Línea base de emisiones, 2011(Ton/año).....	171
Tabla 9.2 Línea base de emisiones, 2020 (Ton/año).....	171
Tabla 9.3. Línea base de emisiones, 2011 (Ton/año).....	172
Tabla 9.4. Proyección de emisiones, 2020 (Ton/año).....	174
Tabla 9.5. Línea base de emisiones, 2011 (Ton/año).....	177
Tabla 9.6. Proyección de emisiones, 2020 (Ton/año).....	178
Tabla 9.7. Línea base de emisiones, 2011 (Ton/año).....	180
Tabla 12.1 Descripción de componentes que contiene la hoja metodológica	209
Tabla 12.2 Resumen de los indicadores desarrollados	216

ACRÓNIMOS

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramo por metro cúbico
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
Ca	Calcio
CFC	Clorofluorocarbono
CH ₄	Metano
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Bióxido de carbono
COA	Cédula de Operación Anual
COV	Compuestos orgánicos volátiles
DOF	Diario Oficial de la Federación
ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
GEI	Gases de efecto invernadero
Gg	Giga gramo = 1×10^9 gramos
HCFC	Hidroclorofluorocarbono
IE	Inventario de emisiones
INE	Instituto Nacional de Ecología
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
K	Potasio
kg	Kilogramo
km	Kilómetro

LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
Mg	Magnesio
MtCO _{2eq}	Millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente
MOBILE	Modelo para la estimación de factores de emisión para vehículos
N ₂ O	Óxido nitroso
Na	Sodio
NH ₃	Amoniaco
NOM	Norma Oficial Mexicana
NOx	Óxidos de nitrógeno
O ₃	Ozono
Pb	Plomo
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PFC	Perfluorocarbono
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PM ₁₀	Materia particulada menor a 10 micrones de diámetro
PM _{2.5}	Materia particulada menor a 2.5 micrones de diámetro
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ppm	Partes por millón
PROAIRE	Programa de Calidad del Aire
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PST	Partículas suspendidas totales
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SEGAM	Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental del Estado de San Luis Potosí
SF ₆	Hexafluoruro de azufre
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SO ₂	Bióxido de azufre
tCO _{2eq}	Toneladas de bióxido de carbono equivalente
Ton	Toneladas métricas (1,000 kg)

1. DESCRIPCIÓN FÍSICA Y SOCIOECONÓMICA

1.1 Descripción física

1.1.1 Delimitación de la zona de estudio

El Estado de San Luis Potosí se encuentra en la región centro de México colinda al Norte con Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas; al Este con Tamaulipas y Veracruz-Llave; al Sur con Hidalgo, Querétaro de Arteaga y Guanajuato; al Oeste con Zacatecas. Está integrado por 58 municipios ocupando una superficie de 61,137 km² (alrededor del 3.1% de la superficie del país).

La Zona Metropolitana de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez (ZMSLP-SGS) está considerada como una de las más importantes de cuarenta y cuatro zonas metropolitanas en México¹.

La extensión territorial de la ZMSLP-SGS² ocupa un área de 1,742 km² y se encuentra delimitada geográficamente en los extremos al norte 24° 29', al sur 21° 10' de latitud norte; al este 98° 20', al oeste 102° 18' de longitud oeste³.

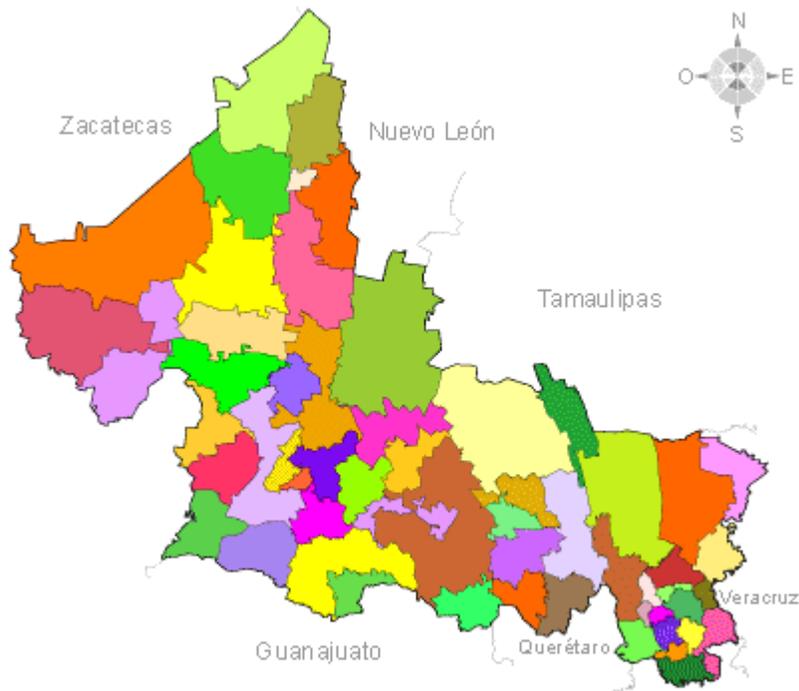
Las colindancias de la ZMSLP-SGS al Norte se refieren a los municipios de: Moctezuma y Villa de Arista; al Sur colinda con los municipios de Villa de Arriaga, Villa de Reyes y Zaragoza; al Oeste con los municipios de Ahualulco y Mexquitic de Carmona; finalmente al Este con los municipios de Villa Hidalgo y el Armadillo de los Infante (ver Figura 1.1).

¹ Consultado de http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/zonas_met.pdf, el 15 de noviembre de 2012.

² http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/zonas_met.pdf

³ Consultado en http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/basicos/estados/slp_geo.cfm, el 15 de noviembre de 2012.

Figura 1.1 Representación del Estado de San Luis Potosí



Fuente:

http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/slp/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=24

1.1.2 Hidrografía

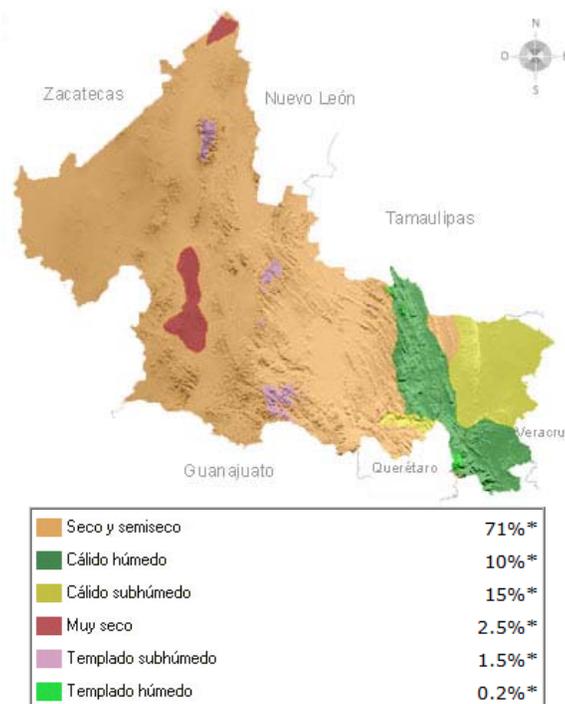
La hidrografía del territorio potosino se compone de diversos orígenes para los cuerpos de agua y sus vertientes. El Altiplano está conformado por un conjunto de cuencas cerradas y endorreicas, por corrientes de temporal, mantos subterráneos y algunos manantiales. En la región Media, por manantiales, cuencas cerradas y, de mayor importancia, los sistemas hidrológicos de la cuenca del Río Verde y el río Alaquines. En la Huasteca se localizan los recursos hidráulicos más abundantes del estado, cuyos sistemas hidrológicos están constituidos por arroyos de caudal permanente, gran cantidad de manantiales, lagunas y la cuenca del río Pánuco, una de las más importantes del país (ver Figura 1.2).

- d. *Muy seco*. Representa una proporción de 2.5% localizado en la Mesa del Centro.
- e. *Templado subhúmedo*. Presente en 1.5% en las llanuras que se encuentran entre las sierras.
- f. *Templado húmedo*. Presente en un porcentaje muy pequeño del 0.2 hacia el Sureste del estado.

La temperatura media anual del estado de San Luis Potosí es de 21°C, la temperatura mínima promedio es de 8.4°C en el mes de enero y la máxima promedio es de 32°C la cual se presenta en el mes de mayo.

Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es alrededor de 950 mm anuales.

Figura 1.3 Unidades climáticas del Estado de San Luis Potosí.



Fuente: Consultado en <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/slp>, el 15 de noviembre de 2012

1.1.4 Edafología

La ciudad de San Luis Potosí está formada por un graben o fosa tectónica escalonada, delimitada por rocas volcánicas del Terciario, que se encuentran localizadas sobre rocas sedimentarias marinas del Cretácico Superior⁴.

La fosa tectónica se encuentra cubierta por material aluvial de espesor muy variable, desde 80 a 350 m y en ocasiones mayores de 400 m.

A los sedimentos aluviales subyacen en contacto discordante, ignimbritas riolíticas y tobas arenosas del Oligoceno Superior, así como en forma concordante a latita e ignimbrita del Oligoceno Medio. La permeabilidad del material de relleno aluvial es clasificada como media alta en material no consolidado. Se han identificado tres cuerpos hidrogeológicos: un acuífero somero entre 5 y 30 m que coincide con las áreas de los cauces de ríos y arroyos; un acuífero libre que se encuentra entre los 80 a 105 m de profundidad en las regiones de recarga al occidente y oriente de la zona, y de los 140 a 180 m en el cono de abatimiento del valle de San Luis Potosí; el tercero es un acuífero profundo que se encuentra a partir de los 180 a 320 m, en donde se ha detectado agua termal. La transmisibilidad para el acuífero profundo varía entre 0.3 y 9×10^{-3} m²/seg, mientras que el coeficiente de almacenamiento varía entre 0.5 y 0.006 m³.

Una descripción puntual del tipo de suelo que se presenta en el estado de San Luis Potosí se muestra en la Figura 1.4.

⁴ Consultado en <http://www.segam.gob.mx/descargas/Ordenamiento/O02.pdf>, el 15 de noviembre de 2012

1.2 Descripción socioeconómica

1.2.1 Población

La población del estado de San Luis Potosí es de 2'585,942 habitantes de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 de INEGI, y ocupa el lugar número 20 a nivel nacional por su población. En la Zona Metropolitana de SLPSGS, se concentra el 40.2% del total del estado y asciende a 1'040,822 (ver Tabla 1.1) habitantes en los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez⁵.

Tabla 1.1 Población total y derechohabiente de los sistemas de salud.

Municipio	Población 2000	Población 2010
San Luis Potosí	670,532	772 828
Soledad de Graciano Sánchez	180,296	267,994
Total	850,828	1'040,822

Fuente: Censo General de Población y Vivienda, 2000
Censo General de Población y Vivienda, 2010

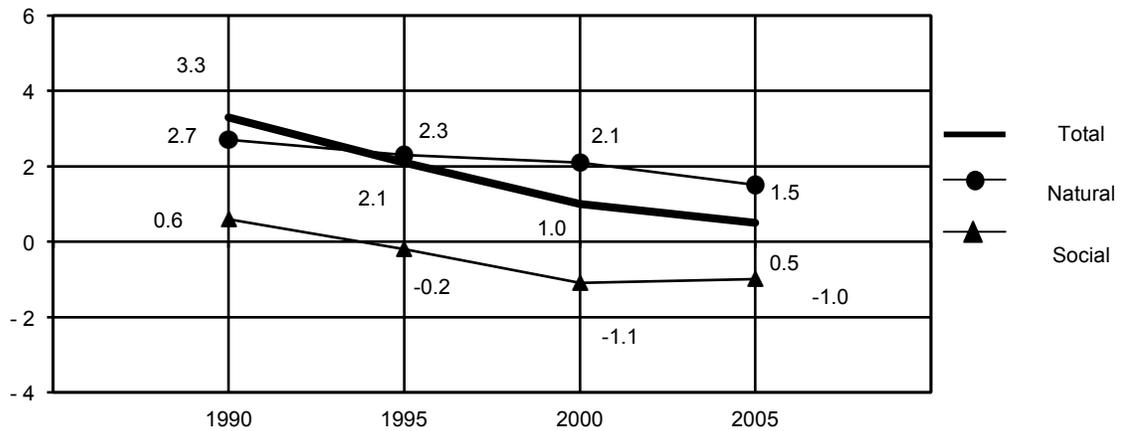
Alrededor del 72.5% de la población de la ZMSLPSGS, cuenta con inscripción a los distintos sistemas de salud estatal ya sean privados o públicos. En otras palabras, existe un segmento grande de la población que es económicamente activa en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez.

El crecimiento poblacional del estado de San Luis Potosí se estima una tasa anual de alrededor del 1% (ver Figura 1.5). Sin embargo en al año 2000 se contabilizaron 73,612 personas que salieron del estado para radicar en otras entidades y llegaron 43,815 personas más; mientras que en 2005 de acuerdo a

⁵ Consultado en http://www.campopotosino.gob.mx/cpv10p_24.pdf, el día 15 de noviembre de 2012

INEGI⁶ se contabilizaron 57,454 personas que salieron del Estado y llegar 23,204 más.

Figura 1.5 Tasa de crecimiento poblacional de San Luis Potosí (Porcentaje)



Fuente: Anuario Estadístico del Estado de San Luis Potosí, 2009.

1.2.2 Población económicamente activa por sector productivo

En el cuarto trimestre del año 2012, se estimó que la población económicamente activa en el estado de San Luis Potosí era de 1,062,435 personas. La distribución en los distintos sectores económicos es la siguiente alrededor de 591 mil personas trabajan en el sector terciario; 254 mil personas trabajan en el secundario; 209 mil habitantes laboran en el sector primario y 179 mil no especifican su actividad económica.

En San Luis Potosí, el sexo masculino es el que participa laborando en los tres sectores, principalmente en el sector primario con un 92.5%, seguido del secundario con un porcentaje promedio del 63% y por último el sector terciario con el 59%. Lo anterior refleja la participación de las mujeres en el sector terciario principalmente destaca su participación en el rubro de comercio (ver Tabla 1.2).

⁶

http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tab/poblacion/m_migratorios.aspx?tema=me&e=27

Tabla 1.2 Población ocupada en los distintos sectores productivos

Sector	Total	Hombres (%)	Mujeres (%)
Población ocupada por rama de actividad económica	1,062,435	63.4	36.6
Primario			
Actividades agropecuarias	209,818	92.5	7.5
Secundario			
Industria manufacturera	171,291	62.5	37.5
Industria extractiva y de la electricidad	14,246	91.5	8.5
Construcción	68,545	96.9	3.1
Terciario			
Comercio	190,042	49.0	51.0
Transportes y comunicaciones	34,181	86.1	13.9
Otros servicios	317,199	42.7	57.3
Gobiernos y organismos internacionales	50,442	58.5	41.5
No Especificado	179,257	62.2	37.8

Fuente: STPS-INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2012.

Evidentemente existe una gran ocupación en el sector terciario, específicamente en la actividad comercial y representa alrededor del 46% de la población dedicada a esta actividad. Otra proporción importante de la población se dedica a las actividades agropecuarias, lo cual representa un 24.2% del total de la población de la ZMSLPSGS.

1.2.3 Crecimiento económico por sector productivo

La actividad intensa y crecimiento laboral en los tres sectores productivos, reflejan cambios sensibles hacia la alza del Producto Interno Bruto (PIB) del estado de San Luis Potosí. Por ejemplo, en el año 2005 el sector secundario manifestó una concentración de las actividades económicas y representó el 49% del PIB estatal, las actividades terciarias representaron el 46% y las primarias el 3%. Hacia el año 2009, el sector secundario tuvo un decrecimiento representando el 41.3% del PIB estatal, el sector terciario aumentó su contribución en 54.5% y el sector primario incrementó mínimamente a 4.1% (ver Tabla 1.3 y Figura 1.6).

**Tabla 1.3 Producto Interno Bruto por sector productivo
(Millones de pesos a precios corrientes).**

Año	2005	2006	2007	2008	2009
Sector primario	6,735	7,592	7,821	9,040	8,401
11 Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	6,735	7,592	7,821	9,040	8,401
Sector secundario	91,906	73,971	78,109	89,141	84,172
21 Minería	2,659	4,660	4,651	5,026	5,306
22 Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	3,534	3,932	6,137	9,304	7,070
23 Construcción	12,570	16,541	13,284	16,173	18,546
31-33 Industrias manufactureras	43,143	48,838	54,037	58,638	53,250
311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	12,110	12,557	13,487	14,828	15,471
313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	1,439	1,518	1,316	1,215	995
321 Industria de la madera	124	124	153	161	185
322-323 Industrias del papel, impresión e industrias conexas	1,381	1,542	1,744	1,704	1,645
324-326 Derivados del petróleo y del carbón, industrias química, del plástico y del hule	1,758	1,829	2,055	2,095	1,510
327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	3,858	4,527	5,389	5,084	5,277
331-332 Industrias metálicas	9,834	13,344	14,780	16,828	13,912
333-336 Maquinaria y equipo	10,474	11,296	12,688	14,102	12,023
337 Fabricación de muebles y productos relacionados	521	454	503	473	445

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

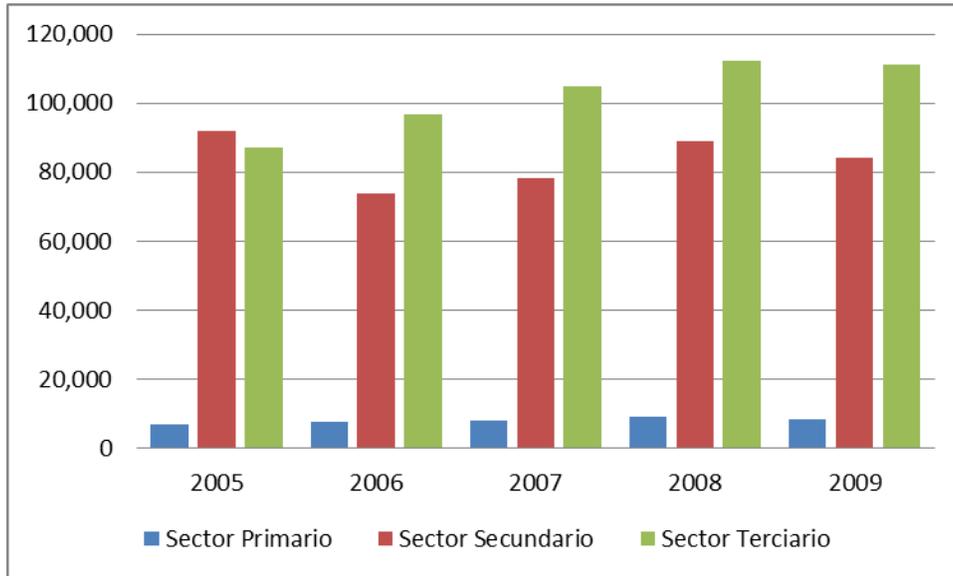
Año	2005	2006	2007	2008	2009
339 Otras industrias manufactureras	1,641	1,645	1,917	2,144	1,782
Sector terciario	86,953	96,775	104,910	112,414	111,206
43 y 46 Comercio	23,601	27,120	29,210	31,775	29,242
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	10,529	11,992	12,502	12,693	12,719
51 Información en medios masivos	2,861	3,231	3,771	3,784	4,119
52 Servicios financieros y de seguros	2,241	2,236	2,818	3,163	3,646
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	21,050	23,117	24,612	26,534	26,697
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	2,761	2,646	3,043	3,336	3,013
55 Dirección de corporativos y empresas	13	14	14	16	13
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	2,291	2,721	2,899	2,907	2,789
61 Servicios educativos	8,490	9,629	10,579	11,782	12,320
62 Servicios de salud y de asistencia social	4,491	4,923	5,570	5,605	5,850
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	681	776	863	914	1,103
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	0.113	0.118	0.117	0.122	0.131
81 Otros servicios excepto actividades del gobierno	3,835	3,962	4,321	4,948	4,669
93 Actividades del Gobierno	4,109	4,408	4,708	4,957	5,026

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México, 2010.

El sector terciario muestra un nivel de actividad mayor con respecto a los otros sectores, siendo los más importantes el del comercio, servicios inmobiliarios, servicios educativos, principalmente. Juntas estas tres actividades representan más del 90% del PIB del sector terciario en el año 2009. Para el sector secundario, las actividades más importantes para ese mismo año son las de la industria manufacturera, maquinaria y equipo e industrias metálicas; juntas representan el 80% del PIB generado en el sector terciario.

En la siguiente Figura se muestra de manera gráfica la información de la evolución de los distintos sectores productivos desde el año 2005 hasta el año 2009.

**Figura 1.6 Producto interno bruto total
(Millones de pesos a precios corrientes)**



Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México, 2010.

1.3 Marco legal

En materia de normatividad de aire, México cuenta con varios instrumentos jurídicos que permiten prevenir y controlar la contaminación atmosférica.

Entre ellos están la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica y las normas oficiales mexicanas para el control de los niveles de emisiones de contaminantes a la atmósfera, provenientes de fuentes determinadas en el caso de la legislación federal.

En el caso de San Luis Potosí, su marco legal lo constituye la Constitución Política del estado de San Luis Potosí en el cual se hace referencia a la protección ambiental y la Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí que actualmente no cuenta con reglamentos así mismo, no cuenta con normas estatales. A continuación revisaremos los documentos antes citados.

1.3.1 Legislación Federal

1.3.1.1 Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos

En el artículo 4o. de la Carta Magna, se mencionan dos aspectos que son el objetivo fundamental de los Pro Aire: el que toda persona tiene derecho a la protección de la salud y así mismo, tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.

1.3.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA es de aplicación nacional y establece las obligaciones de las autoridades del orden federal y local. La Ley, en su título IV de Protección al Ambiente, capítulo II, contiene los artículos 111, 111 BIS, 112, 113, 114, 115 y 116 versan sobre prevención y control de la contaminación de la atmósfera, a los cuales se les efectuaron reformas, adiciones o derogaciones en diciembre de 1996, con objeto de que plasmen los principios y orientaciones de la política ambiental. En particular a los que se refieren a la prevención y control del deterioro de la calidad del aire en la República Mexicana, para que garanticen el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

En el citado título se señalan los instrumentos de política, mecanismos y procedimientos necesarios para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, incluida la competencia de la Federación para: expedir normas que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del país; integrar y actualizar el inventario de fuentes emisoras de jurisdicción federal de contaminantes a la atmósfera; formular y aplicar programas para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera; promover y apoyar técnicamente a los gobiernos locales en la formulación y aplicación de programas de gestión de la calidad del aire; expedir normas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo atmosférico; así como normar y vigilar la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan gases, partículas y olores, entre otros.

La Ley define los sectores industriales que son de jurisdicción federal y menciona que las autoridades locales son las encargadas de establecer y operar sistemas de monitoreo de la calidad del aire, así como programas de verificación vehicular.

1.3.1.3 Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera

El Reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación atmosférica.

El Reglamento define los procedimientos técnico-administrativos a que están sujetas las fuentes emisoras de contaminantes de jurisdicción federal, como son las licencias de funcionamiento y la cédula de operación anual. Cabe mencionar que derivado de los recientes cambios a la LGEEPA, se inició la aplicación de nuevos mecanismos de regulación directa de las actividades industriales, de tal forma que se creó una Licencia Ambiental Única (LAU) y una Cédula de Operación Anual (COA), de carácter multimedio.

El reglamento también define la actuación de las autoridades para establecer los inventarios de emisiones y los sistemas de información de la calidad del aire.

El Reglamento se divide en cinco capítulos (52 artículos) y una sección de artículos transitorios. Con las modificaciones a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 25 de noviembre de 1998, se derogaron algunas disposiciones legales del Reglamento que se contraponen a la LGEEPA.

El capítulo primero contiene las disposiciones generales que establecen las competencias de la SEMARNAT y también se definen claramente los subsectores industriales que se consideran de jurisdicción federal. El segundo capítulo establece la emisión de contaminantes por fuentes fijas. El tercer capítulo abarca la emisión de contaminantes por fuentes móviles. El capítulo cuarto trata lo relacionado con el sistema nacional de información de la calidad del aire. El quinto capítulo aborda el sistema nacional de información de la calidad del aire y el capítulo sexto contiene las medidas de control y de seguridad y las sanciones que

se pueden aplicar con carácter administrativo y que pueden ser sancionados por la Secretaría en asuntos de competencia federal.

1.3.1.4 Las normas aplicables

La SEMARNAT emite una serie de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que regulan las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes fijas y fuentes móviles; dichas normas están dirigidas a restringir a ciertos niveles las emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas, compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono. También establece la normatividad de la calidad ecológica de los combustibles en general y los requerimientos técnicos de los métodos empleados para medir los contaminantes más comunes en el aire. El proceso de elaboración y entrada en vigor de estas NOM se sujeta a lo establecido por la Ley Federal de Metrología y Normalización; en particular su proceso de elaboración debe pasar por una serie de evaluaciones y sanciones de los sectores afectados por su aplicación, los sectores sociales y los tres órdenes de gobierno.

El objetivo más amplio de las normas es el proteger la salud de la población y de los ecosistemas, regulando la calidad del aire de las cuencas atmosféricas por medio del establecimiento de límites de emisión de los contaminantes, siendo éstos más estrictos en aquellas zonas en donde ya existen problemas serios de contaminación.

Entre los atributos que se han considerado para las normas se busca que sean de aplicación generalizada, que establezcan límites basados en las características de los ecosistemas receptores y que abran una amplia gama de posibilidades para que se den cambios tecnológicos con un beneficio ambiental y a la vez para las actividades productivas.

1.3.2 Legislación Estatal

1.3.2.1 Constitución Política del Estado de San Luis Potosí

El artículo 15 es el que hace referencia al medio ambiente, cabe destacar que es un derecho de los habitantes del estado gozar de un ambiente sano, lo cual se logrará a través de los proyectos o actividades que en su ámbito de competencia implementen los municipios y el gobierno del estado. Los cuales considerarán fomentar la cultura de protección, mejoramiento y aprovechamiento de los recursos naturales.

1.3.2.2 Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí

La Ley contempla diversos artículos que están orientados a proteger la salud de la población mediante programas de coordinación entre los gobiernos.

Los artículos 1, 2, 7, 8 y 12, establecen las directrices para la aplicación de la política ambiental y la coordinación entre los órdenes de gobierno a nivel estatal y municipal y los instrumentos que se aplicarán para lograrla. Cabe destacar que es un derecho de los habitantes del Estado de San Luis Potosí gozar de un ambiente sano. Y que los programas que se desarrollarán en este marco deberán ser ejecutados para garantizar su aplicación.

En la Ley se incluye el Título Sexto, en el cual se trata De la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. En el capítulo primero de éste Título está elaborado para abordar las disposiciones para la Contaminación Atmosférica.

En los doce artículos del Capítulo se plasma desde las disposiciones que satisfará el estado, el tipo de emisiones consideradas para tal efecto incluyendo no sólo las de emisiones de contaminantes criterio si no que en la reforma a la misma ley en Julio de 2011 se incluye el tópico sobre cambio climático.

Se establecen las jurisdicciones de aplicación de la ley en el Estado de San Luis y los municipios que lo conforman.

Cabe destacar que el Capítulo considera las fuentes de emisiones antropogénicas (fuentes móviles: vehículos y transporte, fuentes de área: comercio y servicios y fuentes fijas: sector industrial) así como las naturales, dentro de éstas los incendios forestales, las áreas desprovistas de vegetación. También se considera desarrollar lineamientos para establecer la quema moderada de esquilmos, residuos sólidos municipales.

Dentro de los temas más importantes considerados en la Ley Estatal resaltan los siguientes:

- i. Llevar a cabo acciones de prevención y control de la contaminación del aire en zonas o fuentes emisoras
- ii. Convenir con quienes realicen actividades contaminantes para controlar, reducir o evitar las emisiones a la atmósfera, sin perjuicio de que se les requiera la instalación y operación de equipos de control, conforme a las normas aplicables, cuando se trate de actividades de jurisdicción estatal.
- iii. Integrar y mantener actualizados los inventarios de las diferentes fuentes de contaminación de la atmósfera.
- iv. Establecer y operar sistemas de verificación de emisiones de vehículos automotores en circulación, y sancionarán a los propietarios o poseedores de aquellos que no cumplan con las medidas de control dispuestas; en su caso, retirarán de la vía pública aquellos que rebasen los límites máximos permisibles que determinen los reglamentos y normas técnicas ecológicas correspondientes, así como los ostensiblemente contaminantes.
- v. Llevar un registro de los centros de verificación vehicular y mantendrán actualizado un informe de los resultados obtenidos en la medición de las emisiones contaminantes realizadas en dichos centros.
- vi. Promover el mejoramiento del transporte urbano y suburbano, la modernización del sistema mecánico de las unidades, así como de los vehículos de servicio público de propiedad particular.

- vii. Establecer y operar con el apoyo técnico en su caso de la federación, sistemas de monitoreo de la calidad del aire.
- viii. Establecer requisitos y procedimientos para regular las emisiones del transporte público estatal y municipal; asimismo aplicarán las medidas de tránsito atingentes y en su caso, la suspensión de circulación en casos graves de contaminación
- ix. Emitir las disposiciones y establecerán las medidas tendientes a evitar la quema de cualquier tipo de residuo sólido o líquido, incluyendo basura doméstica, hojarasca, hierba seca, esquilmos agrícolas, llantas usadas, plásticos, lubricantes usados, solventes y otras; así como las quemas con fines de desmontes o deshierbe de terrenos;
- x. Tomar medidas preventivas para evitar contingencias ambientales por contaminación atmosférica.
- xi. Formular y aplicar estrategias para la atención, prevención y adaptabilidad de los efectos del cambio climático, utilizando un enfoque precautorio.

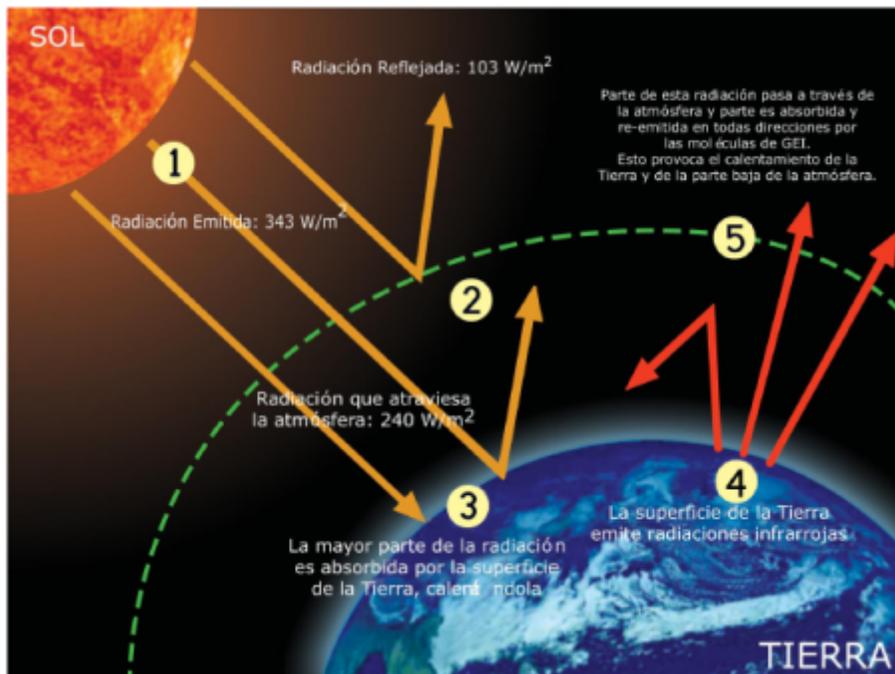
2. CAMBIO CLIMÁTICO

2.1 Efecto invernadero y cambio climático

Desde la Revolución Industrial, las actividades antropológicas (p. ej.: la quema de combustibles fósiles, la agricultura, la ganadería, la deforestación, los procesos industriales) han contribuido de forma importante a la emisión de estos gases denominados “gases de efecto invernadero”. El dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), los clorofluorocarbonos (CFC's), los hidrofluorocarbonos (HCFC's), perfluorocarbonos (PFC's), el óxido nitroso (N_2O) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), alteran los regímenes de temperatura, los ciclos agrícolas, la desertificación y el derretimiento de los casquetes polares provocando aumentos en los niveles del mar e inundando las regiones costeras, entre otros.

La acción de la radiación solar sobre la Tierra y su atmósfera se muestra en la siguiente figura:

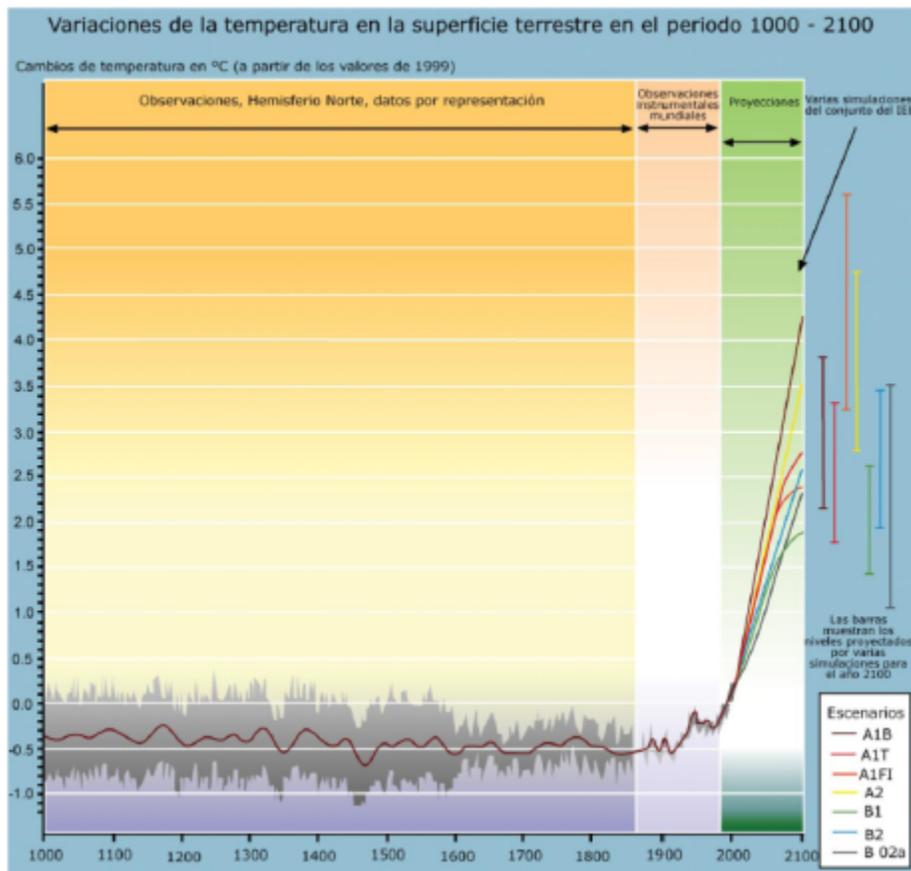
Figura 2.1 Esquema del mecanismo de efecto invernadero



Fuente: PNUMA. Cambio Climático Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. 2005.

Las evaluaciones más recientes (dadas a conocer en 2007) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), indican que el incremento de la temperatura durante los últimos 100 años es alrededor de un grado centígrado (0.74°C), y que en los últimos cincuenta años ese incremento se aceleró lo que coincide con el crecimiento de la economía mundial (ver Figura 2.2).

Figura 2.2 Variaciones en la temperatura media de la superficie terrestre en el Hemisferio Norte.



Fuente: PNUMA. Cambio Climático Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. 2005

Si el ritmo de crecimiento de las emisiones continúa como hasta hoy en día, se estima que la temperatura media del planeta se incrementaría en alrededor de 3°C hacia el año 2,100.

2.2 Respuesta de la Comunidad Internacional

Ante la evidencia científica existente en la década de los 70's, se realizó la Primera Conferencia Mundial del Clima en 1979, donde se reconoció que los efectos por el aumento de la temperatura global debían ser controlados. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial crearon en 1988 el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Los objetivos de esta organización están orientados a la evaluación de los efectos del cambio climático, sus impactos ambientales, económicos, sociales y las probables estrategias de respuesta. También han contribuido a reunir y sistematizar la evidencia científica en el tema de cambio climático para facilitar la creación de soluciones para contrarrestar un problema ambiental global. El IPCC ha sido un proveedor de información para los tomadores de decisión en las negociaciones para regular las emisiones con la participación de los países desarrollados y en vías de desarrollo.

2.2.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

En 1992 durante la Primera Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que formaba parte de un conjunto de acuerdos ambientales, incluidos en la Declaración de Río y la Agenda 21. La Convención Marco entró en vigencia en 1994 e incluyó cuatro principios para el tema del cambio climático:

- El cambio climático como un reto mundial común.
- Las responsabilidades comunes acordes al nivel de desarrollo de los países.
- Acciones precautorias para enfrentar los efectos y riesgos del cambio climático
- Equidad en las tareas de mitigación y adaptación, que incluye la transferencia de tecnologías limpias por parte de los países desarrollados a los menos desarrollados.

La Convención Marco fija las reglas para que la comunidad internacional conduzca los esfuerzos nacionales a reducir la emisión de gases de efecto invernadero con nuevas tecnologías más limpias y nueva evidencia científica.

De acuerdo al nivel de desarrollo de los países, estos se encuentran divididos por la Convención en dos grupos principales: Partes del Anexo I, Partes no incluidas en el anexo I. Las obligaciones de las Partes del anexo I, están enfocadas a presentar informes periódicos, denominados Comunicaciones Nacionales, en donde detallan las políticas y medidas que han implementado para mitigar el cambio climático. Les es requerida también la presentación de un inventario anual gases de efecto invernadero incluyendo su año base (1990, salvo en los países que cuenten con economías en transición) y todos los años posteriores al base.

Los países en desarrollo conforman las Partes no incluidas en el Anexo I. Estas Partes informan de forma más general sobre las medidas adoptadas para la mitigación y adaptación al cambio climático. También presentan Comunicaciones Nacionales e inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero en plazos menos estrictos ya que están sujetos a obtener financiación.

Existe también el Anexo II de la Convención Marco donde se encuentran incluidos actualmente 24 Partes del Anexo I. A estas Partes se les atribuyó la obligación de proporcionar recursos financieros adicionales, tecnologías limpias y capacitación a los países en desarrollo con el fin de hacer frente al cambio climático.

2.2.2 El Protocolo de Kioto

Dos años y medio después de la creación de la Convención Marco, en 1997 durante la Conferencia de Partes 3 celebrada en Kioto, Japón, se firmó un acuerdo en el que se establecían compromisos en la reducción y limitación de la emisión de gases de efecto invernadero: el Protocolo de Kioto.

Entre los principales elementos del Protocolo se encuentran:

- Metas cuantitativas de emisión y compromisos generales.

- Implementación de políticas y medidas nacionales para el cumplimiento de los compromisos.
- Minimización de impactos para los países en desarrollo, además de la creación de un Fondo de Adaptación.
- Desarrollo de inventarios nacionales de emisiones para la integración de un sistema de información internacional.
- Sistema de aseguramiento del cumplimiento de los compromisos de las Partes.

Los seis gases incluidos en el Protocolo de Kioto deberían reducirse cuando menos en un 5% en 2012 sobre el año base 1990. Los gases de efecto invernadero cubiertos por el Protocolo de Kioto son:

- Dióxido de Carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido Nitroso (N_2O)
- Hidroclorofluorocarbonos (HCFC's)
- Perfluorocarbonos (PFC's)
- Hexafloruro de azufre (SF_6)

En la Figura 2.3 se muestra información del tiempo de vida media de los gases considerados por el Protocolo de Kioto así como su potencial de calentamiento tomando como base el CO_2 con un potencial de 1.

Figura 2.3 Potencial de calentamiento de los gases de efecto invernadero

GAS	FUENTE EMISORA	PERSISTENCIA DE LAS MOLÉCULAS EN LA ATMÓSFERA (años)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG CO ₂ = 1)
Dióxido de carbono (CO ₂)	Quema de combustibles fósiles, cambios de uso del suelo, producción de cemento	500	1
Metano (CH ₄)	Producción y quema de combustibles fósiles, agricultura, ganadería, manejo de residuos	7 - 10	21 - 23
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Quema de combustibles fósiles, agricultura, cambios de uso de suelo	140 - 190	230 - 310
Clorofluorocarbonos (CFCs)	Refrigerantes, aerosoles, espuma plástica	65 - 110	6.200 - 7.100
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	Refrigerantes líquidos	12	1.300 - 1.400
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Aislantes eléctricos	3.200	23.900

Fuente: PNUMA. Cambio Climático Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. 2005.

De acuerdo a la evidencia científica internacional, se ha estimado que a los tres primeros gases se les atribuye el 50%, 18% y 6%, respectivamente del calentamiento global por las actividades antropológicas.

2.3 Efectos del Cambio Climático

La frecuencia de inundaciones y sequías se verán influidas por los cambios no homogéneos de la temperatura global, provocando grandes afectaciones como la migración de y extinción de especies así como la disminución de ciertas actividades que dependen del clima como la agricultura. La magnitud de los impactos globales dependerá, de la tendencia de emisiones de gases de efecto invernadero y de las acciones que se establezcan para su mitigación. Las proyecciones de los escenarios arrojan los posibles efectos siguientes:

- Aumento de las temperaturas de entre 1°C y 6°C.
- Aumento del nivel de mar entre 10 cm y 90 cm.
- Cambios en los regímenes de precipitaciones.
- Aumento de periodos de sequía en algunas regiones.
- Aumento del riesgo de incendios de bosques.
- Pérdidas potenciales de ecosistemas, en áreas de montaña, humedales y zonas costeras.
- Alteraciones en los ciclos productivos de alimentos.
- Aumento del riesgo de daños resultantes de inundaciones, deslizamiento de suelos y otros eventos climáticos.
- Aumento de la presión sobre los sistemas públicos de salud por enfermedades.⁷

Generalmente los sectores más pobres son los más afectados por vivir en zonas más vulnerables y tener condiciones sanitarias más precarias, por lo tanto, cuentan con menos recursos para establecer medidas de adaptación a las nuevas condiciones de vida ocasionadas por el cambio climático.

⁷ Fuente: PNUMA. Cambio Climático Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. 2005

2.4 Mitigación y Adaptación

2.4.1 Mitigación

El Protocolo de Kioto no prevé obligaciones específicas de mitigación para las Partes no incluidas en el Anexo I, pero incluye mecanismos para incentivar las acciones de mitigación en dichos países. La mitigación implica alteraciones en las actividades económicas diarias, para disminuir las emisiones y reducir efectos del cambio climático. Muchas de las acciones de mitigación se refieren al ahorro energético a través del uso eficiente de la energía. La conocida política de las tres R's (reducir, reutilizar y reciclar), contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, y es posible aplicarla en los distintos sectores:

- Edificios residenciales, comerciales e institucionales
- Transporte
- Industria
- Agricultura
- Manejo de residuos sólidos domiciliarios e industriales
- Producción de energía

Sin embargo, las acciones de mitigación requieren de la participación y concientización ciudadana acerca del cambio climático. Debe establecerse la cultura del ahorro energético al momento de adquirir nuevas tecnologías que ayuden a consumir menos electricidad.

2.4.2 Adaptación

Actualmente, las acciones para la adaptación a los efectos por el cambio climático no han sido objeto de tanta atención como las acciones de mitigación. Sin embargo, las acciones preventivas y reactivas de adaptación son de gran utilidad para reducir los impactos provocados por el cambio climático pero no evitarán el

100% de los efectos. En el caso de que los cambios climáticos sean graduales, la adaptación es más sencilla. En cambio, si las condiciones climáticas cambian más rápido que lo previsto, las posibilidades de adaptación son menores. Los costos asociados al desarrollo de medidas dirigidas a la adaptación tienen costos que ciertamente son menores que aquellos provocados por catástrofes ambientales. Es imperante entonces considerar las acciones de adaptación como medida precautoria para lo que se requiere:

- Recursos financieros y transferencia de tecnología avanzada
- Intercambio de información
- Legislación ambiental eficiente
- Programas de educación y concientización
- Planificación de acciones a mediano y largo plazo

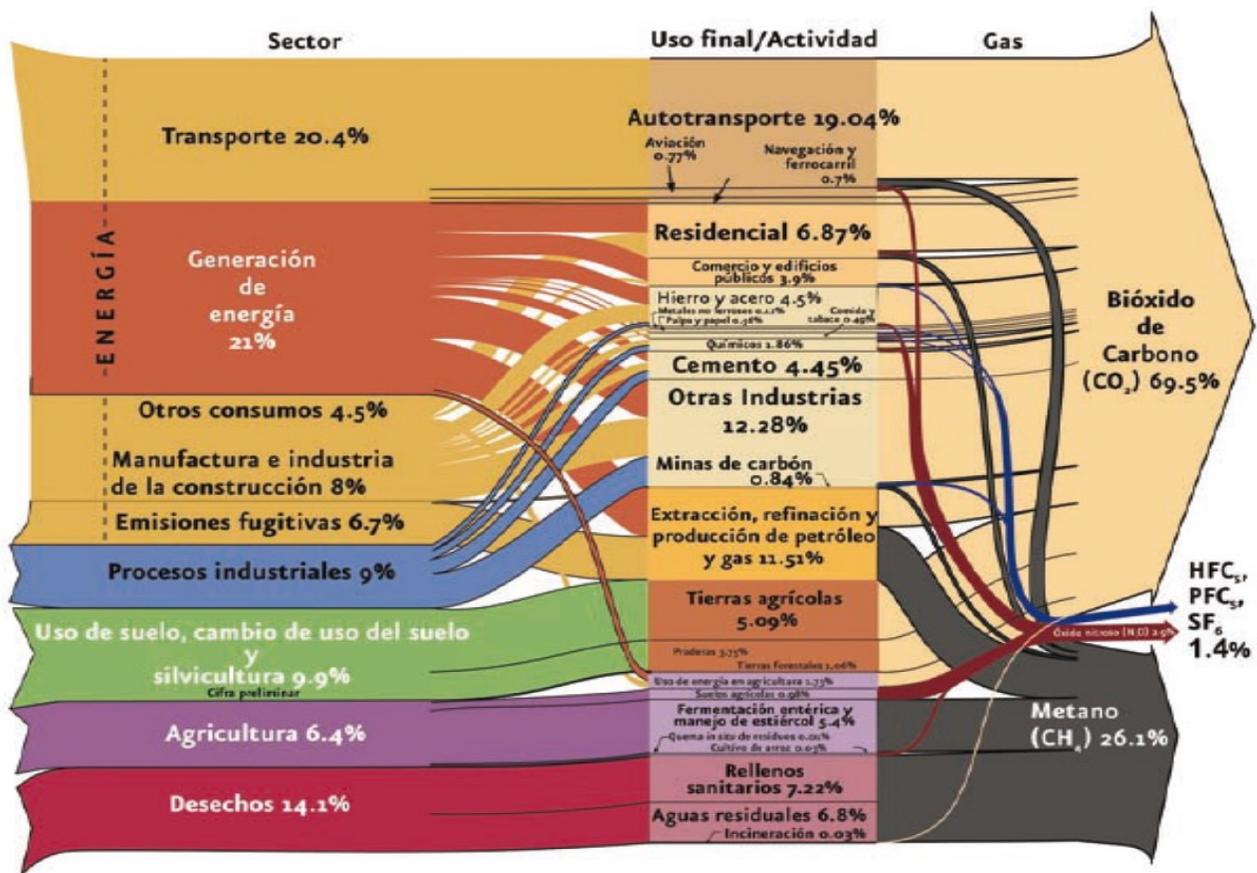
En cada país existe un grado distinto de capacidad de adaptación ante fenómenos climáticos como las inundaciones o intensas olas de calor. Es así como los programas de adaptación deben estar apoyados totalmente con decisiones políticas y con estudios de vulnerabilidad enfocados a promover el uso eficiente de los recursos.

2.5 Cambio Climático en México

2.5.1 Emisiones de gases de efecto invernadero en México

La utilización de combustibles fósiles en las diversas actividades antropogénicas, generan emisión de gases de efecto invernadero (en su mayoría CO₂ y CH₄) y provienen principalmente del autotransporte (19.04%), el uso residencial (6.87%) y otras industrias (12.28%) (ver Figura 2.4).

Figura 2.4 Diagrama de emisiones de GEI para México



Fuente: Instituto Nacional de Ecología. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (1990-2006).

México contribuye con alrededor del 1.6%⁸ a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial ocupando el lugar número 13. Durante el periodo 1990-2002, dichas emisiones se estimaban en 5.4 tCO_{2eq}/habitante. En el año 2006, las emisiones per cápita de México, ascendieron a 6.2 tCO_{2eq}/habitante⁹.

De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006, las emisiones bióxido de carbono equivalente (CO_{2 eq}) para México fueron de 709,005 Gg en 2006. La emisión de CO_{2 eq} por sector es la siguiente: desechos 14.1% (99,627.5 Gg); uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 9.9% (70,202.8 Gg), procesos industriales 9% (63,526 Gg), agricultura 6.4% (45,552.1 Gg), y energía 60.7% (430,097 Gg). Para el periodo de este Inventario, el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero fue de aproximadamente 40%, lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 2.1%.

2.5.2 Acciones del Gobierno federal

2.5.2.1 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

En el Diario Oficial de la Federación se publicó el 25 de abril de 2005¹⁰ la creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) que fue asignada con las tareas de identificar oportunidades, facilitar, promover, difundir, evaluar y, en su caso, aprobar proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero. La Comisión está integrada por los titulares de las Secretarías de Relaciones Exteriores; Desarrollo Social; Medio Ambiente y Recursos Naturales; Energía; Economía; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y Comunicaciones y Transportes.

⁸ Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. 2009

⁹ SEMARNAT. México. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2009

¹⁰ Diario Oficial de la Federación. 25 de abril de 2005

En noviembre de 2006, la CICC publicó el documento “Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática” (HENAC), que sirvió de base para formular la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) presentada el 25 de mayo 2007.

2.5.2.2 Estrategia Nacional de Cambio Climático

Presentada en 2007, la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) incluye:

- Identificar oportunidades de reducción de emisiones y desarrollar proyectos de mitigación.
- Reconocer la vulnerabilidad de los respectivos sectores y áreas de competencia e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación.
- Proponer líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para la elaboración de un Programa Especial de Cambio Climático que se inscribiría en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.¹¹

2.5.2.3 Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) se basa en la ENACC presentada en 2007. El PECC a través de sus 105 objetivos y 294 metas, concreta y desarrolla las orientaciones contenidas tanto en la ENACC como en los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (PND). El PECC incluye acciones en materia de comunicación social, educación y capacitación, investigación y desarrollo, gestión de riesgos y planes y programas estatales. Además contiene los objetivos, estrategias y líneas de acción para la política exterior de México en materia de cambio climático global, y explica la posición de México en las negociaciones

¹¹ Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Síntesis Ejecutiva de la Estrategia Nacional de Cambio Climático.2007

internacionales que habrán de conducir al diseño y establecimiento de las acciones para el régimen climático internacional después de 2012. Los estados, municipios y de la sociedad civil, juegan un papel primordial en la ampliación de los alcances del PECC.

2.5.3 Mitigación

Se espera una reducción emisiones anuales en 2012 de 51 millones de tonCO_{2eq} con respecto a la línea base (786 MtCO_{2eq} en 2012) de llevarse a cabo las estrategias y acciones del PECC orientadas a los sectores de generación y uso de energía, agricultura, bosques y otros usos del suelo, y desechos. En el sector de generación de energía se espera la reducción de 2.23 MtCO_{2eq} (4.4%); en el uso de energía, la reducción estimada es de 1.57 MtCO_{2eq} (3.1%); en agricultura, bosques y otros usos del suelo es de 2.55 MtCO_{2eq} (5%); mientras que en la categoría de desechos se espera reducir 1.02 MtCO_{2eq} (2.0%)¹².

2.5.4 Adaptación¹³

El Gobierno de México considera que las tareas de adaptación al cambio climático, centradas en la reducción de la vulnerabilidad del país frente al mismo, son de alta prioridad. En algunos casos, sobre todo en los sectores relacionados con la gestión del uso del suelo, las medidas de adaptación pueden coincidir con las de mitigación. Abordar los objetivos de fortalecimiento de capacidades de personas, sus bienes, de infraestructura y de los ecosistemas conlleva una oportunidad para alinear las políticas públicas en materia de adaptación.

También identifica la necesidad de desarrollar una gestión integral de riesgos, en particular de aquellos relacionados con fenómenos hidrometeorológicos extremos.

^{12,7} Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012.

Para afrontar con eficacia el cambio climático se requiere priorizar, al más alto nivel, las políticas públicas de mitigación y adaptación en todos los órdenes de gobierno, con el apoyo y la participación activa de la sociedad civil. La ubicación geográfica de México, sus condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas contribuyen a que el país esté expuesto a eventos hidrometeorológicos extremos con efectos graves principalmente en las zonas costeras, áreas inundables y laderas de montaña. Además, el cambio climático desencadenará procesos que disminuirán la humedad en suelos que conducirá a un descenso de la productividad agrícola y a una intensificación de los procesos de desertificación y degradación de tierras. Se encuentran en proceso de elaboración diversos estudios que arrojarán información sobre las opciones y costos de adaptación en México. Sin embargo en el PECC ya se encuentran esbozados los objetivos para promover la integración de criterios de prevención ante desastres y de adaptación de largo plazo ante el cambio climático en las políticas de población, para reducir la exposición a riesgos, particularmente por eventos hidrometeorológicos extremos.

3. CALIDAD DEL AIRE

3.1 Marco jurídico de Calidad del Aire

Un contaminante es toda sustancia que causa inestabilidad, desorden, daño o alteración en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo cuando las concentraciones exceden los límites naturales. Estas sustancias afectan la salud de plantas y animales (incluyendo al hombre). Los contaminantes atmosféricos se generan por procesos naturales o actividades humanas.

La importancia relativa de los contaminantes se debe tanto a la frecuencia con que se presentan en el aire ambiente como a las concentraciones en que se hallan. Las dos categorías básicas de contaminantes son la de contaminantes criterio y contaminantes no criterio:

Contaminantes Criterio. Son las sustancias sobre las cuales se tiene la mayor cantidad de información y para los cuales se han establecido concentraciones límite (normas de calidad del aire) como línea divisoria entre una calidad de aire aceptable y una mala calidad. Los contaminantes criterio son: monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂), bióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), las partículas (PST, PM₁₀, PM_{2.5}) y el plomo (Pb).

Contaminantes No Criterio. Todos los demás contaminantes se consideran como no criterio. Entre ellos destacan los gases de efecto invernadero y los contaminantes tóxicos.

En general, las normas de calidad del aire se establecen con base en los resultados de estudios toxicológicos y epidemiológicos que evalúan la relación entre la exposición a un contaminante y sus efectos en la salud. Cuando existe una concentración umbral, es decir, un nivel abajo del cual no se identifican impactos en la salud, se toma esa concentración como el límite permisible. Sin embargo, para algunos contaminantes, como las partículas suspendidas, aún no se han detectado umbrales para algunos efectos en la salud; de hecho, se han encontrado impactos en la salud aun a niveles muy bajos. Por lo tanto, el

establecimiento de normas de calidad del aire para ciertos contaminantes conlleva intrínsecamente un grado de riesgo para la población.

En México, la Secretaría de Salud es la responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud y de establecer los límites permisibles de concentración de los contaminantes en la atmósfera. Existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de calidad del aire para las partículas (PST, PM₁₀ y PM_{2.5}), el O₃, el CO, el SO₂, el NO₂ y el Pb. En la Tabla 3.1 se presentan los valores, el tiempo promedio y la frecuencia máxima aceptable de los contaminantes normados, así como la NOM que los rige y su fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

Tabla 3.1 Valores normados para los contaminantes del aire en México¹⁴.

Contaminante	Valores límite			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)	
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas) (12595 µg/m ³)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993 ^a
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.11 ppm (24 horas) (288 µg/m ³)	1 vez al año	0.025 ppm (promedio anual)	NOM-022-SSA1-2010 ^a
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 hora) (395 µg/m ³)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993 ^a
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 hora) (216 µg/m ³)	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 ^b
	0.08 ppm (8 horas) ^d	4 veces al año	-	

¹⁴ <http://www.salud.gob.mx/unidades/cofepris/mj/documentos/nom9.htm>

Contaminante	Valores límite			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)	
Partículas suspendidas totales PST	210 µg/m ³ (24 horas) ^e	2% de mediciones al año	-	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993 ^c
Partículas menores de 10 micrómetros PM ₁₀	120 µg/m ³ (24 horas) ^e	2% de mediciones al año de 24 horas al año	50 µg/m ³ (promedio aritmético anual) ^f	
Partículas menores de 2.5 micrómetros PM _{2.5}	65 µg/m ³ (24 horas) ^e	2% de mediciones al año	15 µg/m ³ (promedio aritmético anual) ^f	
Plomo (Pb)	-	-	1.5 mg/m ³ (promedio aritmético en 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993 ^a

^a Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994.

^b Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002.

^c Diario Oficial de la Federación del 26 de septiembre de 2005, entra en vigor a partir del 26 de noviembre de 2005.

^d La concentración del promedio de ocho horas de ozono como contaminante atmosférico en un sitio de monitoreo, debe ser menor o igual a 0.080 ppm, tomado como el quinto máximo, en un periodo de un año, calculado como se indica en la NOM.

^e Un sitio cumple con la norma para el promedio de 24 horas cuando el valor del percentil 98 calculado como se indica en la NOM es menor o igual al valor indicado.

^f Un sitio cumple con la norma anual, cuando el promedio anual de los valores diarios calculado como se indica en la NOM es menor o igual al valor indicado.

3.2 Monitoreo de Calidad del Aire

En las últimas décadas se ha desarrollado una preocupación creciente por los efectos de la contaminación del aire en la salud humana y el ambiente. La presión social junto con una legislación más rigurosa, requieren de información actualizada y confiable sobre la calidad del aire. El monitoreo es una herramienta para

identificar y evaluar los problemas de la calidad del aire. El monitoreo, junto con los modelos de predicción y los inventarios de emisiones, son parte integral de las herramientas de gestión de la calidad del aire. La cual se encuentra directamente vinculada con el cumplimiento de objetivos económicos, de evaluación y de regulación.

El propósito más importante del monitoreo atmosférico es el de proveer la información necesaria a los científicos, legisladores y planificadores para que éstos tomen las decisiones adecuadas para propósitos de gestión y mejora del ambiente. El monitoreo juega un papel regulador en este proceso proporcionando la base científica para el desarrollo de las políticas y estrategias, en el establecimiento de objetivos durante la evaluación del cumplimiento de las metas y en la ejecución de las acciones¹⁵.

Un sistema de monitoreo de la calidad del aire es un conjunto organizado de recursos humanos, técnicos y administrativos empleados para el monitoreo de la calidad del aire en una región o cuenca determinada. Estos sistemas deben responder en forma eficiente y confiable a los objetivos del monitoreo y a las necesidades de información establecidas por los tomadores de decisiones y en general todos los actores involucrados en materia de calidad del aire. Dentro de sus actividades se encuentran la medición, registro y procesamiento de los datos de calidad del aire. Sus principales productos son las bases de datos, el índice, así como los informes y el pronóstico de la contaminación atmosférica.

La infraestructura del sistema debe permitir el cumplimiento de los siguientes objetivos: evaluar la observancia de las normas de calidad del aire, conocer los niveles de contaminación en corto tiempo, informar a la población sobre los niveles de contaminación en tiempo casi real, verificar los efectos de las medidas de control en la contaminación atmosférica y promover la gestión ambiental para evitar el deterioro de la atmósfera debido a las actividades humanas.

¹⁵ Espinosa M., 2007, *Revisión y estructuración de los manuales de monitoreo atmosférico para fortalecer la operación y mantenimiento de las redes de monitoreo de la calidad del aire que operan en el país*, Instituto Nacional de Ecología.

Durante el desarrollo de un plan efectivo de gestión de la calidad del aire es necesario obtener información confiable relacionada con los niveles de contaminación en el aire a través del monitoreo.

3.2.1 Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire

Un sistema de monitoreo de la calidad del aire es un conjunto organizado de recursos humanos, técnicos y administrativos empleados para el monitoreo de la calidad del aire en una región dada. Estos sistemas deben responder en forma eficiente y confiable a los objetivos del monitoreo y a las necesidades de información establecidas por las normas federales y/o locales vigentes en materia de calidad del aire. Dentro de sus actividades se encuentran la medición, registro y procesamiento de los datos de calidad del aire. Sus principales productos en cuanto a calidad del aire son las bases de datos, el índice, así como los informes y el pronóstico de la contaminación atmosférica.

La infraestructura del sistema debe permitir el cumplimiento de los siguientes objetivos: evaluar la observancia de las normas de calidad del aire, conocer los niveles de contaminación en corto tiempo, informar a la población sobre los niveles de contaminación, verificar los efectos de las medidas de control en la contaminación atmosférica y promover la gestión ambiental para evitar el deterioro de la atmósfera debido a las actividades humanas.

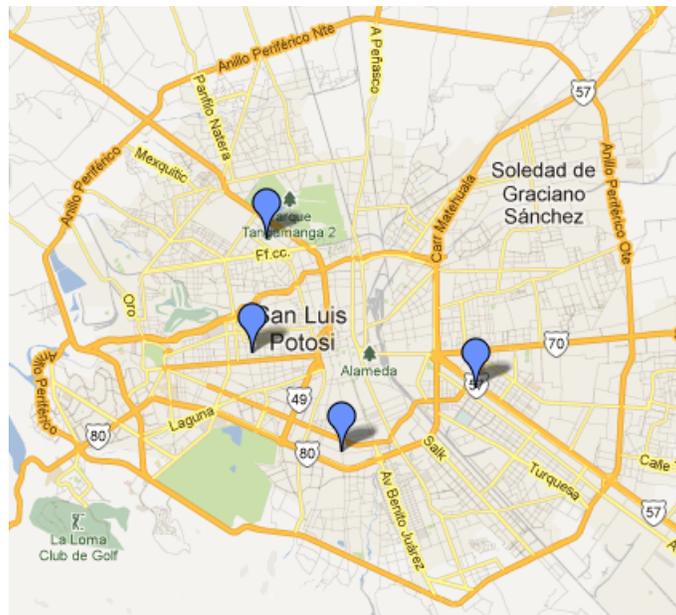
3.2.2 Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de San Luis Potosí

La ciudad de San Luis Potosí cuenta con cuatro estaciones de monitoreo atmosférico, tres de tipo fijo y una móvil, mismas que se encuentran equipadas como se señala en la tabla, la estación de monitoreo IPAC, opera desde 2006, la unidad móvil (que opera como fija, en la Facultad de Psicología) a partir de noviembre de 2008, la estación DIF está fuera de operación, debido a que los equipos de medición que integran la estación, tienen más de 10 años de

antigüedad para la cual se está buscando su rehabilitación, y la de más reciente adquisición la estación Biblioteca, que desde 2012 se encuentra funcionando.

El Sistema de Medición de Calidad del Aire se encuentra a cargo del gobierno del estado, a través de la Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, SEGAM. La ubicación de las estaciones de muestra en la figura 3.1.

Figura 3.1 Ubicación de las estaciones de monitoreo en el municipio de San Luis Potosí



Fuente: Tomado de en http://sinaica.ine.gob.mx/rama_slp.html el 15 de noviembre de 2012

Los parámetros que se miden en la estación de monitoreo atmosférico de San Luis Potosí son los siguientes:

Tabla 3.2 Estaciones de monitoreo

Estación	Clave	O ₃	NO ₂	SO ₂	CO	PM10	VV	DV	TMP	HR	PP	RS	PB
IPAC	IPAC	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DIF	DIF	•	•	•									
Biblioteca	BIB	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Facultad Psicología	UMO	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fuente: Elaboración propia consultado en http://sinaica.ine.gob.mx/rama_slp.html, el 15 de noviembre de 2012.

3.2.3 Información de calidad del aire obtenida por las estaciones de monitoreo atmosférico

La información de calidad del aire generada por las estaciones de monitoreo en los últimos años se ha visto afectada debido a la falta de mantenimiento, lo que propició que los datos de calidad del aire se vieran afectados debido a estas anomalías.

Debido a eso se presentan dos apartados con información de calidad del aire, la primera es la generada de forma oficial por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático e incluida en la página web del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA), la segunda información es la conformada por datos *en crudo* provenientes de las estaciones de monitoreo operadas por la SEGAM.

Esta información fue revisada, sometida a procesos de limpieza de datos y a análisis detenido con base en lo establecido en la Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire.

Por lo cual estos dos apartados se complementan uno a otro y pueden servir como base para un análisis de las áreas de oportunidad presentes en el tema de monitoreo atmosférico en el Estado de San Luis Potosí.

3.2.4 Información del SINAICA

3.2.4.1 Violaciones a las normas de calidad del aire

Información reportada durante el periodo 2006-2009 por la estación automática de monitoreo atmosférico IPAC, y de acuerdo a los análisis realizados por el Instituto Nacional de Ecología, indican que se cumple con las normas correspondientes a los cuatro contaminantes analizados: O₃, CO, NO₂ y SO₂, es decir, no se rebasó el valor de la norma ningún día del año 2009. Cabe mencionar, que en 2006 se registró una concentración horaria de ozono superior a la norma y valores muy cercano al límite de la norma.

3.2.4.2 Tendencias de datos de calidad del aire

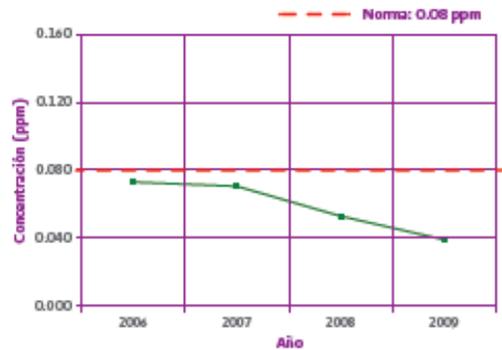
Los resultados publicados por el INE, indican que durante el periodo 2006-2009, en San Luis Potosí se han cumplido los límites normados para los contaminantes analizados, y la tendencia en las concentraciones es decreciente. Sin embargo, en cuanto al desempeño de la red, relacionada con su mantenimiento, operación y procedimientos de aseguramiento y control de calidad, el INECC recomienda atención para cumplir con el propósito de informar a la población acerca de la calidad del aire que respira. La Figura 3.2 presenta los Indicadores de la calidad del aire en la ciudad de San Luis Potosí.

Figura 3.2 Indicadores de calidad del aire.

Indicadores del O₃

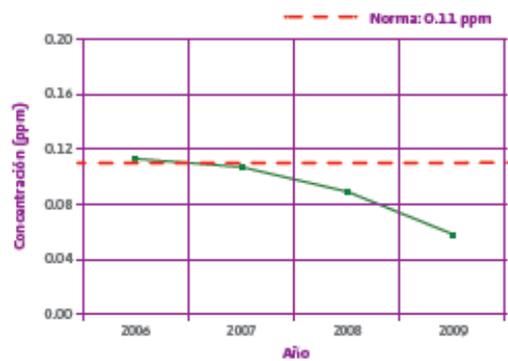
Límite anual (quinto máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 h)

En la figura se aprecia con claridad que la norma anual del ozono se ha cumplido en todo el periodo de análisis, y que a partir de 2007 se ha experimentado una notable tendencia decreciente en las concentraciones, hasta alcanzar en 2009 una concentración máxima equivalente a la mitad del valor normado.



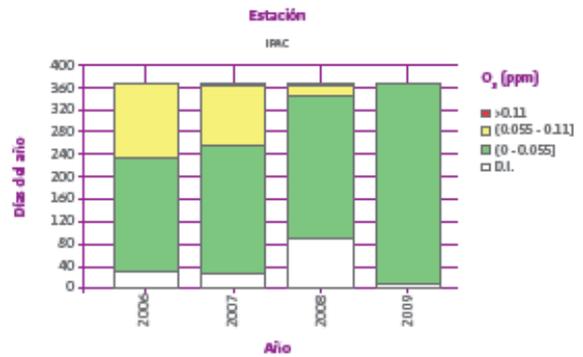
Límite horario (máximo horario)

Se observa que a partir de 2006, año en el que se registró una concentración horaria de ozono superior a la norma, hay una notable tendencia decreciente que ha llevado al cumplimiento de la norma en los últimos tres años. Incluso en 2009 esto se logró con una concentración máxima equivalente a casi la mitad del valor normado.



Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala (máximos diarios de 1 h)

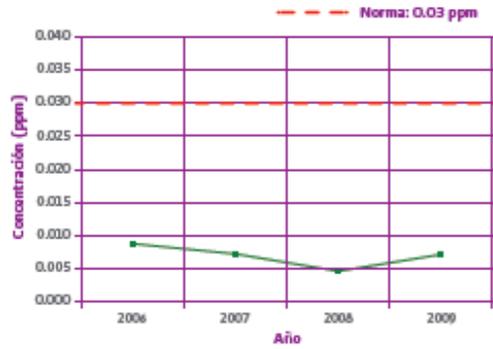
Esta figura muestra de manera contundente que en los alrededores de la estación de monitoreo IPAC predominan los días con una buena calidad del aire (en verde) en lo que respecta al ozono.



Indicadores del SO₂

Límite anual (promedio anual)

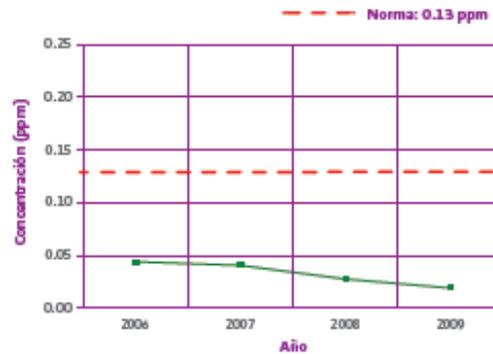
La norma anual del SO₂ se cumplió en todo el periodo de análisis. De hecho, en la figura se observa que los promedios anuales de este contaminante se ubican muy por debajo del límite normado.



Límite de 24 horas

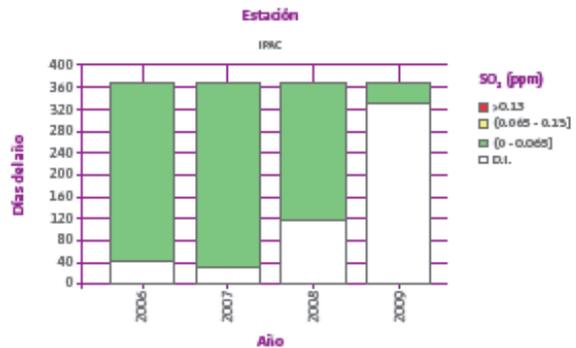
(segundo máximo de los promedios de 24 h)

Al igual que con la norma anual, la norma diaria del SO₂ se cumplió en todo el periodo analizado, incluso con concentraciones inferiores a la mitad del valor normado.



Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala (promedios de 24 h)

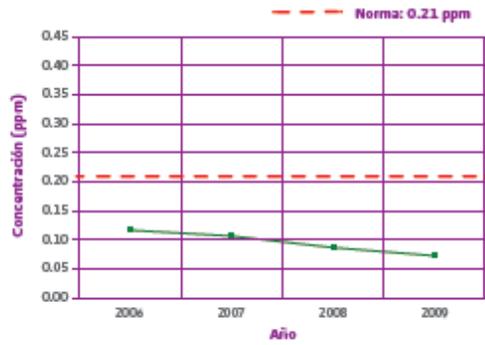
Esta figura revela que dominan de manera clara los días con buena calidad del aire con respecto al SO₂, pues no hay color amarillo en las barras. Sin embargo, destaca cómo se ha incrementado a lo largo del tiempo la cantidad de días con datos insuficientes para estimar el indicador, hasta llegar a prácticamente el 90% en 2009.



Indicadores del NO₂

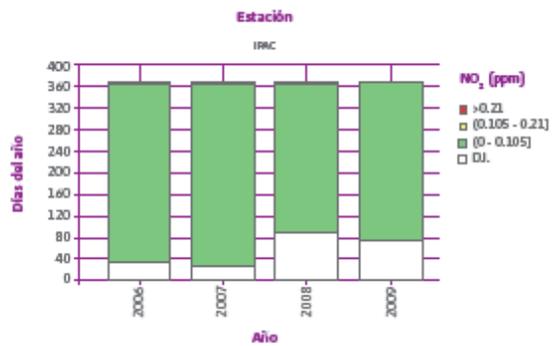
Límite horario (segundo máximo horario)

Al igual que con los contaminantes antes descritos, la norma horaria del NO₂ también se ha cumplido en todo el periodo analizado, y lo ha hecho con concentraciones notablemente inferiores al valor normado. Asimismo, destaca que a pesar de ello se presenta una tendencia decreciente en el tiempo.



Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala (máximos diarios)

En congruencia con la figura anterior, en esta figura se puede apreciar que en San Luis Potosí se ha tenido una muy buena calidad del aire con respecto al NO₂ durante todo el periodo analizado (en verde). Destaca también, sin embargo, que en los últimos dos años se ha incrementado el número de días con información insuficiente para generar el indicador.

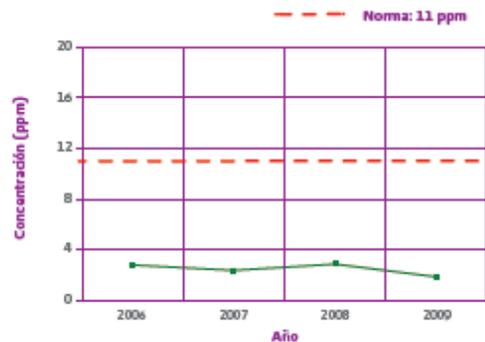


Indicadores del CO

Límite de 8 horas

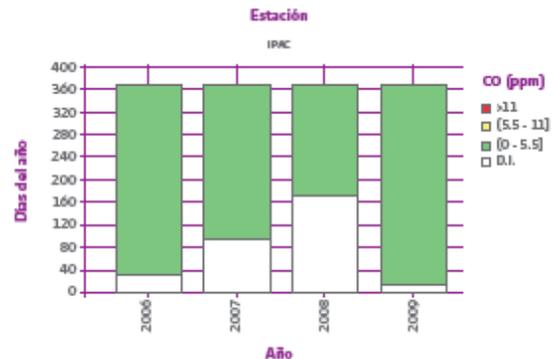
(segundo máximo del promedio móvil de 8 h)

La norma de la calidad del aire para el CO se cumplió durante todo el periodo analizado, y se hizo con concentraciones notablemente bajas. En todos los años se han registrado concentraciones inferiores a las 3 ppm, que equivalen a poco menos de un tercio del valor normado.



Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala (máximos diarios de los promedios móviles de 8 h)

En congruencia con la figura anterior, en esta figura se puede apreciar que en San Luis Potosí se ha tenido una muy buena calidad del aire con respecto al CO durante todo el periodo analizado (en verde). Sin embargo, durante la mitad de los días de 2008 no fue posible determinar la calidad del aire en la estación.



Fuente: INE, 2011

3.2.5 Información de las estaciones de monitoreo operadas por la SEGAM

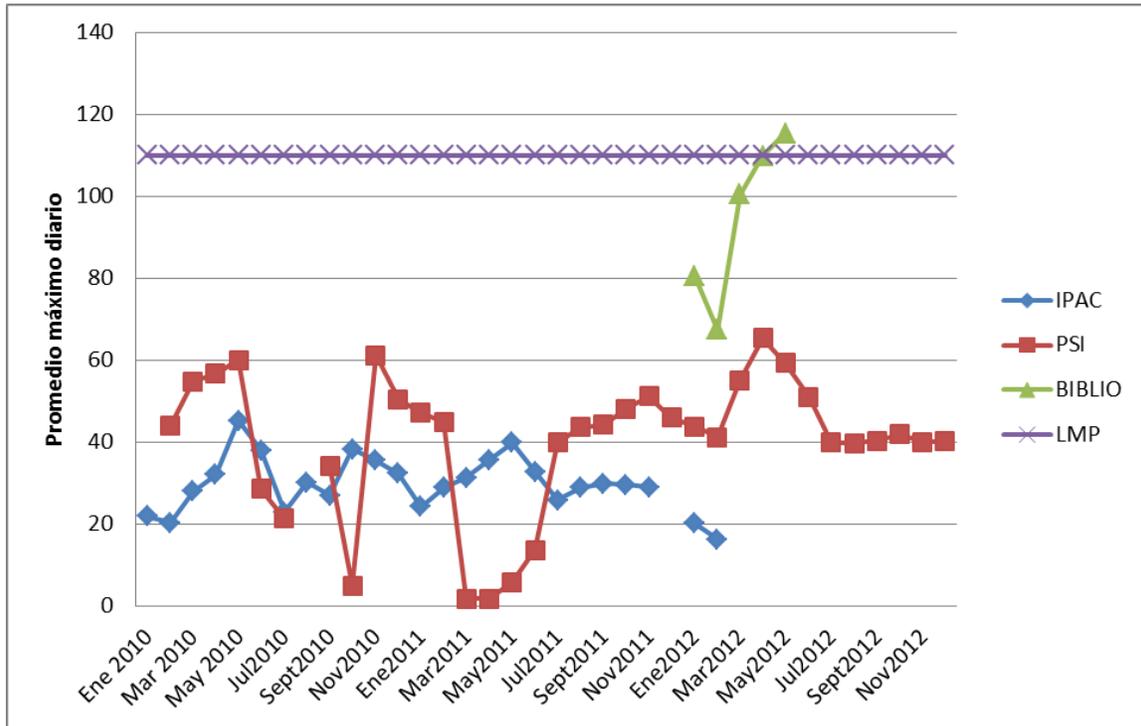
Como se mencionó anteriormente, la información que conforma este apartado fue proporcionada por la SEGAM, la cual está integrada por las estaciones de monitoreo IPAC, psicología (PSI) y biblioteca (BIB), las primeras dos corresponden a los años 2010, 2011 y 2012 y para la estación biblioteca sólo se analizan los datos de enero a mayo de 2012, ya que ésta se integró a la red a partir del 2012, presentando datos válidos sólo para los meses mencionados.

3.2.5.1 Datos de calidad del aire para Bióxido de Nitrógeno (NO₂)

En la gráfica 3.3, se muestra el comportamiento en un periodo de tres años del NO₂ se observa que las variaciones de las concentraciones cambian de un mes a otro, en la estación PSI es donde se presentan las concentraciones más altas seguido de la estación IPAC y Biblio.

Sólo existe un caso de excedencia a la norma que se presentó en diciembre del año 2010 con un concentración promedio máximo diaria de 219 µg/m³.

Figura 3.3 Promedio máximo diario de NO₂

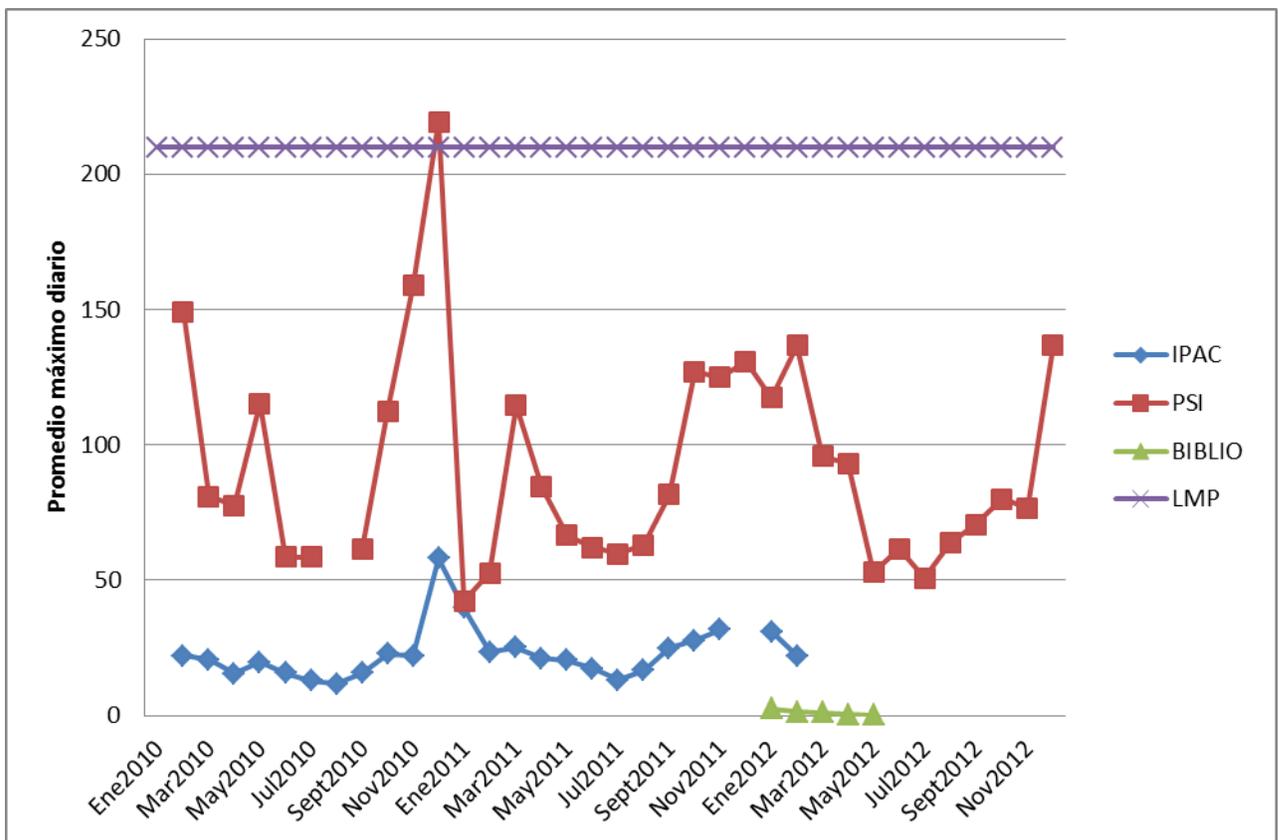


Fuente: Elaboración propia con información de la SEGAM, 2012.

3.2.5.2 Datos de calidad del aire para ozono (O₃)

Como se observa en la gráfica 3.4, los valores obtenidos en las estaciones IPAC y PSI, no rebasan los límites establecidos en la NOM 020, contrario al caso de los datos obtenidos para la estación Biblio, pero se debe hacer hincapié que el equipo de monitoreo puede estar descalibrado.

Figura 3.4 Promedio máximo diario O₃



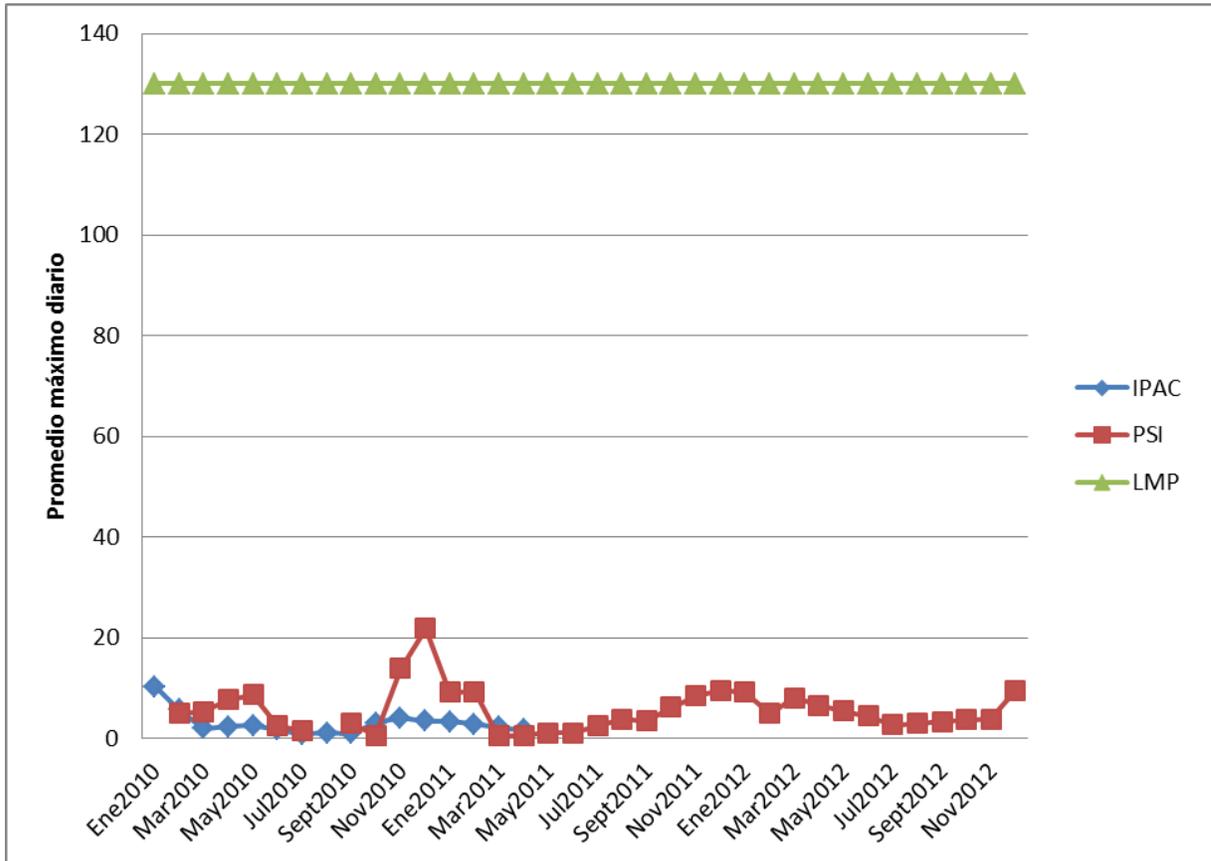
Fuente: Elaboración propia con información de la SEGAM, 2012.

3.2.5.3 Datos de calidad del aire para SO₂

La tendencia de calidad del aire para el SO₂ en el municipio de San Luis Potosí, es extremadamente baja en comparación con el límite máximo permisible de la NOM 022.

En este caso, no se presentan datos de las concentraciones de la estación Biblioteca, en la cual la información excedía 10 veces los LMP de la norma, lo cual no es real puesto no se encuentra ubicada cercana a una fuente de emisión de estos contaminantes. Cabe hacer la aclaración que esta estación de monitoreo se instaló hace poco tiempo y es necesario realizar la calibración.

Figura 3.5 Promedio máximo diario SO₂



Fuente: Elaboración propia con información de la SEGAM, 2012.

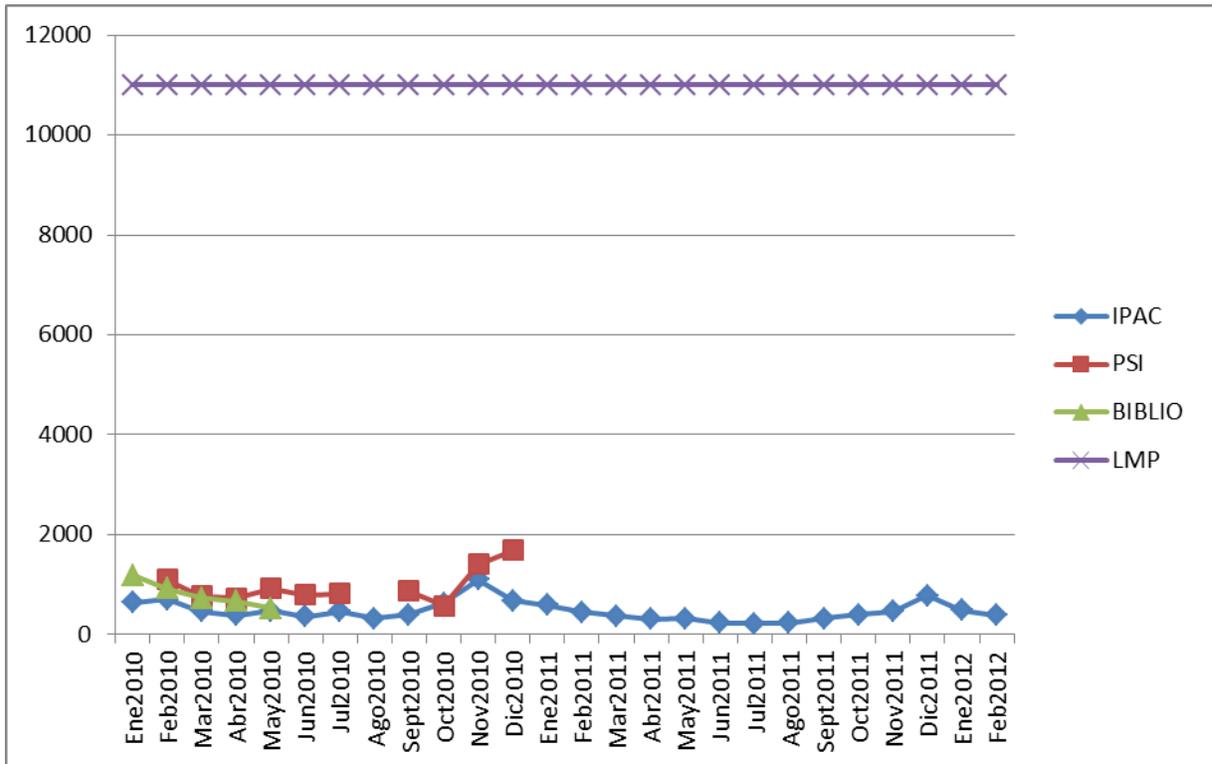
3.2.5.4 Datos de calidad del aire para CO

En la figura 3.6, se representa la información de calidad del aire para las estaciones ubicadas en el municipio de San Luis Potosí, como se observa, la estación IPAC es la que cuenta con mayor información contrario a las estaciones PSI y Biblio.

Así mismo, se puede ver que las concentraciones son mucho menores a las establecidas para el LPM de la NOM 021.

Como recomendación para este parámetro es necesario hacer un análisis de los gases de calibración y del funcionamiento del equipo, con la finalidad de obtener datos que sean representativos de la situación de calidad del aire en la Zona Metropolitana.

Figura 3.6 Promedio máximo diario CO



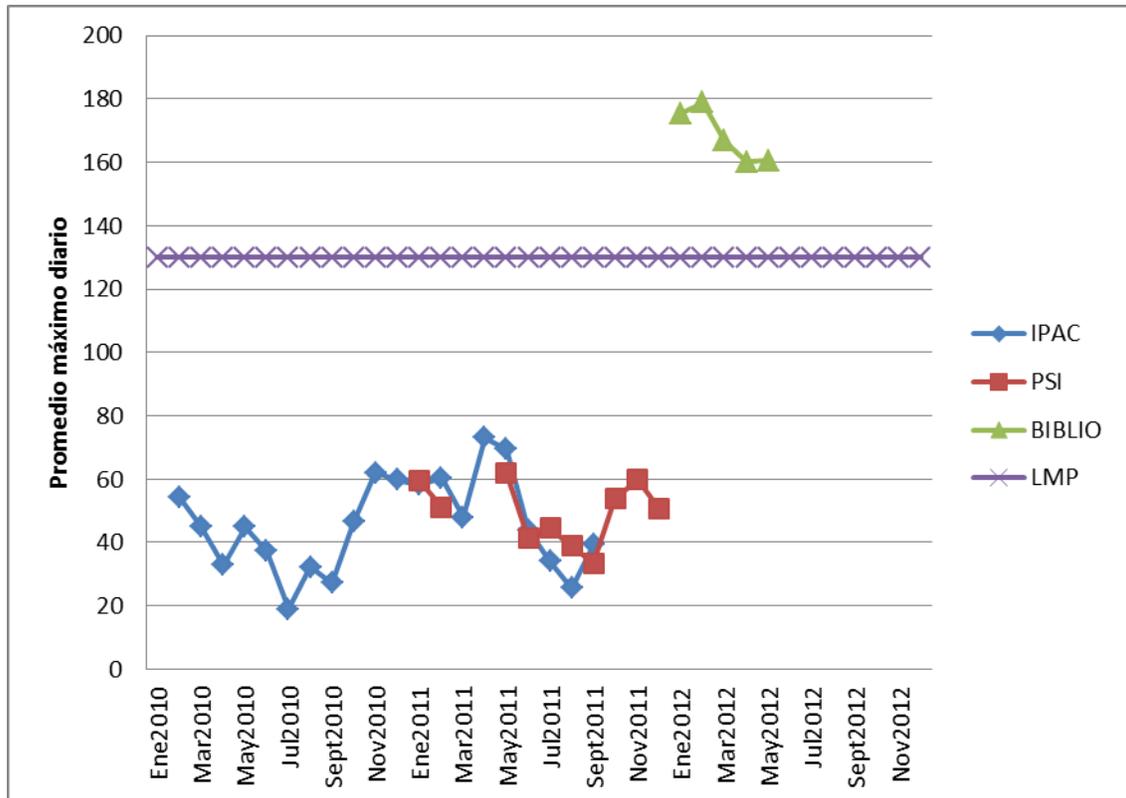
Fuente: Elaboración propia con información de la SEGAM, 2012.

3.2.5.5 Datos de calidad del aire para PST

La información sobre calidad del aire obtenida por los equipos de alto volumen, se presenta en la Figura 3.7, en ella se observa que los valores de las estaciones IPAC y PSI se encuentran casi a la mitad de los LMP establecidos en la NOM 025. Es importante comentar que en el año 2012 no se proporcionaron datos de calidad del aire para esas estaciones.

En el periodo de enero a mayo de 2012, en la estación biblioteca, se presentan datos mayores a los límites, por lo cual es importante analizar el buen funcionamiento del equipo adicional a las características de las fuentes localizadas en un perímetro de 3 kilómetros circundando el equipo de muestreo.

Figura 3.7 Promedio máximo diario PST



Fuente: Elaboración propia con información de la SEGAM, 2012.

4. INVENTARIO DE EMISIONES

4.1 Inventarios de Emisiones

Los inventarios de emisiones (IE) son herramientas fundamentales en la gestión de la calidad del aire. Estos inventarios tienen el objetivo de identificar las fuentes de emisión que descargan contaminantes en la atmósfera, así como estimar la magnitud de tales emisiones. Un IE actualizado es un instrumento fundamental para definir y establecer políticas y estrategias de reducción de las emisiones de contaminantes del aire.

En este capítulo se presenta el inventario de emisiones correspondiente a los dos municipios incluidos en el ProAire. El año base o año de referencia para estas estimaciones corresponde a 2011.

4.1.1 Descripción general del inventario

Para fines del ProAire Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, se elaboró el IE cuyos alcances y características se describen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Principales características del IE de San Luis Potosí

Característica	Descripción
Año base	2011
Cobertura geográfica	Municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez
Resolución espacial y temporal	Municipal, anual
Contaminantes incluidos	PM ₁₀ PM _{2.5} NO _x SO ₂ CO NH ₃ COV
Categorías incluidas	Fuentes puntuales Fuentes de área Fuentes móviles no carretera Fuentes móviles carretera Fuentes naturales

Fuente: Elaboración propia para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de SLPSGS, 2013.

4.1.2 Descripción de las categorías de las fuentes de emisión

- **Fuentes puntuales:**

Se refiere a los establecimientos industriales asentados en la zona, que generalmente emiten contaminantes a través de chimeneas, aunque también pueden ser emisiones no conducidas, conocidas como “fugitivas”, y cuya estimación de emisiones se efectúa en forma individual; la regulación nacional las clasifica como fuentes fijas de jurisdicción federal o estatal.

Las emisiones de esta categoría se estimaron a partir de la información reportada en las cédulas de operación de los establecimientos industriales de jurisdicción federal, disponibles en la Dirección General de Gestión de Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGGCARETC) de SEMARNAT y de la información recopilada por la

Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental del Estado de San Luis Potosí para las fuentes fijas de jurisdicción estatal. El IE contiene la estimación de emisiones de empresas de las divididas en competencia federal y estatal, mismas que se desagregaron en seis sectores industriales.

- **Fuentes de área:**

Dentro de la categoría de fuentes de área se incluyen establecimientos comerciales y de servicios y actividades que emiten contaminantes en cantidades que resultan relativamente bajas y cuyas emisiones no son factibles estimar en forma individual, pero que debido a su número o intensidad, generan importantes emisiones en casas habitación, talleres mecánicos, tintorerías, panaderías, lavanderías, imprentas y combustión doméstica, entre otros.

En esta categoría se incluyen también actividades relacionadas con las emisiones evaporativas de compuestos orgánicos, debido al consumo doméstico, aplicación de pintura arquitectónica, en señalización vial y por pavimentación, así como emisiones asociadas a incendios forestales y quemas agrícolas intencionales. Se incluyen actividades que emiten amoníaco, como la ganadería y actividades con generación de partículas como construcciones. En este inventario se estimaron las emisiones de 39 categorías de fuentes de área.

- **Fuentes móviles carretera:**

Incluyen los vehículos automotores que circulan por calles y carreteras, dentro de la zona urbana, y que están registrados en los municipios incluidos en el ProAire; están agrupados de acuerdo al peso de los mismos, y en algunos casos se especifica el uso (por ejemplo, taxis). De esta manera, se incluyen automóviles, camionetas, camiones ligeros, medios y pesados; de servicio privado y de servicio público, de carga y de pasajeros; que emplean diesel o gasolina como combustible. Esta categoría no incluye otras fuentes móviles, como aviones, trenes o embarcaciones.

La estimación incluye emisiones de 9 subcategorías de vehículos de gasolina y diesel, tanto de uso privado como para transporte público, de pasajeros y de carga. Se incluyen más adelante las Tablas con la descripción detallada de esta categoría y sus subcategorías, así como ejemplos de los vehículos incluidos en cada una de ellas.

- **Fuentes móviles no carreteras.**

Este tipo de fuente incluye el equipo automotor o portátil cuya operación en caminos públicos está prohibida. Como ejemplo de este tipo de vehículos, son los empleados en actividades de construcción y agrícolas, aeronaves, locomotoras y embarcaciones marítimas comerciales

Las fuentes móviles que no circulan por carreteras consideran diversos tipos de equipo, incluidos los utilizados en actividades industriales y comerciales (soldadoras, grúas aéreas, compresoras de aire, etcétera), vehículos y botes recreativos, equipo de jardinería, equipo de servicios aeroportuarios, motores auxiliares, equipo portátil de perforación de pozos y equipo de silvicultura.

- **Vegetación y suelos:**

Los cultivos y la vegetación natural los cuales emiten contaminantes como resultado de su metabolismo y de los procesos de desnitrificación.

4.2 Inventario de emisiones a la atmósfera

En la Tabla 4.2 se presenta el inventario de emisiones de los dos municipios de la Zona Metropolitana de SLPSGS, para el año base 2011. La Figura 4.1 muestra la comparación de la magnitud de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, así como la categoría de la fuente de emisión.

Tabla 4.2 Inventario de emisiones de la ZMSLPSGS, año base 2011

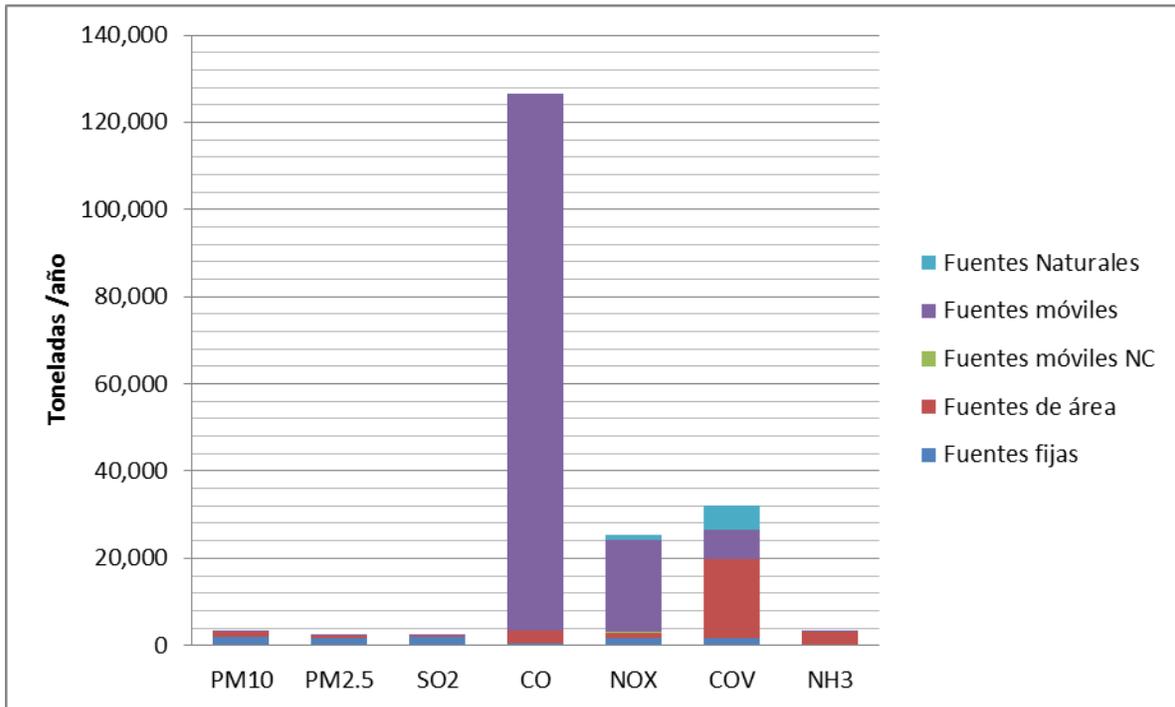
Fuente	Emisiones (toneladas/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fijas	1,891.97	1,631.76	2,088.09	425.81	1,719.57	1,807.30	16.13
Área	1,109.66	508.83	74.02	2858.74	1,152.98	18,120.62	2,978.48
Móviles	200.11	158.73	514.98	123,266.12	21,043.30	6,723.14	435.13
Móviles no carreteras	3.68	3.32	4.33	82.78	158.60	10.34	NE
Vegetación y suelos	NE	NE	NA	NA	1,426.00	5,388.00	NA
Total	3,205.43	2,302.64	2,679.45	126,633.44	25,500.45	32,049.41	3,429.73

Notas:

- Es posible que el total de las emisiones sea diferente de las suma de subtotaes, debido al redondeo de cifras.
- NA: No aplica.
- NE: No estimadas.

Fuente: Elaboración propia con datos preliminares del Inventario de Emisiones año base 2011, desarrollado por LT Consulting Group.

Figura 4.1 Emisiones de contaminantes a la atmósfera, por categoría de fuente de emisión



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

La gráfica anterior muestra que el contaminante que se emite en mayor cantidad es el CO, 126 mil toneladas métricas por año, seguido por las emisiones de COVs, el NO_x y el NH₃.

Es importante recordar que cada contaminante tiene características exclusivas de su naturaleza y que provocan efectos distintos sobre la salud humana y sobre el ecosistema, por lo que no es conveniente aseverar, que los contaminantes emitidos en mayor cantidad son los responsables de los principales riesgos. Por ejemplo, el caso de las PM₁₀ y PM_{2.5}, representan los mayores riesgos para la salud de la población, pese a que la masa de emisiones es solo una pequeña fracción con relación a las emisiones de CO.

En la Tabla 4.3 se presenta la contribución relativa o porcentual de cada categoría, al total de las emisiones de cada contaminante, para el mismo año base 2011.

Esta información se presenta en la Figura 4.2, donde se permite apreciar claramente la contribución de cada categoría en la emisión de cada contaminante.

Tabla 4.3 Contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones del año 2011

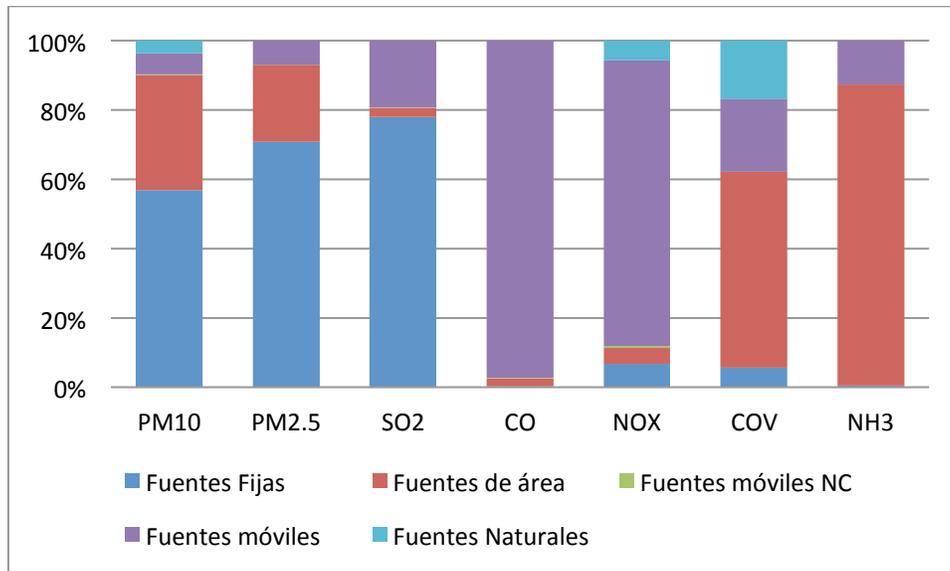
Fuente	Contribución porcentual						
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Fijas	59	71	78	0	7	6	0
Área	33	22	3	2	5	57	87
Móviles no carreteras	0	0	0	0	1	0	NE
Móviles carretera	6	7	19	97	83	21	13
Vegetación y suelos	4	NE	NA	NA	6	17	NA
Total	100	100	100	100	100	100	100

Notas:

- Es posible que el total de las emisiones sea diferente de las suma de subtotales, debido al redondeo de cifras.
- NA: No aplica.
- NE: No estimadas.

Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

Figura 4.2 Contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

En este caso cabe resaltar la importancia en cuanto a las emisiones de SO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ correspondientes a las fuentes fijas. Se aprecia que la aportación de las fuentes móviles es debida principalmente por las emisiones de CO , NO_x y COV . Las fuentes de área son las principales emisoras de NH_3 , COV y PM_{10} .

En la sección siguiente se presenta el inventario mostrando las subcategorías que conforman cada categoría. Con lo cual permite identificar las fuentes de emisión de cada contaminante y la causa de las emisiones en la ZMSLP-SGS.

4.3 Inventario de emisiones desagregado

En esta sección se presentan las distintas subcategorías que conforman las categorías de fuentes de emisión, así como la magnitud de sus emisiones. Esto permite un mejor entendimiento del origen de las emisiones y hacia donde debe orientarse la atención y los principales esfuerzos para mitigar los efectos debidos a la contaminación atmosférica. La tabla 4.4 presenta el inventario de emisiones desagregado, para el mismo año base 2011. Por su parte, la tabla 4.5 muestra la contribución relativa de cada subcategoría, al total de las emisiones.

Tabla 4.4 Inventario de emisiones desagregado, año base 2011

FUENTES	Emisiones (Toneladas/año)						
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Fuentes fijas	1,891.97	1,631.74	2,088.09	425.79	1,719.57	1,807.31	16.14
Automotriz	105.91	80.21	706.8	41.46	123.01	402.67	2.13
Celulosa y papel	12.16	12.16	0.22	26.22	81.65	24.31	0.32
Cemento y cal	898.98	795.41	279.52	3.97	27.71	0.24	0.44
Elaboración de concreto premezclado	6.61	4.05	0	0	0.01	0	0
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de artículos y productos de cerámica, arcilla o similares	0	0	0	0.05	0.06	0	0
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	1.68	1.23	89.16	5.11	13.41	1,100.52	0.29
Fabricación de artículos y productos metálicos	3.06	0.73	2.45	8.18	37.28	1.13	0
Fabricación de productos y artículos de plástico	35.87	25.44	0	0.19	0.2	34.34	0.01
Generación de energía eléctrica	6.7	0.83	5.48	13.72	96.52	0.1	0
Hospitales	0.01	0	0.08	0.07	0.3	0	0.01
Hoteles	0.02	0.02	0	0.24	0.42	0	0
Industria alimenticia	20.55	12.01	260.32	15.94	42.01	24.89	0.92
Industria textil	7.77	5	170.51	10.74	32.91	1.07	0.34
Manejo de residuos peligrosos	0	0	0	0	0	0	0
Maquila de acabado y pintado de piezas metálicas y de otros materiales	490.77	409.98	276.66	117.94	139.9	15.62	4.73
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	0.01	0	0.01	0.04	0.19	29.77	0
Petróleo y petroquímica	4.78	2.53	2.41	27.63	70.57	37.42	0.69

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

FUENTES	Emisiones (Toneladas/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Producción de aparatos, equipos y/o accesorios eléctricos y/o electrónicos	0.85	0.46	0.43	0.38	1.52	0.02	0.06
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	29.25	19.29	293.01	8.88	34.98	124.69	0.65
Química	0	0	0	0	0	0	0
Servicios	266.72	262.19	1.03	144.57	1,016.65	9.47	5.53
Vidrio	0.27	0.2	0	0.46	0.27	1.05	0.02
Fuentes de área	1,109.67	508.82	72.04	2,858.73	1,152.98	18,120.63	2,978.48
Actividades de construcción	585.76	121.75	NA	NA	NA	NA	NA
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	11.3	NA
Almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	NA	1,124.65	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	74.4
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	73.17	NA
Artes graficas	NA	NA	NA	NA	NA	1,002.60	NA
Asado al carbón	90.5	72.23	NA	180.17	3.32	11.62	NA
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	NA	68.63	NA
Combustión agrícola con diesel	30.17	30.17	28.18	92.28	428.75	0.14	NE
Combustión agrícola con gas LP	0.02	0.02	0	0.11	0.65	0.01	NE
Combustión agrícola con queroseno	0	0	0	0.01	0.05	0	NE
Combustión comercial con gas LP	1.42	1.42	0	7.98	47.01	0.81	NE
Combustión comercial con gas natural	0.12	0.12	0.01	1.29	1.54	0.08	0.01
Combustión doméstica a gas LP	8.11	8.11	0.01	45.4	267.55	4.59	NE
Combustión doméstica con gas natural	0.35	0.35	0.03	3.85	4.59	0.25	0.02
Combustión doméstica con leña	125.62	120.94	1.45	917.12	9.44	831.43	NE

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

FUENTES	Emisiones (Toneladas/año)						
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Combustión doméstica con queroseno	0.01	0.01	0.21	0.22	0.78	0.03	0.02
Combustión industrial a diesel	10.13	2.53	0.55	50.64	202.55	2.03	8.1
Combustión industrial con gas LP	1.19	1.19	0	6.66	39.23	0.67	0
Combustión industrial con gas natural	0	0	0	0.02	0.03	0	0
Corrales de engorda	3.23	0.37	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	857.32
Emisiones ganaderas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2,024.79
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	NA	2.08	NA
Incendios en construcciones	5.16	4.82	NA	81.99	1.95	5.09	NE
Incendios forestales	136.91	115.97	11.86	1,373.13	38.8	95.95	13.78
Labranza agrícola	104.57	23.18	NA	NA	NA	NA	NA
Ladrilleras	5.76	5.06	28.73	38.72	2.27	0.1	NE
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	234.38	NA
Limpieza de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	3,517.17	NA
Manejo y distribución de GLP	NA	NA	NA	NA	NA	2,819.19	NA
Panificación tradicional	NA	NA	NA	NA	NA	6.72	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	293.51	NA
Pintura para señalización	NA	NA	NA	NA	NA	5.51	NA
Quemas agrícolas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	2,352.99	NA

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

FUENTES	Emisiones (Toneladas/año)						
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	469.85	NA
Terminales de autobuses	0.64	0.58	1.01	59.14	104.47	5.28	0.04
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	5,180.80	NA
Fuentes móviles no carreteras	3.68	3.33	4.34	82.78	158.59	10.34	NE
Aviación	0.1	0.1	3.03	42.85	14.88	4.04	NE
Equipos auxiliares en el aeropuerto	0.07	0.07	0.07	25.93	2.43	0.84	NE
Locomotoras	3.51	3.16	1.24	14	141.28	5.46	NE
Fuentes móviles	200.12	158.73	514.98	123,266.13	21,043.3	6,723.14	435.12
Autobuses de transporte urbano	56.4	51.23	71.65	6,407.33	7,240.60	655.8	3.18
Auto Particular	22.88	13.19	175.12	38,704.12	3,598.33	1,527.21	262.65
Camionetas de transporte público de pasajeros	0.73	0.49	2.25	999.57	72.79	36.89	1.05
Motocicletas	10.33	5.83	15.36	8,163.87	256.6	972.67	7.68
Pick up	14.04	9.05	89.76	22,216.75	1,627.72	1,023.14	102.22
Taxis	1.08	0.62	9.05	860.1	91.85	38.31	13.6
Tractocamiones	79.67	67.62	89.61	29,210.13	6,757.41	1,780.57	9.98
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas	5.32	3.87	35.95	8,614.83	622.16	424.99	29.33
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	9.67	6.83	26.23	8,089.43	775.84	263.56	5.43
Fuentes naturales	123.80	NA	NA	NA	1,426.00	5,388.00	NA
Emisiones biogénicas	NA	NA	NA	NA	1,426.00	5,388.00	NA
Emisiones erosivas	123.8	NE	NA	NA	NA	NA	NA
Total	3,329.24	2,302.62	2,679.45	126,633.43	25,500.44	32,049.42	3,429.74

Notas:

- Es posible que el total de las emisiones sea diferente de las suma de subtotales, debido al redondeo de cifras.
- NA: No aplica.
- NE: No estimadas.

Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

Tabla 4.5 Contribución porcentual al total de las emisiones, desagregada por subcategoría.

FUENTES	Emisiones (%)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes fijas	56.83	70.86	77.93	0.34	6.74	5.64	0.47
Automotriz	3.18	3.48	26.38	0.03	0.48	1.26	0.06
Celulosa y papel	0.37	0.53	0.01	0.02	0.32	0.08	0.01
Cemento y cal	27.00	34.54	10.43	0.00	0.11	0.00	0.01
Elaboración de concreto premezclado	0.20	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fabricación de artículos y productos de cerámica, arcilla o similares	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	0.05	0.05	3.33	0.00	0.05	3.43	0.01
Fabricación de artículos y productos metálicos	0.09	0.03	0.09	0.01	0.15	0.00	0.00
Fabricación de productos y artículos de plástico	1.08	1.10	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
Generación de energía eléctrica	0.20	0.04	0.20	0.01	0.38	0.00	0.00
Hospitales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hoteles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industria alimenticia	0.62	0.52	9.72	0.01	0.16	0.08	0.03
Industria textil	0.23	0.22	6.36	0.01	0.13	0.00	0.01
Manejo de residuos peligrosos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maquila de acabado y pintado de piezas metálicas y de otros materiales	14.74	17.80	10.33	0.09	0.55	0.05	0.14
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
Petróleo y petroquímica	0.14	0.11	0.09	0.02	0.28	0.12	0.02

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

FUENTES	Emisiones (%)						
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Producción de aparatos, equipos y/o accesorios eléctricos y/o electrónicos	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	0.88	0.84	10.94	0.01	0.14	0.39	0.02
Química	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicios	8.01	11.39	0.04	0.11	3.99	0.03	0.16
Vidrio	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuentes de área	33.33	22.10	2.69	2.26	4.52	56.54	86.84
Actividades de construcción	17.59	5.29	NA	NA	NA	NA	NA
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	0.04	NA
Almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	NA	3.51	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.17
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	0.23	NA
Artes graficas	NA	NA	NA	NA	NA	3.13	NA
Asado al carbón	2.72	3.14	NA	0.14	0.01	0.04	NA
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	NA	0.21	NA
Combustión agrícola con diesel	0.91	1.31	1.05	0.07	1.68	0.00	NE
Combustión agrícola con gas LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NE
Combustión agrícola con queroseno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NE
Combustión comercial con gas LP	0.04	0.06	0.00	0.01	0.18	0.00	NE
Combustión comercial con gas natural	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Combustión doméstica a gas LP	0.24	0.35	0.00	0.04	1.05	0.01	NE
Combustión doméstica con gas natural	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Combustión doméstica con leña	3.77	5.25	0.05	0.72	0.04	2.59	NE

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

FUENTES	Emisiones (%)						
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Combustión doméstica con queroseno	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Combustión industrial a diesel	0.30	0.11	0.02	0.04	0.79	0.01	0.24
Combustión industrial con gas LP	0.04	0.05	0.00	0.01	0.15	0.00	0.00
Combustión industrial con gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corrales de engorda	0.10	0.02	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25.00
Emisiones ganaderas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	59.04
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	NA	0.01	NA
Incendios en construcciones	0.15	0.21	NA	0.06	0.01	0.02	NE
Incendios forestales	4.11	5.04	0.44	1.08	0.15	0.30	0.40
Labranza agrícola	3.14	1.01	NA	NA	NA	NA	NA
Ladrilleras	0.17	0.22	1.07	0.03	0.01	0.00	NE
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	0.73	NA
Limpieza de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	10.97	NA
Manejo y distribución de GLP	NA	NA	NA	NA	NA	8.80	NA
Panificación tradicional	NA	NA	NA	NA	NA	0.02	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	0.92	NA
Pintura para señalización	NA	NA	NA	NA	NA	0.02	NA
Quemas agrícolas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	7.34	NA
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	1.47	NA

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

FUENTES	Emisiones (%)						
	PM10	PM2.5	SO2	NOx	CO	NH3	COV
Terminales de autobuses	0.02	0.03	0.04	0.05	0.41	0.02	0.00
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	16.17	NA
Fuentes móviles no carreteras	0.11	0.14	0.16	0.07	0.62	0.03	NE
Aviación	0.00	0.00	0.11	0.03	0.06	0.01	NE
Equipos auxiliares en el aeropuerto	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	NE
Locomotoras	0.11	0.14	0.05	0.01	0.55	0.02	NE
Fuentes móviles	6.01	6.89	19.22	97.34	82.52	20.98	12.69
Autobuses de transporte urbano	1.69	2.22	2.67	5.06	28.39	2.05	0.09
Auto Particular	0.69	0.57	6.54	30.56	14.11	4.77	7.66
Camionetas de transporte público de pasajeros	0.02	0.02	0.08	0.79	0.29	0.12	0.03
Motocicletas	0.31	0.25	0.57	6.45	1.01	3.03	0.22
Pick up	0.42	0.39	3.35	17.54	6.38	3.19	2.98
Taxis	0.03	0.03	0.34	0.68	0.36	0.12	0.40
Tractocamiones	2.39	2.94	3.34	23.07	26.50	5.56	0.29
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas	0.16	0.17	1.34	6.80	2.44	1.33	0.86
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	0.29	0.30	0.98	6.39	3.04	0.82	0.16
Fuentes naturales	3.72	NA	NA	NA	5.59	16.81	NA
Emisiones biogénicas	NA	NA	NA	NA	5.59	16.81	NA
Emisiones erosivas	3.72	NE	NA	NA	NA	NA	NA
Total	100	100	100	100	100	100	100

Notas:

- Es posible que el total de las emisiones sea diferente de las suma de subtotales, debido al redondeo de cifras.
- NA: No aplica.
- NE: No estimadas.

Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

4.4 Análisis del inventario de emisiones por categoría

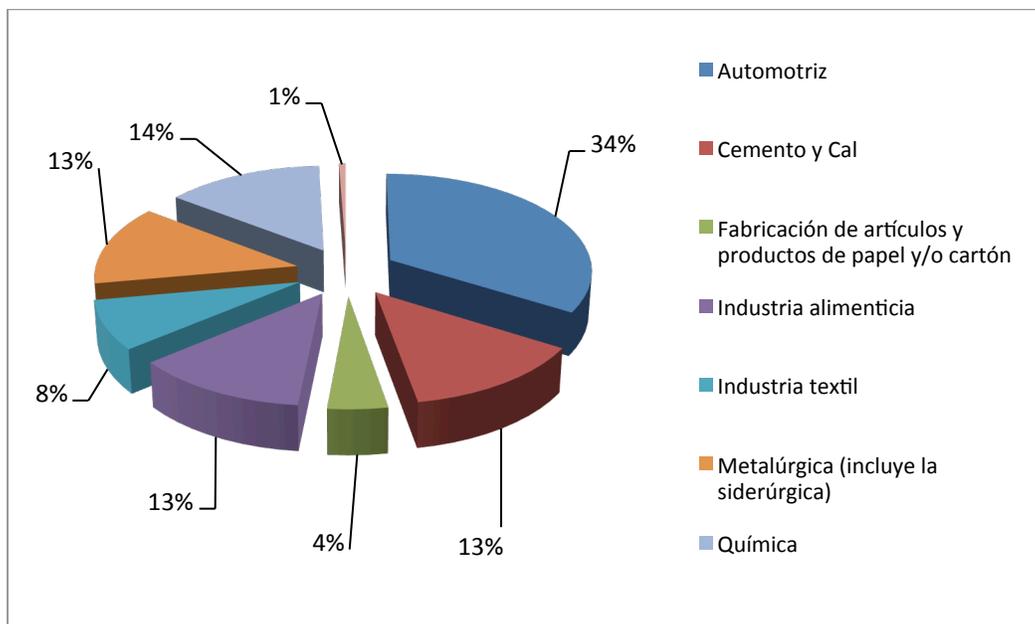
4.4.1 Fuentes fijas

Las fuentes fijas instaladas en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí (industrias de jurisdicción federal y estatal), contribuyen con el 78% del total de SO₂ que se emitió a la atmósfera en 2011, con el 75% de las partículas PM_{2.5}, 57% de las PM₁₀ y el 7% de los NOx.

Las 2,088 toneladas anuales totales de SO₂ que se estima fueron emitidas, se deben al uso de combustibles con alto contenido de azufre en los procesos de combustión de diversas industrias. Como se observa en la Figura 4.3, los sectores industriales que emiten cantidades de SO₂ son la industria automotriz, la química y la del cemento y cal, con el 61% de las emisiones industriales en conjunto.

Las industrias que principalmente contribuyen con una emisión mínima de éste contaminante son la industria del petróleo y la petroquímica; los hospitales y la industria de la celulosa en conjunto suman un 1%.

Figura 4.3 Contribución de emisiones de SO₂ por sectores industriales



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

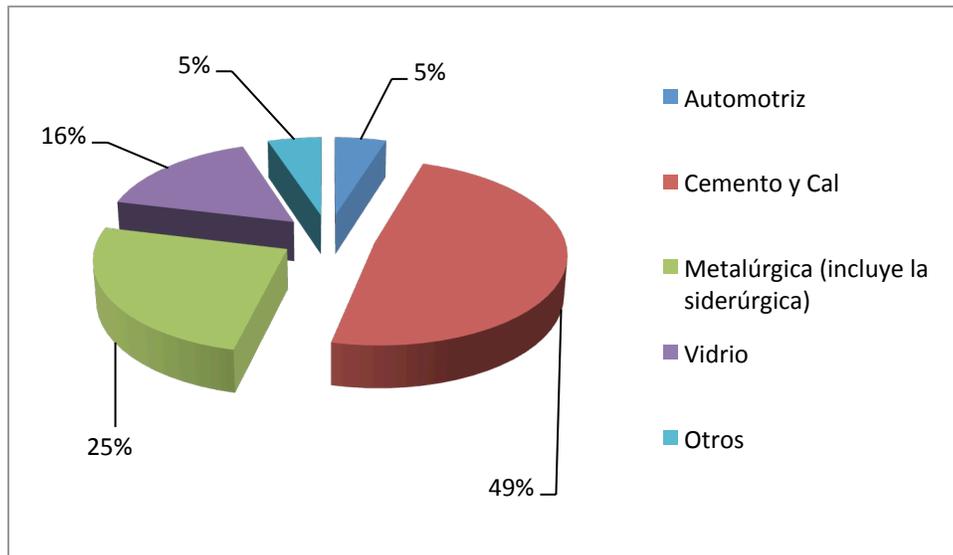
El segundo contaminante en importancia emitido por esta categoría son las $PM_{2.5}$, cuya emisión se estimó en 1,631.76 toneladas, lo que representó el 71% del total de las $PM_{2.5}$ emitidas en la Zona Metropolitana.

Estas emisiones se originan principalmente por las actividades donde se lleva a cabo la extracción de material además de las provenientes por procesos de combustión. Las principales emisiones de $PM_{2.5}$ en este rubro corresponden a la industria del cemento y cal con un 49%, seguido por la metalúrgica con el 25% y la industria de vidrio con una contribución de 16%.

Dentro de las industrias que contribuyen en una escala menor para la emisión de este contaminante se encuentran la maquila de acabado y pintado de piezas metálicas y de otros materiales, la producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación y la fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón.

En la figura 4.4 se muestra la contribución de los principales sectores industriales para este contaminante.

Figura 4.4 Contribución de emisiones de $PM_{2.5}$ por sectores industriales

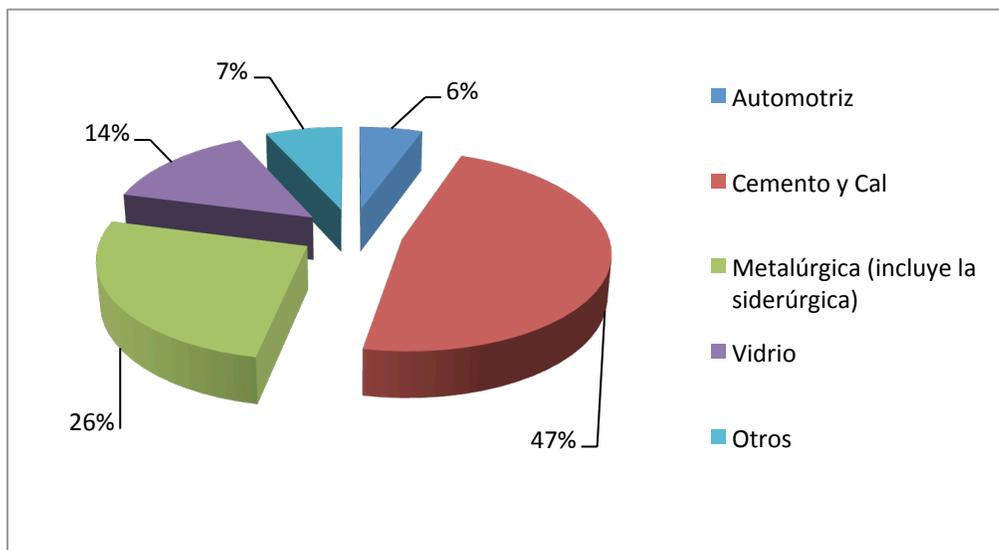


Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

El tercer contaminante que contribuye a una mayor cantidad de emisiones en fuentes fijas son las PM_{10} . Al igual que las $PM_{2.5}$ las industrias que mayormente emiten son la industria del cemento y cal, metalúrgica e industria de vidrio.

En la figura 4.5, se muestra la representación gráfica de lo anteriormente mencionado.

Figura 4.5 Contribución de emisiones de PM_{10} por sectores industriales



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

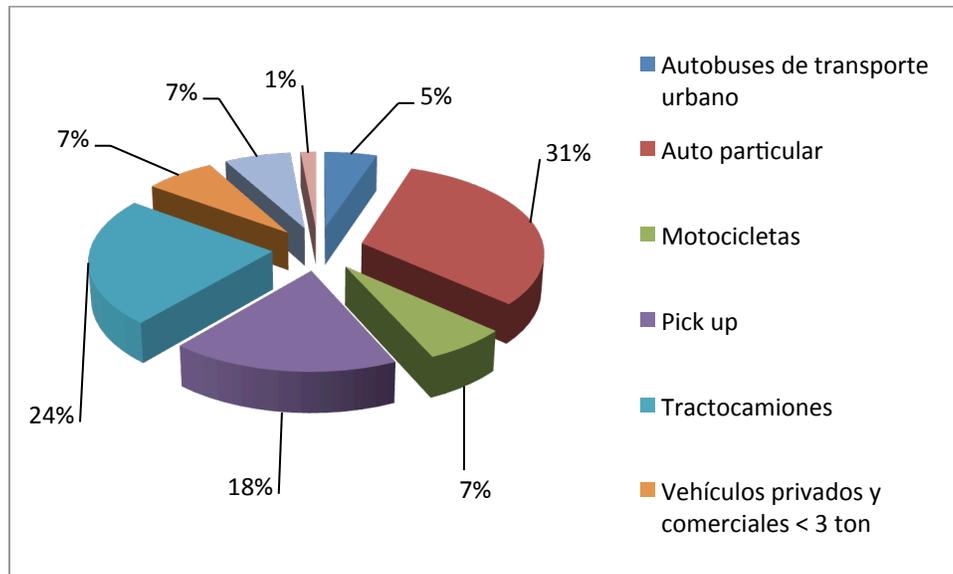
4.4.2 Fuentes móviles

Una de las principales fuentes de emisión en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez es la de fuentes móviles; éstas contribuyen con el 97% del total de las emisiones de CO, seguido de los NO_x y los COV con un 83% y 21%, respectivamente. La principal razón para la magnitud de estas emisiones es el consumo de combustibles fósiles (gasolinas y diesel).

En el caso del CO, la Figura 4.6 muestra la contribución por tipo de vehículo de las emisiones de este contaminante. Se puede observar que los autos particulares, los tractocamiones y las pick up contribuyen con un 31%, 24% y 18%, respectivamente. Las emisiones de este contaminante se deben principalmente a

la combustión deficiente y a la carencia de sistemas de control de emisiones (convertidor catalítico).

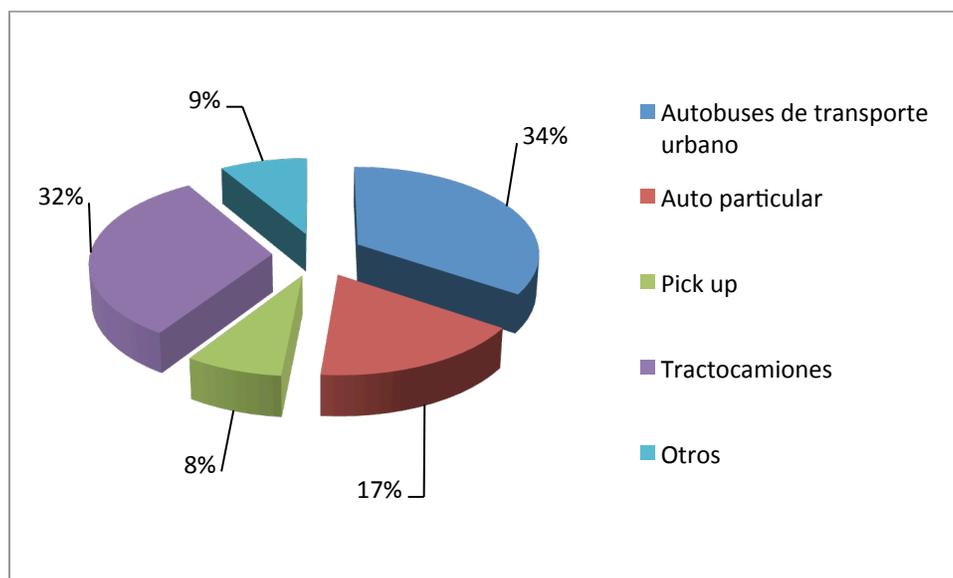
Figura 4.6 Contribución de emisiones de CO por tipo de vehículo



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

Respecto a los NO_x, se aprecia en la Figura 4.7 que los autobuses de transporte urbano, los tractocamiones y los autos particulares contribuyen con las emisiones del 34%, 32% y 17%, respectivamente.

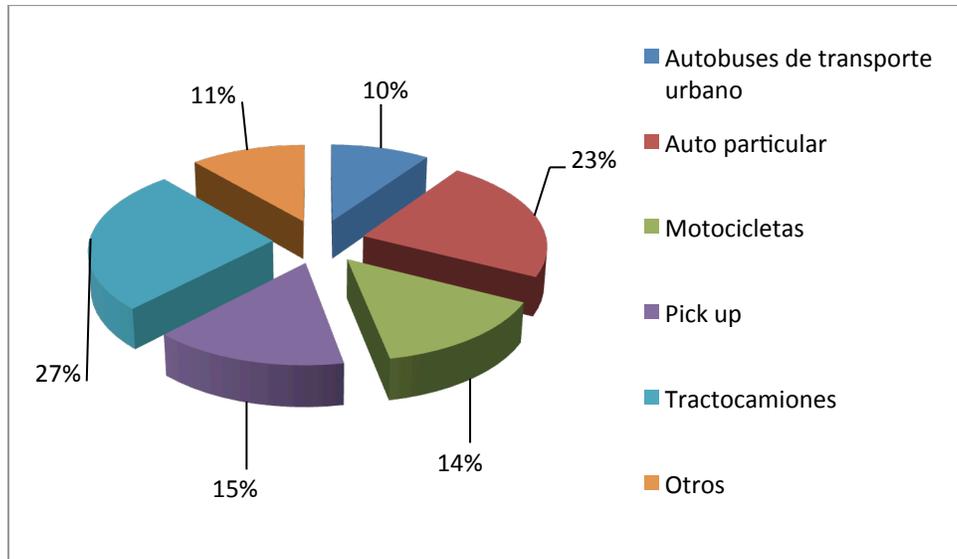
Figura 4.7 Contribución de emisiones de NO_x por tipo de vehículo



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

Para los COV, la Figura 4.8 muestra que los tractocamiones, autos particulares y las pick up, representan la mayor contribución para este contaminante con un 27%, 23% y 15%, respectivamente. Estas emisiones, al igual que las de CO, se generan principalmente por una combustión deficiente, la baja velocidad de circulación y la carencia de convertidores catalíticos.

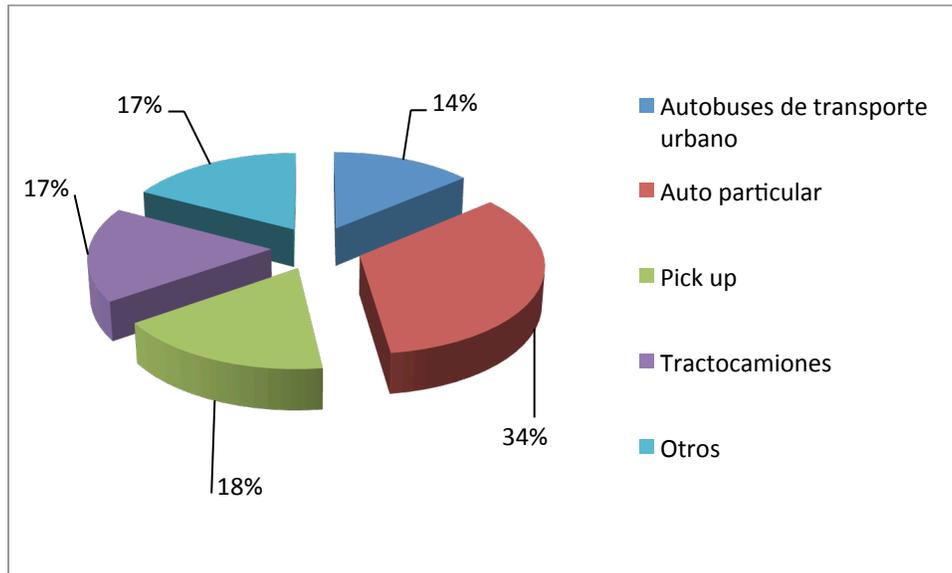
Figura 4.8 Contribución de emisiones de COV por tipo de vehículo



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

En la figura 4.8, se muestra que las emisiones de bióxido de azufre contribuyen con un 19% de las emisiones totales (cuarto lugar de contribución de contaminantes por las fuentes móviles y segundo en emisiones de SO₂); siendo los principales emisores los autos particulares con un 34% y las pick up con un 18% y los tractocamiones con un 17%.

Figura 4.9 Contribución de emisiones de SO₂ por tipo de vehículo



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

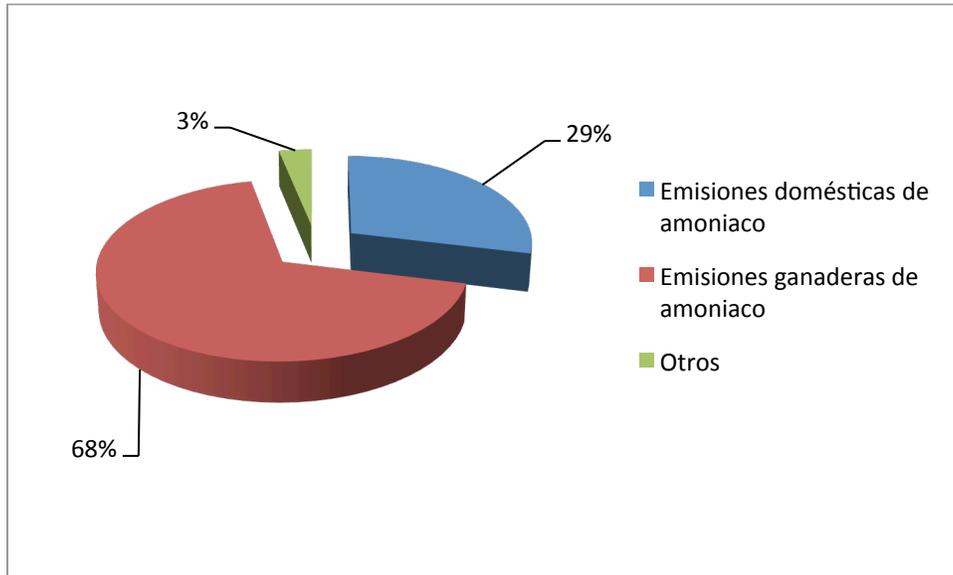
4.4.3 Fuentes de área

Las fuentes de área representan el 87% del total de las emisiones de NH₃ que se emiten en la zona metropolitana, el 57% de los COV y el 33% de las emisiones de PM₁₀.

Por lo cual, el principal contaminante emitido por las fuentes de área es el amoníaco, pues se estimó que se emitieron más de 2,900 toneladas durante 2011; la Figura 4.10 muestra la contribución por cada subcategoría de las fuentes de área en las emisiones de NH₃.

Las emisiones de amoníaco de las fuentes de área provienen principalmente de las actividades ganaderas, debido a la descomposición del excremento de los animales, la contribución es del 68%. En segundo lugar, las emisiones que se generan en las casas habitación con un 29% y por último el uso de fertilizantes en el proceso de siembra agrícola alrededor del 2%.

Figura 4.10 Contribución de emisiones de NH₃ por tipo de fuente de área

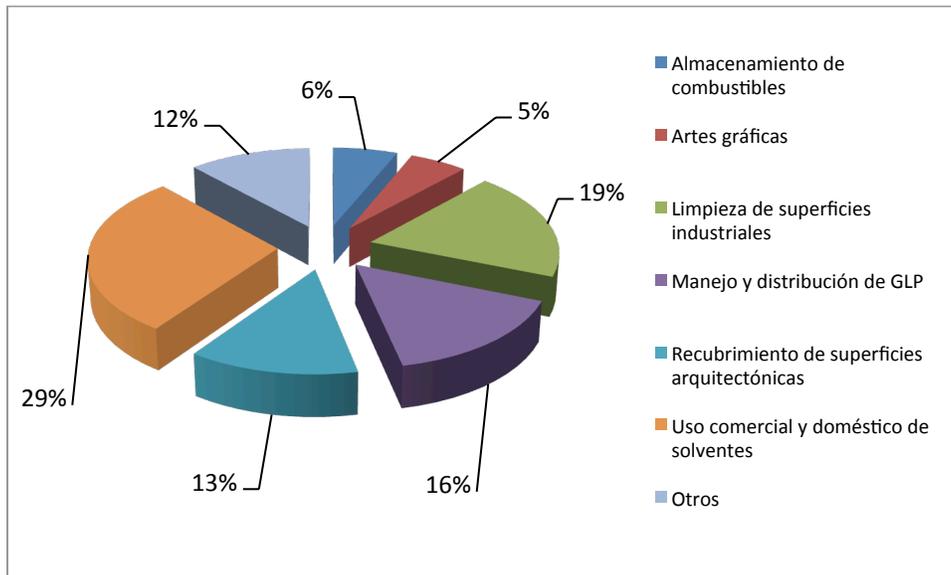


Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

El segundo contaminante más importante proveniente de esta fuente son los compuestos orgánicos volátiles con una contribución del 57%. Las principales actividades son el uso comercial y doméstico de solventes con una contribución del 29%, la limpieza de superficies industriales con un 19%, el manejo y la distribución de gas licuado del petróleo con un 16% y el recubrimiento de superficies arquitectónicas con el 13%, lo anterior se muestran en la figura 4.11.

En todas las actividades mencionadas con anterioridad se emplean pinturas o productos químicos que contienen una elevada concentración de compuestos orgánicos que al utilizarse se liberan hacia la atmósfera.

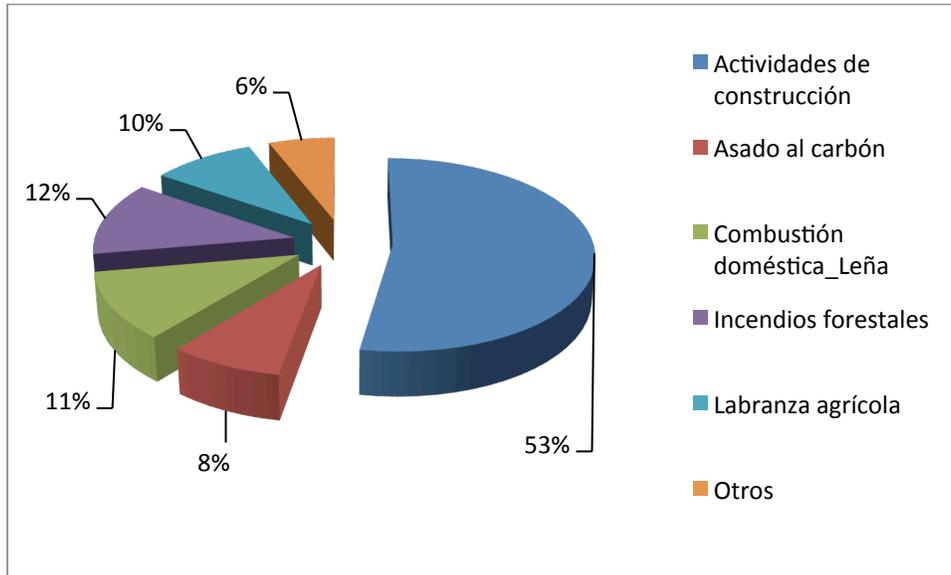
Figura 4.11 Contribución de emisiones de COV por tipo de fuente de área



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

El tercer contaminante emitido por las fuentes de área son las PM_{10} , las actividades que contribuyen a estas emisiones son las producidas por las actividades de construcción con un 53%, los incendios forestales con el 12% y por último el uso de materiales orgánicos que se emplean para generar combustión doméstica por el empleo de la leña con el 11%. Ver figura 4.12

Figura 4.12 Contribución de emisiones de PM₁₀ por tipo de fuente de área



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

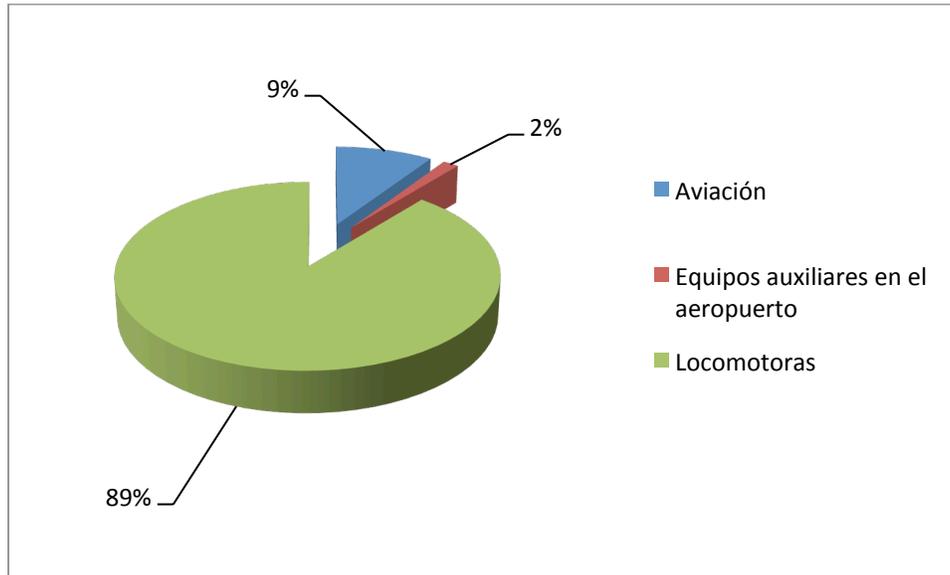
4.4.4 Fuentes móviles no carreteras

Las fuentes móviles que no circulan por carreteras (FMNC), en el caso de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, se consideraron las locomotoras, los equipos de aviación y transportes auxiliares en el aeropuerto, son incluidos en el inventario de emisiones adicional e independientes de los vehículos que circulan en vialidades como carreteras.

Para este tipo de fuente, las emisiones principales son de NO_x, SO₂ y PM_{2.5} contribuyendo con el 0.62%, 0.16% y con un 0.14%, respectivamente, como se puede apreciar, son mínimas las emisiones provenientes de esta fuente con respecto a las otras.

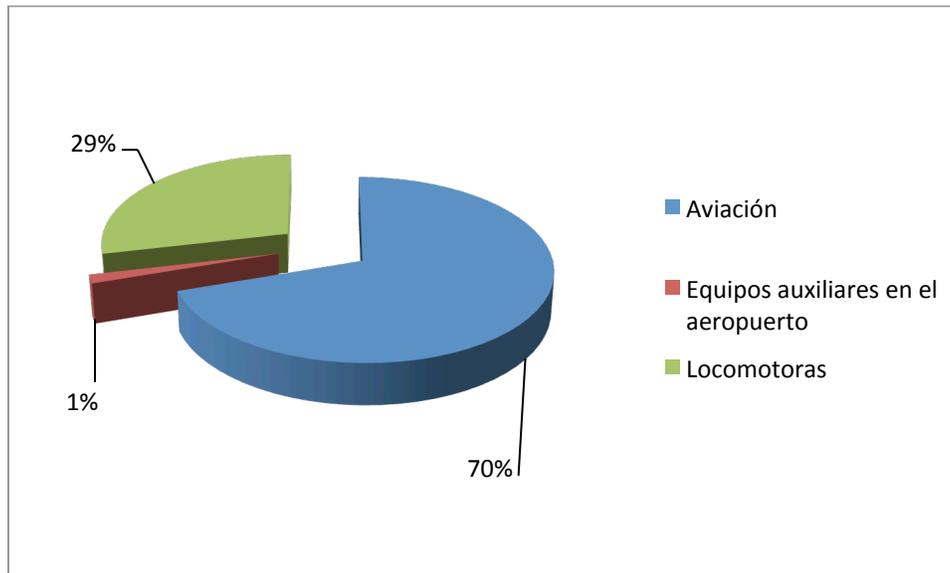
En las figuras 4.13, 4.14 y 4.15 se muestran las aportaciones por tipo de equipo empleado.

Figura 4.13 Contribución de emisiones de NOx por tipo de fuente FMNC



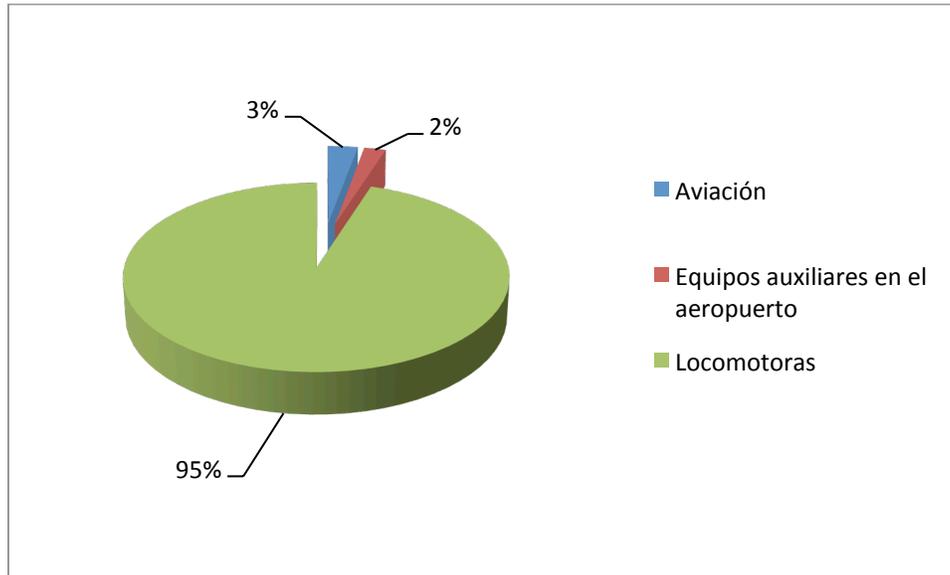
Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

Figura 4.14 Contribución de emisiones de SO₂ por tipo de fuente FMNC



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

Figura 4.15 Contribución de emisiones de PM_{2.5} por tipo de fuente FMNC



Fuente: Inventario de emisiones año base 2011, elaborado por LT Consulting Group.

4.4.5 Fuentes naturales

Como parte de las emisiones generadas por las fuentes naturales, se estimaron las emisiones de COV, provenientes de la vegetación, y de NOx, provenientes de los procesos microbianos de nitrificación en el suelo; este tipo de emisiones naturales también son conocidas como emisiones biogénicas.

Para la elaboración del inventario de emisiones año base 2011, se incluyó dentro de las fuentes naturales la estimación de las fuentes biogénicas y erosivas.

En el caso de fuentes erosivas son generadas debido a las actividades de labranza agrícola y áreas erosionadas debido a la acción del viento sobre superficies desprovistas de vegetación. En este tipo de fuente sólo se estiman las PM₁₀ y PM_{2.5}

Los COV biogénicos son sintetizados por las plantas como parte de sus procesos de reproducción, de defensa, etc., y en regiones en donde se combinan con emisiones de otras fuentes, pueden contribuir significativamente al problema de la formación de ozono y partículas orgánicas secundarias. En términos generales,

estas emisiones tienen una baja tasa de contribución dentro de las áreas urbanas, debido a que la cantidad de vegetación es considerablemente menor, comparada con áreas agrícolas o forestales, sin embargo, dada la elevada reactividad de estos compuestos en la atmósfera, es importante cuantificarlas, así como considerar las áreas con amplia cubierta vegetal localizadas viento arriba de la región en estudio.

Durante el año 2011, las emisiones de COV biogénicos en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, fueron aproximadamente de 5,388 toneladas (el 17% del total), en tanto que los NOx se estimaron en 1,426 toneladas (lo que representa el 6% del total).

Es importante mencionar que para la estimación se consideró toda la superficie con cubierta vegetal, que incluye áreas verdes, parques y jardines, así como las regiones agrícolas y forestales localizadas dentro del territorio de los dos municipios.

5. EFECTOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACION ATMOSFÉRICA

5.1 Antecedentes

La contaminación atmosférica se define como la condición de la atmósfera donde ciertas sustancias alcanzan concentraciones o niveles elevados para producir riesgos o daños a la población y ecosistemas. La causa de la degradación del entorno tiene sus orígenes en la actividad humana principalmente, por lo que ha sido necesario tomar acciones preventivas y de mitigación de emisiones contaminantes por medio de acciones en donde se involucra la participación de los gobiernos y de la ciudadanía. El hombre ejerce un impacto sobre su entorno por el simple hecho de realizar sus actividades diarias. El entorno ofrece una gran capacidad de asimilación de estos impactos, sin embargo, es necesario no rebasar esta elasticidad para no inducir una situación en la cual los daños al medio y la salud sean irreversibles.

A los contaminantes atmosféricos se les puede dividir en dos grupos:

- Contaminantes primarios, emitidos directamente a la atmósfera desde el punto emisor.
- Contaminantes secundarios, formados en la atmósfera por la reacción entre dos o más contaminantes primarios o constituyentes naturales del aire.

Los contaminantes criterio son aquellos que han sido regulados y establecido límites de concentración para proteger la salud y el bienestar de la población. La exposición y efectos a estos contaminantes se encuentra determinada por factores como las condiciones atmosféricas de la región, tiempo de exposición, tipo de actividad humana, etc. Tienen asimismo distinto potencial y capacidad para producir daños en la salud humana, dependiendo del tipo de contaminante, sus propiedades físicas y químicas, duración y frecuencia de exposición y su concentración. En la Figura 5.1 se muestra que los efectos de la contaminación producen distintos síntomas de acuerdo a las condiciones de exposición. Por ejemplo, el grueso de la población expuesta (base de la pirámide) presenta efectos subclínicos por ser bajo el grado de severidad. En casos severos, una

proporción muy pequeña de la población (cúspide de la pirámide) muere a causa de altas concentraciones de contaminantes y periodos muy prolongados de exposición.

Figura 5.1 Efectos en la salud de acuerdo al grado de concentración de contaminantes atmosféricos



Fuente: Blagden, P., Henderson, D. 2008. New Concepts in Air Quality Indices-Linkage to Health Effects. Environmental Canada. Meteorological Service of Canada. Upwind Downwind Conference, Hamilton

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, de la duración de la exposición y de su frecuencia. Por otro lado, la vulnerabilidad de las personas expuestas depende de factores como la edad, genética, género; y a factores como las condiciones médicas, acceso a los servicios de salud y nutrición. Generalmente los grupos más vulnerables son los niños y las personas de la tercera edad. Los niños inhalan una tasa de masa de aire más alta por peso corporal que los adultos, lo que

resulta en una exposición. Los niños tienen en general una menor capacidad para metabolizar y secretar sustancias tóxicas (SEMARNAT/INE 2006).

Es importante entonces conocer los tiempos de exposición para determinar los daños que se han causado en los organismos en contacto con los contaminantes.

5.1.1 Exposición aguda

La exposición aguda conlleva a periodos de tiempo cortos en contacto con los contaminantes en altas concentraciones causando daños sistémicos al cuerpo humano. Se han detectado casos en los cuales se observa un aumento en la mortalidad derivadas de complicaciones respiratorias por exposición a partículas, ozono y algunos sulfatos. En casos menos severos, se han presentado casos de enfermedades de las vías respiratorias superiores e inferiores como la bronquitis, neumonía, tos, entre otras.

5.1.2 Exposición crónica

La exposición crónica se caracteriza por el contacto con los contaminantes a bajas concentraciones en largos periodos de tiempo. Las afecciones a la salud se presentan de manera similar a los casos de exposición aguda. Aunque se mencionan casos del incremento de la mortalidad por exposición crónica, en la mayoría de las ocasiones se trata de adultos con problemas respiratorios y cardiovasculares degenerativos (Borja, Cicero et al 2001). Los síntomas se detectan principalmente por la disminución de la capacidad respiratoria, aumento de casos de asma e incremento de enfermedades cardíacas.

De igual manera que la exposición aguda, existen otros factores que condicionan la severidad de las afecciones como son: estado físico, hábitos alimenticios, condiciones de fumador, etc.

5.2 Efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud humana

A nivel mundial, son seis los contaminantes criterio que se reconocen como contaminantes tóxicos para la salud humana (ozono, monóxido de carbono, partículas suspendidas totales y fracción respirable, dióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y plomo). Los efectos de cada uno de ellos por sí solos pueden ser menos nocivos que los efectos combinados, por ejemplo, el ozono + PM₁₀.

5.2.1 Ozono¹⁶

El ozono es un gas secundario formado por reacciones fotoquímicas. Es altamente reactivo e impacta directamente en el sistema respiratorio y tejido pulmonar. Los efectos del ozono se relacionan con el incremento de ingresos hospitalarios para tratamientos de asma y otras enfermedades respiratorias.

La exposición crónica al ozono compromete el funcionamiento del sistema inmune, acelera el proceso de envejecimiento y aumenta la susceptibilidad a otras infecciones. El ozono es un irritante que afecta la mucosa ocular y respiratoria. Algunos estudios revelan que en diferentes grupos de edades poblacionales, la exposición a niveles altos de ozono conduce a síntomas como irritación de ojos, catarro, dolor de garganta, tos seca, dificultad para respirar, dolor de pecho así como un decremento en la función pulmonar.

5.2.2 Monóxido de carbono¹⁷

Las emisiones de CO son producto del uso de combustibles fósiles y se forma por la combustión incompleta de sus compuestos. La principal fuente de emisión son

^{16,17} Linderhoff, R. *Toxicología ambiental*. Ed. LIMUSA, 1999

los medios de transporte, además de otros procesos como las quemas agrícolas, incendios forestales y urbanos, incineradores, entre otros. La acumulación del CO en zonas urbanas es más común por el tránsito de vehículos automotores y dependerá de la intensidad del tráfico.

Las concentraciones urbanas de CO interfieren con el transporte de oxígeno a la sangre. La hemoglobina (Hb) es el compuesto que transporte oxígeno a los órganos del cuerpo. Para esto, se combina con el oxígeno de los pulmones y forma la oxihemoglobina (HBO₂), que lleva oxígeno a todas las células del cuerpo. El CO que llega a los pulmones junto con el aire inhalado se combina con la Hb para formar carboxihemoglobina (HbCO), siendo esta la sustancia que evita el transporte normal de oxígeno. Los efectos observados de la presencia de HbCO son:

Tabla 5.1 Efectos del CO en la salud humana

% de HbCO	Efectos
Menos de 1	Ningún efecto aparente
1 - 2	Efectos en la conducta
2 - 5	Efectos en el sistema nervioso central: incapacidad para determinar intervalos de tiempo, fallas en la agudeza visual
Más de 5	Cambios funcionales cardiacos y pulmonares
10 - 80	Dolores de cabeza, fatiga, somnolencia, coma, falla respiratoria, muerte

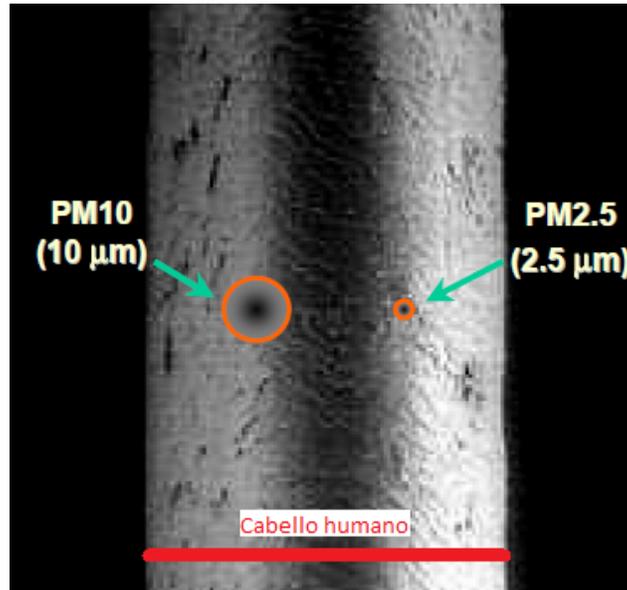
Fuente: Elaboración para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez, 2012.

5.2.3 Partículas suspendidas¹⁸

Las partículas grandes son eliminadas normalmente por incrustarse en las vías respiratorias antes de llegar a la región traqueobronquial. Por otro lado, las partículas PM₁₀ o menores (fracción respirable, ver Figura 5.2) ingresan directamente al aparato respiratorio lo que dificulta su expulsión natural.

¹⁸ Linderhoff, R. *Toxicología ambiental*. Ed. LIMUSA, 1999.

Figura 5.2 Comparativa de tamaño de partículas



Fuente: <http://www.healtheffects.org/>

En general los contaminantes tienen efectos exacerbados en grupos poblacionales más vulnerables como los niños y adultos mayores. Por ejemplo, los niños asmáticos requieren un mayor uso de medicamentos por la exposición a las concentraciones altas de partículas. Los ancianos con afecciones pulmonares, bronquitis crónica, o enfermedades cardíacas suelen agravar sus síntomas por exposición a altas concentraciones de partículas conduciendo a la muerte. Los efectos a largo plazo suelen asociarse a enfermedades obstructivas crónicas y asma, daños de la función pulmonar, entre otros.

En un estudio realizado en Europa se encontró que el costo del sistema de salud por el tránsito y la contaminación por PM_{10} , representa alrededor del 1.7% del PIB, el 6% de las muertes relacionadas a la contaminación, se deben a las PM_{10} .

Las partículas se producen junto con los contaminantes gaseosos debido a distintas actividades antropogénicas. Algunas de las fuentes de emisión de partículas son: fabricación de hierro y acero, producción de cemento, extracción de rocas y minerales, almacenamiento y manipulación de granos, incendios forestales y la combustión de combustibles pesados.

5.2.4 Dióxido de azufre¹⁹

Los óxidos de azufre (SO_x) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4) están relacionados con el daño y la destrucción de la vegetación, deterioro de los suelos y materiales de construcción. El dióxido de azufre es un gas incoloro, no inflamable y que tiene un olor irritante. Se produce por la combustión de combustibles ricos en azufre. Los aerosoles sulfatados son agentes irritantes con tres a cuatro veces más potencia que el bióxido de azufre por sí mismo. El tiempo medio de permanencia en la atmósfera es de 3 a 5 días.

Durante el proceso de oxidación del dióxido de azufre (SO_2) en la atmósfera, forma sulfatos que son transportados a grandes distancias y en presencia de humedad forman ácidos por ser altamente higroscópico. Estos ácidos pueden formar parte de las $\text{PM}_{2.5}$ e ingresar al sistema respiratorio o formar parte de la llamada lluvia ácida. Se ha observado que el ácido sulfúrico, el dióxido de azufre y las sales de sulfato son irritantes de las membranas mucosas del tracto respiratorio. En algunos otros casos, se detectaron lesiones crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar.

Algunos de los efectos agudos sobre la salud humana incluyen la irritación y restricción del paso del aire acompañados de jadeos, sensación de falta de aire y tensión en el pecho en personas con asma.

Los efectos crónicos por exposición al dióxido de azufre incluyen el aumento de la susceptibilidad a la bronquitis y supresión del sistema inmune.

Algunos efectos tóxicos del dióxido de azufre se muestran en la siguiente Tabla:

¹⁹ Linderhoff, R. *Toxicología ambiental*. Ed. LIMUSA, 1999.

Tabla 5.2 Efectos del SO₂ en la salud humana

Concentración (ppm)	Efectos
1 – 6	Broncoconstricción
3 – 5	Concentración mínima detectable por el olfato
8 – 12	Irritación de la garganta
20	Irritación en los ojos y tos
50 – 100	Concentración máxima para una concentración corta (30 min)
400 – 500	Puede ser mortal, incluso en una exposición breve

Fuente: Elaboración propia para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez, 2012.

5.2.5 Dióxido de nitrógeno²⁰

El monóxido (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂), son contaminantes primarios del aire, El NO, también llamado óxido nítrico es un gas incoloro e inodoro, en tanto que el NO₂ es un gas rojizo de olor fuerte parecido al del cloro. Con la humedad de la atmósfera, el NO₂ puede formar ácido nítrico y ácido nitroso. Ambos pueden precipitarse junto con la lluvia o combinarse con el amoníaco de la atmósfera para formar nitrato de amonio.

La acumulación en el cuerpo humano es un riesgo para las vías respiratorias ya que puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio.

Entre los efectos agudos se pueden mencionar los daños a las membranas de las células en el tejido pulmonar y la reducción del paso del aire. Algunos de los efectos crónicos por exposición prolongada a altas concentraciones son la necrosis y muerte celular.

²⁰ Linderhoff, R. *Toxicología ambiental*. Ed. LIMUSA, 1999

Algunos otros efectos del NO₂ sobre la salud humana se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 5.3 Efectos del NO₂ en la salud humana

Concentración (ppm)	Efectos
1 – 3	Concentración mínima detectable por el olfato
13	Irritación de nariz, garganta y ojos
25	Congestión y enfermedades pulmonares
100 – 1000	Puede ser mortal, incluso tras una exposición breve

Fuente: Elaboración propia para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez, 2012.

5.2.6 Plomo²¹

El plomo es un elemento especialmente importante debido a sus aplicaciones industriales pero presenta un alto grado de toxicidad aguda y crónica. El plomo no sólo se descarga al medio ambiente durante su extracción, fundición y refinación, sino también durante la combustión de combustibles fósiles y procesamiento de minerales metálicos no ferrosos. Cabe agregar que el 4% del plomo encontrado en la atmósfera es emitido por procesos naturales, el resto se debe a la actividad antropogénica.

El 35% del plomo que llega a la parte baja del sistema respiratorio pasa a la sangre y el resto se elimina pero dependerá de factores como el tamaño de partícula inhalada, ritmo respiratorio y las características intrínsecas del organismo.

Los efectos que se presentan por exposición crónica son torpeza, irritabilidad, dolor de cabeza, temblor muscular, ataxia y pérdida de la memoria. En algunos casos puede haber coma, con o sin convulsiones y generalmente sobreviene la muerte. Se han asociado también otro tipo de problemas renales, del hígado y causa daño neurológico.

²¹ Linderhoff, R. *Toxicología ambiental*. Ed. LIMUSA, 1999

6. OBJETIVOS, METAS Y ESTRATEGIAS

6.1 Objetivos

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez, tiene como propósito reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, para prevenir y evitar efectos adversos en la salud pública y los ecosistemas.

6.1.1 Objetivo general

Prevenir, controlar y disminuir la contaminación atmosférica mediante medidas y acciones comprometidas por los sectores público, privado, social y académico para reducir emisiones, proteger la salud pública y el medio ambiente.

6.1.2 Objetivos particulares

1. Integrar el tema de calidad del aire en los instrumentos de política pública y de gestión territorial.
2. Fortalecer las capacidades de medición de la calidad del aire y de análisis de los resultados.
3. Fortalecer las capacidades institucionales para aplicar de manera efectiva las acciones del ProAire.
4. Prevenir, controlar y disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.
5. Desarrollar el conocimiento sobre los efectos de la calidad del aire sobre la salud pública en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez
6. Informar a la población sobre las tendencias de la calidad del aire.

6.2 Metas

Las metas establecidas en este programa son derivadas de las reducciones de emisiones que se planean para la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez. Estas metas consideran el fortalecimiento esperado en los indicadores empleados en calidad del aire, inventario de emisiones e información que relacione la salud pública con la calidad del aire.

Las metas son reducir en 25 % las emisiones de cada uno de los siguientes contaminantes: PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, COV y NO_x.

6.3 Estrategias

Para el seguimiento de los objetivos y la definición de acciones para cumplir cada uno de ellos, se establecieron ocho líneas estratégicas que se relacionan con diferentes fuentes de emisión y los plazos para ejecutarlas.

Las estrategias que se cumplirán en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez, son:

1. Reducción de emisiones provenientes de la industria (fuentes fijas).
2. Reducción de emisiones de vehículos automotores (fuentes móviles).
3. Reducción de emisiones de comercios y servicios (fuentes de área).
4. Proteger la salud de la población.
5. Fomentar la educación ambiental, la comunicación con la población, la investigación y el desarrollo tecnológico.
6. Conservación de los recursos naturales y planeación del desarrollo urbano y territorial.
7. Garantizar la implementación de las medidas del ProAire ZMSLPSGS
8. Fortalecimiento de la infraestructura y de los recursos humanos para mejorar la calidad del aire.

7. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE

7.1 ESTRATEGIA 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA (FUENTES FIJAS)

Nombre de la Medida:

Medida 1. Establecer y operar sistemas de regulación local para fortalecer y mejorar la aplicación de programas de inspección y vigilancia en la industria, en los tres niveles de jurisdicción (municipal, estatal y federal).

Objetivos:

- Disminuir las emisiones de SO₂, NO_x, PM₁₀ y PM_{2.5} principalmente, generadas por el sector industrial, mediante la regulación de establecimientos de jurisdicción municipal, estatal y federal.
- Implementar programas de inspección y vigilancia de la SEGAM y de los H. Ayuntamientos con la finalidad de garantizar el cumplimiento de la normatividad en materia de emisiones a la atmósfera.

Justificación:

Es necesario fortalecer la regulación, inspección y vigilancia en materia de atmósfera de la industria de jurisdicción municipal, federal y estatal asentada en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez, para asegurar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de acuerdo a la normatividad aplicable vigente garantizando una calidad del aire satisfactoria para los habitantes de la zona.

Beneficios esperados:

- Regular a los establecimientos industriales asentados en la ZMSLPSGS.
- Reducir y controlar las emisiones contaminantes a la atmósfera de las fuentes fijas de jurisdicción municipal, federal y estatal.
- Incrementar el cumplimiento de la normatividad.
- Contar con una base de datos precisa que muestre la ubicación y características de los establecimientos industriales de la Zona Metropolitana con la finalidad de generar información para elaborar a detalle el inventario de emisiones y el RETC.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Desarrollar e implementar un sistema virtual (en conjunto con la federación) de la licencia ambiental única para la industria de jurisdicción estatal.	SEGAM				
2. Diseñar, establecer y actualizar un padrón de establecimientos industriales de jurisdicción estatal, que sea compatible con la Cédula de Operación Anual de Semarnat.	SEGAM				
3. Implementar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes que integre todas las empresas y actividades económicas de jurisdicción estatal y municipal.	SEGAM, Municipios				
4. Diseñar, establecer y dar seguimiento a un programa de inspección y de verificación a empresas de jurisdicción federal y estatal.	PROFEPA, SEGAM				
5. Establecer y dar seguimiento a un programa periódico de inspección, para verificar que las industrias de jurisdicción federal tengan la licencia ambiental única actualizada y su reporte anual de la COA.	SEMARNAT, PROFEPA				
6. Cuantificar anualmente la reducción de las emisiones contaminantes de fuentes fijas con la implementación del ProAire.	SEMARNAT, SEGAM				

Instrumentación:

- La SEGAM instrumentará con apoyo de la Semarnat un esquema de regulación para la industria asentada en la ZMSLPSGS, el cual servirá para mantener actualizado un padrón industrial municipal, estatal y federal que estará enfocado a fortalecer la estimación de las emisiones de la industria asentada en los municipios de la Zona Metropolitana.
- La SEGAM con la asesoría y bajo los lineamientos de la Semarnat, elaborará el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Con la información generada por el RETC, se deberán establecer programas de reducción de emisiones la industria asentada en la ZMSLPSGS, en el plazo establecido para la vigencia del ProAire.
- La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en coordinación con la SEGAM, realizará visitas de inspección y verificación, de las actividades y procesos de las industrias y actualizará la información con relación al padrón de la industria registrada en el programa Industria Limpia.
- Deberá existir una coordinación entre la Semarnat, la SEGAM y las áreas municipales correspondientes para revisar los procedimientos operativos establecidos en los trámites administrativos para la regulación de fuentes fijas de jurisdicción municipal, federal y estatal.

Actores involucrados:

SEMARNAT, PROFEPA, SEGM y H. Ayuntamiento de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.

Costo de implementación: \$ 2'500,000

Nombre de la Medida:

Medida 2. Regular emisiones generadas en la industria del cemento y cal.

Objetivo:

Reducir las emisiones de PM_{10} , de $PM_{2.5}$ y de SO_2 provenientes de la industria de cemento y cal, incidiendo en la mejora de la calidad del aire y por ende la salud de la población.

Justificación:

La industria del cemento y cal es uno de los principales giros en la Zona Metropolitana que aporta emisiones de material particulado y de bióxido de azufre, por ello es necesario fortalecer la regulación para que estas industrias disminuyan sus contaminantes de sus procesos, incidiendo en la mejora de la calidad del aire de la región.

Es importante atender esta industria para que en el mediano plazo pueda haber una reducción de las emisiones y de los efectos secundarios que conlleva su operación.

Beneficios esperados:

- Regulación en este giro industrial.
- Incidir en una mejor calidad del aire para los habitantes de la región.
- Reducir las emisiones generadas.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Fortalecer la regulación de la industria del cemento y cal.	SEGAM SEMARNAT				
2. Revisar el marco regulatorio y normativo de este tipo de industria para proponer adecuaciones	SEGAM SEMARNAT				
3. Establecer e implementar programas de buenas prácticas y de reducción de emisiones.	SEMARNAT				
4. Establecer y dar seguimiento a un programa periódico de inspección, para verificar que las industrias de jurisdicción federal tengan la licencia ambiental única actualizada y su reporte anual de la COA.	SEMARNAT				
5. Implementar un programa periódico de inspección y verificación a las industrias de jurisdicción federal y estatal, del cumplimiento de la normatividad ambiental.	PROFEPA				

Instrumentación:

- La SEGAM coordinará la elaboración de estudios y proyectos relacionados con la identificación, análisis de procesos, combustibles empleados, emisiones generadas y en casos específicos instalación de infraestructura en actividades de extracción de materiales.
- Los estudios deberán ser elaborados con la finalidad de tener información precisa que ayude a la toma de decisiones para la ejecución de acciones que reduzca las emisiones de bióxido de azufre y partículas.
- Con base en esta información se llevarán a cabo campañas de recuperación y rehabilitación de sitios que correspondieron a actividades de extracción de materiales con la finalidad de mejorar el paisaje y de disminuir las emisiones de partículas.

Actores involucrados:

SEMARNAT, PROFEPA, SEGAM, Ayuntamiento de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez e industrias cementeras y caleras.

Costo de implementación: \$ 3'000,000 correspondientes a la elaboración de estudios

7.2 ESTRATEGÍA 2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES (FUENTES MÓVILES)

Nombre de la Medida:

Medida 3. Desarrollar e implementar un programa de verificación vehicular obligatoria y un programa de detección de vehículos ostensiblemente contaminantes en los municipios de la ZMSLPSGS.

Objetivos:

- Reducir las emisiones de CO, NO_x y COV, provenientes de las fuentes móviles que circulan en la Zona Metropolitana, mediante su inspección periódica.
- Incidir en que los vehículos automotores que circulan en la Zona Metropolitana, tengan un mantenimiento preventivo y correctivo
- Garantizar un transporte limpio en la Zona Metropolitana de SLPSSGS, con la finalidad de que en el año 2016 se lleve a cabo un cumplimiento en la verificación vehicular del 50%.

Justificación:

Los vehículos que no se encuentran en condiciones óptimas de operación o que no tienen un adecuado mantenimiento, producen emisiones contaminantes que son mayores que las de aquellos que reciben mantenimiento.

Los contaminantes emitidos por este tipo de fuentes son principalmente CO, NO_x y COVs, debido a procesos de combustión incompleta o a la operación incorrecta de sus sistemas electromecánicos, por lo que es necesario evaluar sus emisiones periódicamente, garantizando que se encuentran con un buen mantenimiento.

Por lo cual, es prioritario implementar un programa de verificación vehicular obligatorio (PVVO), que sea consistente y homologado en los municipios. Este PVVO deberá considerar, entre otros aspectos, la inspección de los dispositivos y sistemas para el control de la contaminación instalados en los vehículos automotores y establecer una prueba dinámica para la medición de las emisiones.

Así mismo, el PVVO deberá tener el soporte en un programa de detección de vehículos contaminantes que sirva para la vigilancia y cumplimiento del programa.

Beneficios esperados:

- Reducir emisiones provenientes de los vehículos automotores (CO, NO_x y COVs) mediante un mantenimiento preventivo y correctivo.
- Implementar programas que sirvan como base para mejorar las condiciones de los vehículos automotores que circulan en la Zona Metropolitana.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Desarrollar el marco legal para la ZMSLPSGS con la finalidad de aplicar el PVVO homologado.	SEGAM, Municipios ^a				
2. Dar inicio al PVVO y notificar el arranque en medios de comunicación masiva y la gaceta oficial estatal.	SEGAM, Municipios ^a				
3. Diseñar e instrumentar un programa de capacitación dirigido al personal de las dependencias encargadas de la aplicación de los PVVO.	SEGAM Municipios ^a				
4. Llevar a cabo un taller anual para asesorar y capacitar al personal técnico encargado de la operación y supervisión de los centros de verificación vehicular.	SEMARNAT, SEGAM, Municipios ^a				
5. Aplicar coordinadamente un programa homologado de supervisión, seguimiento, evaluación e inspección cubriendo el 100% de los centros de verificación vehicular, para asegurar su adecuado funcionamiento.	SEGAM Municipios ^a				
6. Diseñar e implementar, como parte integral del PVVO, un programa para la detección y sanción de vehículos ostensiblemente contaminantes.	SEGAM Municipios ^a				

^a Áreas administrativas del municipio que correspondan, de acuerdo al Reglamento.

Instrumentación:

- La SEGAM y los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, revisarán y desarrollarán el marco legal para fundamentar la aplicación del PVVO.
- La SEGAM, con apoyo de Semarnat diseñará e instrumentará un programa de capacitación dirigido a los servidores públicos para la correcta aplicación del programa con la finalidad de evitar malas prácticas. Así mismo, asesorará y capacitará al personal técnico de los centros de verificación para llevar a cabo una eficaz operación de los equipos, ésta operación será supervisada para asegurar la adecuada ejecución del programa de verificación.
- La SEGAM en conjunto con los municipios diseñarán los mecanismos de aplicación del PVVO para la detección de vehículos ostensiblemente contaminantes, el cual será ejecutado por ambos gobiernos.

Actores involucrados:

SEGAM y áreas administrativas municipales correspondientes.

Costo: \$ 6'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 4. Desarrollar e implementar programas de movilidad urbana de pasajeros.

Objetivos:

- Reducir las emisiones de NO_x , PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ provenientes del transporte público de pasajeros, mediante la implementación de programas que reduzcan el uso del auto particular.
- Fomentar el uso del transporte público de pasajeros el cual deberá garantizar la calidad en el servicio de operación, disponibilidad de diversas rutas, además de ser un servicio eficiente.

Justificación:

La ZMSLPSGS en la última década ha presentado un crecimiento de consideración importante de la población, esto ha ocasionado un incremento en la flota vehicular, principalmente de vehículos particulares lo cual da como consecuencia un aumento en las emisiones de contaminantes atmosféricos.

Por lo que es necesario contar con un transporte público de pasajeros que motive a desincentivar el uso del vehículo particular mediante un servicio eficiente, ambientalmente limpio, seguro con camiones de última tecnología.

Beneficios esperados:

- Que el gobierno del Estado de San Luis Potosí brinde a los habitantes de los municipios San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez un transporte eficiente y con tecnologías limpias.
- Fomentar el uso de transporte público.
- Reducir emisiones de contaminantes atmosféricos.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Elaborar estudios y promover la implementación de líneas de alta capacidad confinadas.	SEGAM				
2. Establecer corredores viales en las principales arterias de la ZMSLPSGS.	SEGAM				
3. Mejorar la red de transporte público municipal.	SEGAM				
4. Desarrollar infraestructura para la circulación de transporte no motorizado.	SEGAM				
5. Elaborar un estudio para la construcción de ciclo vías y corredores de peatones en zonas determinadas	SEGAM				

Instrumentación:

- La SEGAM deberá desarrollar un estudio integral de movilidad que determine en las principales avenidas corredores viales, ciclovías y corredores de peatones. El estudio propondrá acciones y propuestas enfocadas a reducir el uso unimodal de transporte.
- Adicionalmente, el gobierno estatal a través de las Secretarías y órganos de gobierno correspondientes, promocionarán y aplicarán programas voluntarios (existentes, en desarrollo o de nueva creación) que propicien la reducción de emisiones contaminantes y el ahorro de combustible.

Actores involucrados:

SEMARNAT, SEGAM

Costo: \$2'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 5. Regular el autotransporte público y de carga de jurisdicción federal y estatal.

Objetivo:

Reducir las emisiones de NO_x, PM₁₀ y PM_{2.5} generadas por vehículos pesados que circulan en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez, mediante su regulación.

Justificación:

El transporte de carga y de pasajeros de jurisdicción federal y estatal que circula en la Zona Metropolitana, contribuye significativamente a las emisiones de PM_{2.5} y PM₁₀.

Por lo tanto, es necesario que estos vehículos regulen sus emisiones con la finalidad de proteger la salud de la población, mediante un programa de inspección y vigilancia que promueva el uso de tecnologías limpias diseñadas para este tipo de transporte.

Beneficios esperados:

- Reducir las emisiones de los vehículos de carga y de pasajeros, de jurisdicción federal y estatal.
- Que los vehículos pesados que circulan en la ZMSLPSGS cumplan con la normatividad aplicable y los límites máximos permisibles especificados.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Hacer un diagnóstico de ubicación e instalar un centro de verificación vehicular del autotransporte de jurisdicción federal en alguno de los municipios de la Zona Metropolitana.	SCT, SEMARNAT				
2. Fomentar el incremento de los vehículos que cumplan con el programa de inspección mantenimiento de transporte federal.	SCT, SEMARNAT				
3. Incluir a los vehículos pesados a diesel en el programa de detección y sanción a vehículos ostensiblemente contaminantes de la ZM.	SCT, SEMARNAT				
4. Promover la modernización del transporte de carga y pasaje, mediante la aplicación del Programa Transporte Limpio.	SEMARNAT, SCT, SEGAM				

Instrumentación:

- La Semarnat en coordinación con la SEGAM, impulsará la instalación de un centro de verificación vehicular obligatoria en alguno de los municipios de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez para el transporte de carga.
- Anualmente se revisará la cantidad de vehículos que se someterán a verificación con la finalidad de monitorear el cumplimiento al PVVO por parte de los transportistas.
- Semarnat promoverá programas con la finalidad de que se modernice el transporte de carga mediante la instalación de tecnologías que reduzcan el consumo de combustible y por lo tanto, se reduzca la emisión de contaminantes atmosféricos mediante la adopción del Programa de Transporte Limpio para las asociaciones de transportistas en el Estado de San Luis Potosí.

Actores involucrados:

SCT, SEMARNAT, SEGAM y los propietarios de vehículos del autotransporte público federal

Costo: 3'500,000

7.3 ESTRATEGIA 3. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE COMERCIOS Y SERVICIOS (FUENTES DE ÁREA)

Nombre de la Medida:

Medida 6. Regular las emisiones originadas de los hornos ladrilleros.

Objetivo:

Reducir las emisiones del proceso de cocción en los hornos ladrilleros asentados en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.

Justificación:

En los municipios de San Luis Potosí–Soledad de Graciano Sánchez, actualmente operan diversos complejos con hornos ladrilleros los cuales emiten gases y partículas que son visibles.

Lo que ha provocado problemas en la salud de la población que opera estos hornos y la que está asentada en cercanía con los complejos.

La situación requiere de atención por parte de las autoridades ambientales al sector ladrillero para su regulación y control de emisiones garantizando una correcta operación.

Beneficios esperados:

- Regulación de los hornos ladrilleros.
- Implementar mejoras en el proceso de elaboración del ladrillo.
- Reducir las emisiones contaminantes y la afectación a la salud.
- Incrementar la participación del sector ladrillero en el área empresarial.
- Incluir tecnología innovadora para los hornos ladrilleros.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Realizar un padrón de hornos ladrilleros asentados en los municipios de la región. Incluyendo datos de combustibles utilizados, producción anual y tecnología empleada.	Municipios SEGAM				
2. Elaborar y publicar una norma técnica que regule las actividades de la fabricación de ladrillo en la zona.	SEGAM				
3. Diseñar y aplicar un programa de verificación e inspección a los hornos ladrilleros	Municipios de la Región				
4. Diseñar e implementar programas de capacitación para el uso de combustibles y tecnologías más limpias en el proceso de fabricación	SEGAM, Municipios de la Región				
5. Establecer un programa piloto para uso de hornos eficientes	SEGAM, Municipios de la Zona Metropolitana				
6. Identificar opciones de financiamiento y subsidio para el uso de tecnologías más limpias.	SEMARNAT, SEGAM				

Instrumentación:

- Es importante que el Estado de San Luis Potosí cuente con un padrón actualizado de las ladrilleras que está asentadas en la zona. La SEGAM en coordinación con las direcciones de ecología y medio ambiente de los municipios, mantendrán actualizado el padrón de hornos ladrilleros para conocer sus características operacionales y el tipo de combustible que emplean en la fabricación de ladrillos.
- Derivado de la información obtenida del padrón, la SEMARNAT en coordinación con la SEGAM, gestionarán la elaboración de una norma para reducir las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y SO₂ por la fabricación de ladrillos.
- Conforme lo que se establezca en los programas de inspección y vigilancia, se harán visitas periódicas al menos semestralmente para cumplir la normatividad de emisiones de dichas fuentes.
- Así mismo, la SEGAM en coordinación con los municipios elaborará programas de capacitación para mejorar los procedimientos de fabricación y brindar asesoría para la conformación de micro-empresas. Deberán los municipios ser asesorados por SEGAM y SEMARNAT para la implementación de mejores prácticas en este aspecto.

Actores involucrados:

SEMARNAT, SEGAM y municipios de la Zona Metropolitana de SLP-SGS.

Costo: 4'500,000

Nombre de la Medida:

Medida 7. Regular y reducir las emisiones por el uso de leña y carbón empleados en la cocción de alimentos, en hogares y establecimientos.

Objetivos:

- Reducir las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y CO proveniente de las estufas, parrillas y calentadores que emplean leña y carbón como combustible.
- Disminuir la exposición personal a estos contaminantes a los habitantes de la Zona Metropolitana.

Justificación:

Es necesario establecer acciones específicas para la disminución de emisiones contaminantes de PM₁₀, PM_{2.5} y CO, así como reducir la exposición de las personas a éstas emisiones.

Es importante resaltar que se debe tener como prioridad proteger la exposición de las personas que emplean el uso de leña y carbón para cocción de alimentos, para lo cual es necesario impulsar las siguientes acciones:

1. Identificar estufas más eficientes y accesibles (para los establecimientos y casas).
2. Analizar la factibilidad del uso de combustibles alternos que sean menos perjudiciales a la salud.
3. Definir métodos de control en establecimientos que empleen ese tipo de combustible.
4. Desarrollar mecanismos de financiamiento a las familias para cambio de estufas de tecnología reciente y menos contaminante.

Beneficios esperados:

- Reducir la exposición a los contaminantes generados por la preparación y cocción de alimentos.
- Proteger la salud de la población que tiene escasos recursos o que su actividad económica es mediante el uso de este tipo de tecnologías.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Elaborar un estudio de identificación y selección de las mejores tecnologías para la cocción de alimentos en establecimientos y hogares	SEGAM Municipios				
2. Identificar las opciones de financiamiento y subsidio para este tipo de proyectos.	SEGAM SEMARNAT				
3. Elaborar una campaña dirigida a la población para concientizar y acceder a las estufas seleccionadas en el proyecto	SEGAM Municipios				
4. Diseñar y ejecutar una estrategia para promover el uso de gas LP, gas natural o combustible alternativo para la preparación de alimentos en los hogares y establecimientos comerciales.	SEGAM, Municipios de la Región				

^a Áreas administrativas de los municipios que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación:

- Las autoridades de los municipios de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, elaborarán un estudio el cual tendrá la finalidad de identificar y seleccionar las mejores tecnologías disponibles para la cocción de alimentos en establecimientos comerciales y de servicios y en los hogares.
- La SEGAM en coordinación con Semarnat, identificarán las opciones de financiamiento que puedan apoyar a la adquisición de estufas o tecnologías eficientes.
- En conjunto los gobiernos municipales y la SEGAM, elaborarán campañas de concientización a la población que habita en la Zona Metropolitana con la finalidad de que estos tengan acceso a las estufas seleccionadas en el proyecto.
- Así mismo, diseñarán y ejecutarán una estrategia integral para la promoción del uso del gas natural, gas LP en hogares donde empleen otro tipo combustible que afecte en menor medida la salud de la población debida a la exposición.

Actores involucrados:

Áreas de medio ambiente y salud de los municipios, SEGAM y SEMARNAT.

Costo: 3'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 8. Regular las emisiones de los establecimientos de jurisdicción municipal.

Objetivo:

Desarrollar reglamentos, normas y protocolos para verificar el cumplimiento de la normatividad vigente de los establecimientos de jurisdicción municipal asentados en la Zona Metropolitana de SLP-SGS.

Justificación:

Las fuentes de área contribuyen con 1,109 ton/año de PM_{10} , con 18,120 ton/año de COV, 2,858 ton/año de CO, principalmente. Por lo cual, es necesario implementar acciones específicas para la disminución de emisiones enfocadas a estos contaminantes.

La diversidad de este tipo de fuentes es el reto que se debe cubrir para atender la disminución en las emisiones, para lo que se deberán realizar acciones con una visión general de diseño, atención e instrumentación.

Beneficios esperados:

- Regular los establecimientos de jurisdicción municipal.
- Reducir emisiones de PM_{10} , COV y CO.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Revisar y adecuar el marco jurídico municipal, para regular los comercios y servicios.	Municipios				
2. Diseñar e implementar sistemas de registro de establecimientos comerciales y de servicios.	Municipios				
3. Implementar un programa de regularización de comercios y servicios.	Municipios				
4. Elaborar e implementar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes para los servicios ubicados en la región.	SEMARNAT Municipios				
5. Diseñar e implementar un programa de reducción de emisiones en comercios y servicios.	Municipios				
6. Diseñar e implementar programas para verificar las condiciones de operación y mantenimiento de equipos de combustión y de buenas prácticas en el manejo de gas y otros combustibles, en establecimientos de jurisdicción municipal.	Municipios				
7. Instrumentar y actualizar el Sistema de Información Geográfica para establecimientos de jurisdicción municipal	Municipios				

^a Áreas administrativas de los municipios que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación:

- Las áreas de medio ambiente de los municipios de San Luis Potosí y de Soledad de Graciano Sánchez colaborando en coordinación, establecerán un registro de establecimientos comerciales y de servicios en donde anualmente se reporten las actividades comerciales que generan emisiones a la atmósfera.
- El registro servirá para llevar a cabo el diseño e implementación de programas que verifiquen las condiciones de operación y de buenas prácticas en el manejo de los combustibles y de los equipos empleados.
- Para lo cual, deberán mantener actualizado el padrón de los establecimientos comerciales y de servicios, revisarán el marco jurídico para fortalecer la regulación de estos giros e implementarán un programa para verificar las condiciones y mantenimiento de los equipos.
- En coordinación con la Semarnat, los municipios llevarán a cabo la elaboración y la implementación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes para los establecimientos asentados en la Zona Metropolitana.

Actores involucrados:

SEMARNAT y las áreas administrativas de los municipios que de acuerdo a reglamentos correspondan.

Costo: 2'000,000

7.4 ESTRATEGIA 4. PROTEGER LA SALUD DE LA POBLACIÓN

Nombre de la Medida:

Medida 9. Implementar un programa de vigilancia epidemiológica.

Objetivo:

Diseñar e implementar un programa de vigilancia epidemiológica que reduzca los efectos a la salud negativos debidos a la exposición a contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana.

Justificación:

Es importante conocer los efectos a la salud de la población de la Zona Metropolitana de SALP-SGS derivados de la exposición a los contaminantes atmosféricos.

Para lo cual es necesario diseñar e implementar un Programa de Vigilancia Epidemiológica que sea la directriz para establecer parámetros como la contingencia atmosférica.

De acuerdo a los datos recopilados que resulten de los sistemas de vigilancia epidemiológica, se pueden conocer las causas y efectos en la salud poblacional. Así mismo, será de utilidad para evaluar los costos al sistema de salud y evaluar la eficiencia del ProAire.

Beneficios esperados:

- Consolidar una base de datos confiable para la toma de decisiones del sistema de salud y del gobierno estatal para implementar medidas de control de emisiones de las distintas fuentes.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Elaborar un programa de vigilancia epidemiológica.	COFEPRIS, Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
2. Crear grupos de trabajo para analizar las bases de datos de salud y monitoreo atmosférico.	COFEPRIS, Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
3. Iniciar la operación del sistema de vigilancia epidemiológica.	COFEPRIS, Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
4. Difundir capacitación en el sector salud para llevar a cabo estas acciones.	Secretaría de Salud				
5. Comunicar a la población por medios electrónicos e impresos acerca del programa de vigilancia epidemiológica a la población	Secretaría de Salud del Gobierno estatal				

Instrumentación:

- Para la implementación de esta medida se requiere de la participación de la Secretaría de Salud Estatal, con apoyo de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud Federal.
- En conjunto desarrollarán e implementarán el programa de vigilancia epidemiológica.
- Para garantizar su difusión, se informará a la población de este programa por distintos medios.
- Se creará un grupo integrado por dependencias federales, estatales y municipales, para analizar la información del sector salud y medio ambiente con el fin de capacitar a los servidores públicos de las dependencias participantes con información validada.

Actores involucrados:

Secretaría de Salud del Gobierno de San Luis Potosí, COFEPRIS, IMSS, ISSSTE, SEGAM, clínicas y hospitales privados.

Costo: 4'500,000

Nombre de la Medida:

Medida 10. Elaborar proyectos de investigación sobre los efectos en la salud ocasionados por la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez.

Objetivo:

Promover y elaborar estudios actualizados sobre los contaminantes atmosféricos en la salud de la población de la Zona Metropolitana.

Justificación:

La actualización de información a través de los proyectos de salud se complementa con la información de la red de monitoreo para finalmente evaluar los riesgos a la salud por la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos.

Beneficios esperados:

- Integrar con un sistema de información actualizado para desarrollar políticas ambientales orientadas a la protección de la salud.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2012	2013	2014	2015
1. Desarrollar un sistema para correlacionar información de salud con información de la red de monitoreo.	Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
2. Actualizar información de morbilidad y mortalidad asociada a la contaminación atmosférica.	Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
3. Desarrollar e implementar programas de prevención en materia de salud ambiental.	Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
4. Crear un grupo para la selección de proyectos de investigación en materia de salud.	Secretaría de Salud del Gobierno estatal				
5. Dar a conocer la información generada por medios electrónicos e impresos	Secretaría de Salud del Gobierno estatal				

Instrumentación:

- Para la implementación de esta medida se requiere de la participación de la Secretaría de Salud Estatal, con apoyo de la Dirección General de Protección contra Riesgos Sanitarios y la Dirección General de Servicios de Salud. En conjunto desarrollarán e implementarán el programa de vigilancia epidemiológica. Para garantizar su difusión, se informará a la población de este programa por distintos medios.
- Se creará un grupo integrado por dependencias federales, estatales y municipales, para promover proyectos del sector salud y medio ambiente, diseñar programas de prevención y proporcionar información suficiente para la toma de decisiones en materia de salud.

Actores involucrados:

Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios y Secretaría de Salud del Estado de San Luis Potosí.

Costo: \$5'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 11. Implementar un Programa de Contingencias Atmosféricas.

Objetivo:

Desarrollar un instrumento que contenga estrategias, acciones y actividades que se implementen en caso de que se presenten episodios de altas concentraciones de contaminantes que afecten la salud de la población.

Justificación:

Es necesaria la ejecución e implementación de un Programa de Contingencias Atmosféricas para que en caso de presentarse altos niveles de contaminación atmosférica excedencias a las normas vigentes, se proteja la salud de los grupos poblacionales vulnerables como son los niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Con la ejecución del programa, se busca reducir la emisión de contaminantes mediante la alerta ambiental y la implementación de actividades.

Beneficios esperados:

- Contar con una herramienta para la toma de decisiones orientadas a la protección de la salud de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Diseñar el Programa de Contingencias Atmosféricas y nombrar un comité para su ejecución.	SEMARNAT, SEGAM Secretaría de Salud de San Luis Potosí, Municipios.				
2. Vigilar la aplicación del Programa de Contingencias Atmosféricas.	SEMARNAT, SEGAM Secretaría de Salud de San Luis Potosí, Municipios.				
3. Desarrollar y dar a conocer la estrategia de comunicación a la población de los niveles de activación del Programa de Contingencias Atmosféricas.	SEMARNAT, SEGAM Secretaría de Salud de San Luis Potosí, Municipios.				
4. Actualizar y consensuar los niveles de activación y desactivación del Programa de Contingencias Atmosféricas	SEMARNAT, SEGAM Secretaría de Salud de San Luis Potosí, Municipios.				

Instrumentación:

- La SEMARNAT, la SEGAM, la Secretaría de Salud del Estado de San Luis Potosí y las dependencias municipales de medio ambiente y salud, desarrollarán conjuntamente el programa de contingencias atmosféricas.
- Con el cual, se busca evitar la exposición de la población a niveles altos de contaminantes que induzcan riesgos a la salud.
- Así mismo, el gobierno estatal y municipal a través de las dependencias de salud y medio ambiente, darán a conocer los niveles de activación y desactivación del programa.
- Los niveles se revisarán en periodos bianuales para su actualización si se considera necesario.

Actores involucrados:

SEMARNAT, Secretaría de Salud del Estado de San Luis Potosí, SEGAM.

Costo: 1,000, 000

7.5 ESTRATEGIA 5. FOMENTAR LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, LA COMUNICACIÓN CON LA POBLACIÓN, LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Nombre de la Medida:

Medida 12. Elaborar y ejecutar un programa de educación ambiental.

Objetivo:

Incidir en la creación de una conciencia ambiental de la población que habita la Zona Metropolitana mediante la implementación de un programa de educación ambiental.

Justificación:

Es importante que los habitantes de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí conozcan los efectos negativos y positivos sobre la calidad del aire y el ambiente derivados de las actividades antropogénicas.

Con ello se motiva la conciencia sobre nuestras actividades diarias, influyendo en nuestras tomas de decisión sobre lo que consumimos y como vivimos diariamente.

Mediante un programa de educación ambiental se incide directamente sobre los cambios positivos que se reflejarían en el desarrollo urbano y cuidado y protección al medio ambiente.

Beneficios esperados:

- Propiciar que los habitantes de la Zona Metropolitana sean participativos y estén informados para reducir los impactos al ambiente.
- Crear una conciencia sobre el uso ilimitado de los recursos no renovables, incidiendo en la toma de decisiones de los habitantes.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Identificar las necesidades de capacitación y fomento de la educación ambiental en coordinación con diversos sectores.	SEMARNAT SEGAM Municipios				
2. Desarrollar e implementar un programa de educación ambiental.	SEMARNAT, SEGAM, Secretaría de Educación de San Luis Potosí, Municipios				
3. Ejecutar las acciones del programa y difundirlo en diversos medios de comunicación.	SEMARNAT, SEGAM, Secretaría de Educación de San Luis Potosí, Municipios				
4. Evaluar periódicamente los beneficios del programa de educación ambiental.	SEMARNAT, SEGAM, Secretaría de Educación de San Luis Potosí, Municipios				

Instrumentación:

- La SEMARNAT, la SEGAM y los municipios, coordinadamente, detectarán las necesidades de capacitación en materia de educación ambiental mediante un estudio.
- El programa será diseñado con la participación de los sectores involucrados, la implementación deberá ser realizada en coordinación con los tres órdenes de gobierno, para lo cual se deberán asignar responsabilidades de seguimiento y actualización y evaluación de las actividades.
- Se diseñará una campaña de difusión de acuerdo a la identificación de necesidades de educación ambiental.
- Así mismo, se propone un esquema de seguimiento para evaluar la eficiencia del programa.

Actores involucrados:

SEMARNAT, SEGAM, Secretaría de Educación del Gobierno de San Luis Potosí, municipios, academia, medios de comunicación estatales y locales, organizaciones civiles y población en general.

Costo: \$3'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 13. Elaborar un plan de difusión de información sobre la calidad del aire a la población de la ZMSLPSGS

Objetivo:

Desarrollar una estrategia que mantenga informada a la población que habita la ZM SLPSGS acerca de los niveles de la calidad del aire, sus efectos y las medidas que se deberán tomar en caso de una contingencia.

Justificación:

Es importante que la población de la Zona Metropolitana esté informada acerca de los niveles de contaminación a los que están expuestos para prevenir exposiciones prolongadas y evitar la afección a su salud.

Las dependencias de medio ambiente y salud del estado y de los municipios, deberán de desarrollar un plan de comunicación de la calidad del aire, con la finalidad de fomentar la participación y divulgación de la información a la población.

Con ello se creará un cultura ambiental desde la Zona Metropolitana permeando en todo el Estado de San Luis Potosí.

Beneficios esperados:

- Contar en la Zona Metropolitana con habitantes participativos e informados sobre el tema de calidad del aire.
- Promover que la población sea consciente en la atención del problema de la calidad del aire.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Elaborar un plan de comunicación que establezca un índice de calidad del aire para su difusión a través de medios de comunicación.	SEGAM, municipios y SEMARNAT				
2. Informar a la población acerca del plan de comunicación y el significado del índice de calidad del aire mediante visitas periódicas a edificios públicos.	SEGAM, municipios				
3. Diseñar criterios de evaluación de los alcances del plan de comunicación.	SEGAM, municipios				

Instrumentación:

- De forma coordinada la SEGAM, la SEMARNAT y los municipios elaborarán un plan de comunicación que considere su difusión de forma integral (mediante periódicos, internet, plazas públicas, folletos, radio, etc). Este plan deberá incluir un índice de calidad del aire.
- Con el fin de promover el conocimiento acerca de los índices de la calidad del aire, se programarán visitas periódicas a edificios públicos (escuelas, hospitales, oficinas) y privados (empresas, cines, centros comerciales).

Actores involucrados:

SEGAM, municipios, SEMARNAT, medios de comunicación estatales y locales, Instituciones educativas y de investigación, organizaciones civiles y población en general.

Costo: \$1'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 14. Desarrollar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

Objetivo:

Impulsar las acciones para el mejoramiento de la calidad del aire mediante el desarrollo de estudios científicos y tecnológicos que sirvan de sustento para la toma de decisiones.

Justificación:

Es necesario realizar estudios de investigación en la Zona Metropolitana con la finalidad de comprender la complejidad de la química atmosférica y sus posibles efectos en la salud, por lo cual se requiere de estudios de investigación y desarrollo tecnológico en el corto, mediano y largo plazo.

Es importante que en estos estudios se integren las instituciones académicas, las organizaciones no gubernamentales y la sociedad en general, debido a la interacción que se generará durante el proceso de diseño, elaboración e implementación de los proyectos.

Será necesaria la difusión mediante del plan de comunicación para conocer los avances y resultados obtenidos por los estudios.

Beneficios esperados:

- Contar con información completa sobre la calidad del aire y sus efectos y las alternativas tecnológicas que ayudarán a disminuir los impactos negativos en la Zona Metropolitana y generar información para la toma de decisiones.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Identificar los proyectos que servirán como aporte al ProAire.	SEMARNAT, INE, SEGAM, Secretaría de Salud, municipios				
2. Desarrollar los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.	SEMARNAT, INE, SEGAM, Secretaría de Salud, municipios				
3. Realizar compromisos oficiales con las instituciones de investigación para el desarrollo de proyectos de investigación en materia de calidad del aire.	INE, SEGAM, Secretaría de Salud, municipios				

Instrumentación:

- Se identificarán los proyectos prioritarios de investigación en trabajo conjunto de la SEGAM, la SEMARNAT, el INE, la Secretaría de Salud del Estado de San Luis Potosí y los municipios.
- A través del trabajo de investigación y el compromiso de las dependencias involucradas, se estimarán los costos de los proyectos y se fortalecerán las capacidades institucionales.

Actores involucrados:

SEMARNAT, INE, SEGAM, la Secretaría de Salud del Estado de San Luis Potosí y los municipios.

Costo: \$5'000, 000

7.6 ESTRATEGIA 6. CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y PLANEACIÓN DEL DESARROLLO URBANO Y TERRITORIAL

Nombre de la Medida:

Medida 15. Desarrollar e implementar un plan para reducir las emisiones de terrenos sin cubierta vegetal y caminos sin pavimentar.

Objetivo:

Reducir las emisiones de partículas de áreas que son sometidas a la erosión por la acción del viento.

Justificación:

Los caminos sin pavimentar, zonas sin cubierta vegetal y la actividad agrícola en la Zona Metropolitana SLP SGS, son fuentes de generación de material particulado que debido a la acción del viento son suspendidas, ocasionando problemas en la calidad del aire de la región y en la salud de sus habitantes.

Beneficios esperados:

- Reducir las emisiones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$.
- Establecer acciones de restauración de zonas erosionadas y desprovistas de vegetación.
- Definir programas de reforestación y acondicionamiento de áreas verdes.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Elaborar un diagnóstico que identifique áreas desprovistas de vegetación y expuestas a los efectos de la erosión por acción del viento.	SEGAM, Municipios				
2. Mediante SIG se identificarán zonas desprovistas de vegetación en la jurisdicción municipal.	Municipios				
3. Desarrollar e implementar un programa de reforestación y mantenimiento de áreas verdes y restauración de suelos sin vegetación con especies endémicas.	Municipios				

Instrumentación:

- Para el cumplimiento de esta medida es importante iniciar con la elaboración de un diagnóstico de áreas desprovistas de vegetación y zonas de erosión por acción del viento de jurisdicción municipal y estatal, calles sin pavimentar y caminos municipales en la Zona Metropolitana.
- Simultáneamente se deberá representar cartográficamente empleando sistemas de información geográfica, facilitando las actividades de monitoreo de las zonas y el seguimiento a las actividades de reforestación.
- Los planes que sean necesarios aplicar derivado del diagnóstico, deberán ser desarrollados e implementados en coordinación con las autoridades municipales y estatales para el logro de objetivos.

Actores involucrados:

Municipios, SEGAM

Costo: \$ 2'500,000

Nombre de la Medida:

Medida 16. Desarrollar un Plan de Ordenamiento Territorial para la ZM SLP SGS.

Objetivo:

Fomentar un crecimiento ordenado en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez, a través de la integración de métodos y procedimientos que permitan vincular las políticas de desarrollo en acciones concretas para resolver las problemáticas que experimenta.

Justificación:

Implementar una planeación estratégica en coordinación con la planeación urbano-regional, el desarrollo territorial geoespacial y la sociología urbana, los cuales permitirán contar con herramientas para establecer modelos metodológicos que se han sido utilizados en el ordenamiento territorial.

Es importante que la Zona Metropolitana cuente con el plan de ordenamiento territorial ya que en éste se establecerán zonas para actividades específicas buscando lograr la armonización entre la población satisfaciendo sus necesidades básicas.

Beneficios esperados:

- Contar con un mapa base de la Zona Metropolitana sujeta a ordenamiento.
- Conocer las variables e indicadores de los subsistemas físico-biótico, demográfico-social, económico-productivo, urbano-regional y legal-administrativo.
- Elaborar un Sistema de Información Geográfica y Estadística que facilite el desarrollo del Programa de Ordenamiento Territorial.
- Lograr una armonización territorial en la Zona Metropolitana de SLP SGS.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Elaborar un plan de ordenamiento territorial para la ZM SLPSGS, estableciendo criterios para definir los usos de suelo considerados.	SEGAM, SEMARNAT, Municipios				
2. Implementar y operar un sistema de indicadores de monitoreo y evaluación del Plan de Ordenamiento Territorial.	SEGAM, municipios				
3. Instaurar un Comité de Evaluación y Seguimiento para el Plan de Ordenamiento Territorial.	SEGAM Municipios				
4. Publicar e instrumentar un Plan de Ordenamiento Territorial para la ZMSLPSGS.	SEGAM Municipios				

Instrumentación:

- La ZM SLPSGS es necesario que cuente con un Plan de Ordenamiento Territorial a escalas cartográficas de 1:5000 para los principales centros urbanos y 1:50000 para el resto del territorio, dentro de las características que deberá contar el Plan deberá ser elaborado con una prospectiva de planeación de mínimo 10 años.
- Para lo cual, es necesaria la coordinación entre los tres niveles de gobierno y con los diferentes sectores de la sociedad organizada, para definir y establecer un programa de acciones que permitan establecer el aprovechamiento del territorio, desde un enfoque sistémico.

Actores involucrados:

SEDESOL, SEMARNAT, SEGAM y áreas responsables de los municipios.

Costo: \$2, 500,000

7.7 ESTRATEGIA 7. FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Nombre de la Medida:

Medida 17. Conformar un Comité para la implementación, seguimiento y evaluación del ProAire de la ZM SLP SGS.

Objetivos:

- Establecer un Comité que sea responsable de impulsar y dar seguimiento al cumplimiento de las medidas establecidas en el ProAire,
- Evaluar los resultados de la reducción de emisiones y de gestión ambiental derivados de la ejecución y cumplimiento de las medidas.

Justificación:

Es importante garantizar que las acciones plasmadas en el ProAire se realicen lo cual aseguraría el cumplimiento de las metas establecidas.

Por lo cual, mediante un Comité se desarrollarán mecanismos de evaluación, seguimiento y evaluación del desempeño y cumplimiento del ProAire en el periodo de vigencia.

Lo que permitirá conocer con el grado de cumplimiento de las diferentes estrategias del programa, con lo cual se podrán identificar las oportunidades de mejoramiento de la ejecución de las medidas.

Beneficios esperados:

- Dar seguimiento a los avances del ProAire, indicando de forma oportuna los avances y/o atrasos que pudieran derivarse de la ejecución del programa.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Crear y formalizar el Comité de seguimiento y evaluación.	SEMARNAT SEGAM, Municipios				
2. Establecer los lineamientos de evaluación del ProAire.	SEMARNAT SEGAM, Municipios				
3. Evaluar y reportar anualmente los avances de las medidas del ProAire.	Comité				
4. Difundir los resultados del ProAire.	Comité				

Instrumentación:

- La SEMARNAT y la SEGAM, establecerán los lineamientos de operación y funcionamiento del Comité. Ésta acción deberá realizarse mediante la coordinación de los actores involucrados en el ProAire los cuales integrarán grupos de trabajo por cada estrategia establecida en el documento. Con ello, se permitirá la implementación acciones comprometidas.
- Para lo cual, se nombrará un responsable para cada grupo. Los responsables de cada grupo de trabajo realizarán el seguimiento de cada una de las medidas establecidas y deberán evaluar los indicadores.
- Para el buen funcionamiento de los grupos, deberá ser necesario formalizar la participación de los actores mediante una carta compromiso para cada instancia involucrada, de manera que participe permanentemente y verifique el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

Actores involucrados:

SEMARNAT, PROFEPA, SSA, COFEPRIS, Secretaría de Salud del Estado, SCT, SEP, SEGAM, Protección Civil, centros de investigación e instituciones de educación superior, organizaciones de la sociedad civil, organismos internacionales, las áreas administrativas de los municipios que correspondan de acuerdo al reglamento y cualquier otro que el Comité considere necesario.

Costo: \$ 1'000,000

Nombre de la Medida:

Medida 18. Definir un esquema de financiamiento para la ejecución de las medidas del ProAire ZM SLP SGS.

Objetivo:

Obtener recursos económicos mediante la gestión de los principales actores involucrados para facilitar la ejecución de las medidas del programa.

Justificación:

Las medidas de corto, mediano y largo plazo establecidas en el ProAire, requieren de un soporte financiero para su ejecución e implementación.

Beneficios esperados:

- Garantizar el cumplimiento de las medidas contenidas en el ProAire.
- Gestionar el financiamiento para ejecutar las acciones.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Identificar las fuentes de financiamiento para la ejecución del ProAire.	SEGAM, Grupos de Trabajo				
2. Elaborar un plan estratégico de trabajo para la identificación de las fuentes de financiamiento					
3. Preparar las propuestas para acceder a los recursos identificados	SEGAM, Grupos de Trabajo				
4. Informar periódicamente de los avances de la ejecución de las acciones del Programa.	SEGAM, Grupos de Trabajo				

Instrumentación:

- De acuerdo a las medidas y acciones del ProAire, los grupos de trabajo deben revisar las fuentes de financiamiento disponibles para obtener acceso a los recursos en coordinación con los gobiernos federal, estatal y municipal.

Actores involucrados:

Gobiernos municipales, SEMARNAT, PROFEPA, SEGAM, Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de San Luis Potosí, instituciones educativas, asociaciones civiles y población en general.

Costo: \$ 500,000

7.8 ESTRATEGIA 8. FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y DE LOS RECURSOS HUMANOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE

Nombre de la Medida:

Medida 19. Fortalecer el monitoreo atmosférico.

Objetivo:

Contar con información de calidad del aire en las estaciones de monitoreo instaladas en la ZMSLPSGS, garantizando homologación de procedimientos y criterios para la validación de los datos, mediante una operación adecuada.

Justificación:

Es importante conocer los niveles de calidad del aire en la Zona Metropolitana, ya que éste es uno de los principales indicadores para dictar la política pública en pro del medio ambiente.

Por lo cual es necesario que la red de monitoreo establecida en la ZM SLP SGS opere de forma adecuada.

El fortalecimiento en las capacidades técnicas para la medición de los contaminantes atmosféricos y su cumplimiento con las Normas Oficiales Mexicanas, deben cumplir con los lineamientos establecidos por las autoridades federales.

Beneficios esperados:

- Generar la información de calidad del aire en la ZMSLPSGS.
- Fortalecer capacidades técnicas institucionales.
- Contar con un instrumento que sirva para informar a la población sobre la calidad del aire.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Homologar los criterios y procedimientos de operación, validación y reporte de la información de calidad del aire.	SEGAM				
2. Capacitar al personal a cargo de la red de monitoreo.	INECC, SEGAM				
3. Adoptar las metodologías y software del INECC para validación de datos.	INECC, SEGAM				
4. Reportar en tiempo real y de manera continua la información de calidad del aire localmente y al Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire.	INECC, SEGAM				
5. Diseñar un programa de trabajo para el desarrollo de capacidades técnicas en la modelación y pronóstico de la calidad del aire.	SEMARNAT- INECC, SEGAM, municipios				
6. Asignar recursos anuales para la operación adecuada de las estaciones de monitoreo.	SEGAM				

Instrumentación:

- La SEGAM en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, determinarán las necesidades para la operación y adecuado funcionamiento de la red de monitoreo en la ZM SLP SGS con la finalidad de obtener un diagnóstico en tiempo real de las condiciones de calidad del aire.
- La capacitación del personal debe incluir conocimientos para la modelación y pronóstico de la calidad del aire.

Actores involucrados:

INECC, SEGAM.

Costo: \$ 5,000,000

Nombre de la Medida:

Medida 20. Actualizar bianualmente el inventario de emisiones de contaminantes criterio y elaborar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.

Objetivos:

- Actualizar la información de las emisiones provenientes de las diversas fuentes dentro de la Zona Metropolitana, en coordinación con la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de la Semarnat.
- Elaborar un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero que servirá como base para el establecimiento de políticas ambientales en la materia.

Justificación:

La Zona Metropolitana de SLP SGS, debe contar con un inventario actualizado para identificar los cambios en las emisiones, cuantificar su impacto y medir la eficacia de la implementación de las medidas del Pro Aire.

El inventario de emisiones será un insumo primordial para la modelación y pronóstico de la calidad del aire.

Beneficios esperados:

- Generar escenarios de emisiones.
- Medir la eficacia de las medidas del ProAire mediante una herramienta cuantitativa.

Cronograma de ejecución

Acciones	Responsable	2013	2014	2015	2016
1. Actualizar cada dos años el inventario de emisiones	SEMARNAT, SEGAM, Municipios, universidades e institutos de investigación				
2. Elaborar y actualizar el inventario de gases de efecto invernadero	INECC SEGAM				
3. Generar escenarios de emisiones, proyecciones e impactos con la información de los inventarios.	SERNAPAM, Municipios, Universidades e institutos de investigación				

Instrumentación:

- En un trabajo coordinado por parte de la SEMARNAT, la SEGAM y las áreas administrativas de los municipios, se hará la planeación para la elaboración del inventario de emisiones.
- Y en conjunto con el INECC, se elaborará el inventario de gases de efecto invernadero, para elaborar la estrategia estatal de cambio climático.
- Es necesario realizar la actualización para los años base correspondientes a 2013 y 2015, con la finalidad de contar con información actualizada de la dinámica de las diversas fuentes.

Actores involucrados:

SEMARNAT, INECC, SEGAM y municipios.

Costo: \$ 3,000,000

8. INDICADORES PARA EL PROAIRE

ZM SLP-SGS

8.1 Indicadores para la evaluación del ProAire SLP-SGS

Es importante que el ProAire cuente con métodos de evaluación para cuantificar y cualificar las metas establecidas en el documento.

Estas herramientas deben representar los avances en las acciones además de detectar a tiempo las medidas que no han sido ejecutadas en el tiempo establecido y la causa por la cual presentan esta situación, como por ejemplo falta de asignación de recursos o cambio en la administración municipal.

Para lo cual se elaboraron ocho indicadores sustentables, con base en las estrategias del documento, lo cual permite agrupar las acciones ejecutadas de las medidas en un parámetro que contempla tanto la reducción de emisiones como el avance de la medida.

La metodología empleada es adaptada para el ProAire y basada en estudios publicados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para proyectos ambientales y el fortalecimiento de la gestión de los países miembros. Esta metodología y su soporte de información se presenta para consulta en el Anexo I de este ProAire.

Las estrategias para la cuales se elaboraron los indicadores son las siguientes:

- i. **Estrategia 1.** Reducción de emisiones provenientes de la industria (fuentes fijas).
- ii. **Estrategia 2.** Reducción de emisiones de vehículos automotores (fuentes móviles).
- iii. **Estrategia 3.** Reducción de emisiones de comercios y servicios (fuentes de área).
- iv. **Estrategia 4.** Proteger la salud de la población.

- v. **Estrategia 5.** Fomentar la educación ambiental, la comunicación con la población, la investigación y el desarrollo tecnológico.
- vi. **Estrategia 6.** Conservación de los recursos naturales y planeación del desarrollo urbano y territorial.
- vii. **Estrategia 7.** Fortalecimiento de la gestión ambiental.
- viii. **Estrategia 8.** Fortalecimiento de la infraestructura y de los recursos humanos para mejorar la calidad del aire.

Con base en lo anterior, se clasificaron los indicadores en cuantitativos y cualitativos, es decir, algunos se alimentarán de información generada por los inventarios de emisiones (base y subsecuentes) y otros dependen de la ejecución de acciones.

En la tabla 8.1, se presentan los indicadores, su nombre y su clave de identificación para la hoja del metadato.

Cabe aclarar que en la hoja del metadato no se incluye el apartado de gráficos que se pudieran generar para mostrar con figuras el avance o incumplimiento de alguna estrategia.

Tabla 8.1 Indicadores desarrollados para cada estrategia

Estrategia	Nombre del indicador	Clave del indicador	Clasificación del indicador
1	Emisiones del sector industrial	IASSE1	Directriz
2	Emisiones de vehículos y transporte	IASSE2	Directriz
3	Emisiones del sector comercio y servicios	IASSE3	Directriz
4	Protección salud	ISSSE4	Complementario
5	Educación ambiental	IESSE5	Complementario
6	Conservación de recursos naturales	IISSE6	Complementario
7	Fortalecimiento de la gestión ambiental	IISSE7	Complementario
8	Fortalecimiento de la gestión de calidad del aire	IISSE8	Complementario

8.2 Indicador para fuentes fijas

Nombre	EMISIONES DEL SECTOR INDUSTRIAL
Tipo de indicador	Ambiental
Código	IASSE1
Descripción	<p>Este indicador considera la información de las emisiones de SO₂, NO_x, PM₁₀ y PM_{2.5} que son generadas por los procesos de las industrias federales y estatales asentadas en la zona metropolitana.</p> <p>Muestra cuales son las implicaciones (negativas o positivas) de la ejecución de las medidas de la estrategia 1 del ProAire, por ejemplo, la instalación de equipos de control en las empresas.</p>
Unidad de medida	Variación porcentual
Método de cálculo	$\Delta e = 100 - \left(\frac{a * 100}{b} \right)$ <p>Siendo :</p> <p style="padding-left: 40px;">Δe: variación porcentual de las emisiones</p> <p style="padding-left: 40px;">a: emisiones (ton/año) de SO₂, NO_x y PM₁₀, variable, año 2013</p> <p style="padding-left: 40px;">b: emisiones (ton/año) de SO₂, NO_x y PM₁₀, línea base, año 2011</p> <p>La variable en esta fórmula es a, debido a que cambian las emisiones de un año a otro.</p>
Fuente estadística	Inventario de emisiones año base 2011 y año base 2013
Periodicidad	Bianual
Limitaciones del indicador	No incluye la información explícita de la apertura o cierre de empresas en los municipios, aunque para el cálculo de estimación de emisiones se recomienda considerar.

8.3 Indicador para fuentes móviles

Nombre		EMISIONES DE VEHÍCULOS Y TRANSPORTE
Tipo de indicador		Ambiental
Código		IASSE2
Descripción		Los vehículos y transporte que circulan en la Zona Metropolitana (autos particulares, taxis, transporte público, vehículos a diesel con un peso bruto vehicular menor a 3 toneladas, entre otros) emiten emisiones de PM ₁₀ , PM _{2.5} , CO y NOx, principalmente. Este indicador mostrará cuales son los avances en programas como el de verificación vehicular obligatoria, la renovación de la flota vehicular y la ejecución de un programa de movilidad urbana, entre otros.
Unidad de medida		Variación porcentual
Método de cálculo		$\Delta e = 100 - \left(\frac{a * 100}{b} \right)$ <p>Siendo :</p> <p style="padding-left: 40px;">Δe: variación porcentual de las emisiones</p> <p style="padding-left: 40px;">a: emisiones (ton/año) de PM₁₀, PM_{2.5}, CO y NOx, variable, año 2013</p> <p style="padding-left: 40px;">b: emisiones (ton/año) de PM₁₀, PM_{2.5}, CO y NOx, línea base, año 2011</p> <p>La variable es a, debido a que cambian las emisiones de un año a otro.</p>
Fuente estadística		Inventario de emisiones año base 2011 y año base 2013
Periodicidad		Bianual
Limitaciones del indicador		El indicador no muestra los cambios en tecnología que tienen los vehículos de modelos recientes.

8.4 Indicador para fuente de área

Nombre	EMISIONES DEL SECTOR COMERCIO Y SERVICIOS
Tipo de indicador	Ambiental
Código	IASSE3
Descripción	<p>Las emisiones de NH₃, COV, PM₁₀ y PM_{2.5} generadas por el sector comercio y servicios son las más emitidas por estas fuentes en la Zona Metropolitana.</p> <p>Para el caso de CO y NOx son importantes debidas a los procesos de los comercios y a las materias primas utilizadas.</p> <p>Las actividades comerciales que son incluidas en este sector son caminos sin pavimentar, quema agrícola y ladrilleras, principalmente.</p>
Unidad de medida	Variación porcentual
Método de cálculo	$\Delta e = 100 - \left(\frac{a * 100}{b} \right)$ <p>Siendo :</p> <p style="padding-left: 40px;">Δe: variación porcentual de las emisiones</p> <p style="padding-left: 40px;">a: emisiones (ton/año) de NH₃, COV, PM₁₀, PM_{2.5}, CO y NOx variable, año 2013</p> <p style="padding-left: 40px;">b: emisiones (ton/año) de NH₃, COV, PM₁₀, PM_{2.5}, CO y NOx variable, año 2011</p> <p>La variable es a, debido a que cambian las emisiones de un año a otro.</p>
Fuente estadística	Inventario de emisiones año base 2011 y año base 2013
Periodicidad	Bianual
Limitaciones del indicador	No incluye la información explícita de la apertura o cierre de comercios en el municipio, aunque en el cálculo de estimación de emisiones para esta fuente sí es considerado.

8.5 Indicador para protección a la salud

Nombre	PROTECCIÓN SALUD MEDIANTE EL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES
Tipo de indicador	Salud
Código	ISSSE4
Descripción	<p>En cumplimiento con los objetivos del ProAire, se deberá realizar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.</p> <p>Este programa será coordinado por el Comité Técnico, quien lo realizará y lo ejecutará, tomando como base el análisis del comportamiento de los contaminantes y se determinará la viabilidad de ajustes de los niveles de activación, además del fortalecimiento de la comunicación a la población, con la finalidad de proteger su salud.</p>
Unidad de medida	Publicación del PCAA
Método de cálculo	$PCCA = \frac{\square PCAA}{PCAA} * 100$ <p>Siendo :</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>PCAA</i>: Publicación del PCAA</p> <p style="padding-left: 40px;">$\square PCAA$: Avance del documento del PCAA, variable</p> <p>La variable $\square PCAA$, se reportará con respecto a las actividades ejecutadas con respecto al tiempo.</p> <p>El valor de <i>PCAA</i> será reportado en porcentaje de avance.</p>
Fuente estadística	Secretaría de Gestión Ambiental del Estado de San Luis Potosí
Periodicidad	Trimestral
Limitaciones del indicador	No aplica

8.6 Indicador para educación ambiental

Nombre	EDUCACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL
Tipo de indicador	Educación
Código	IESSE5
Descripción	<p>La importancia de la ejecución del programa de educación ambiental radica en el fomento a la cultura y conciencia ambiental en los habitantes de la Zona Metropolitana.</p> <p>El Para lo cual se considera su instrumentación mediante acciones de educación ambiental formal y no formal.</p>
Unidad de medida	Publicación y ejecución del programa
Método de cálculo	<p>$EPEA = APEA$</p> <p>Siendo :</p> <p style="text-align: center;"><i>EPEA</i>: Ejecución del Programa de Educación Ambiental</p> <p style="text-align: center;"><i>APEA</i>: Número de acciones desarrolladas para el cumplimiento del programa , variable</p> <p>La variable <i>APEA</i>, se reportará con respecto a las actividades instrumentadas con respecto a un tiempo determinado.</p>
Fuente estadística	Secretaría de Gestión Ambiental del Estado de San Luis Potosí
Periodicidad	Anual
Limitaciones del indicador	No contempla acciones paralelas en otras dependencias gubernamentales.

8.7 Indicador para conservación de recursos naturales

Nombre	CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES
Tipo de indicador	Ambiental
Código	IASSE6
Descripción	<p>En la elaboración de este indicador se consideran las emisiones que son generadas por la vegetación y suelos.</p> <p>El crecimiento de los asentamientos humanos y en algunos casos su establecimiento en sitios de difícil acceso, dificulta la introducción de los servicios. Asimismo representa una presión sobre los recursos naturales, ya que por lo general el crecimiento se da hacia las áreas de conservación ecológica y de zonas agrícolas.</p> <p>Este fenómeno genera amplias zonas desprovistas de vegetación que quedan expuestas a un proceso de erosión generando con ello emisiones de partículas suspendidas.</p>
Unidad de medida	Variación porcentual
Método de cálculo	$\Delta e = 100 - \left(\frac{a * 100}{b} \right)$ <p>Siendo :</p> <p style="padding-left: 40px;">Δe: variación porcentual de las emisiones</p> <p style="padding-left: 40px;">a: emisiones (ton/año) de PM₁₀, NO_x y COV, variable, año 2013</p> <p style="padding-left: 40px;">b: emisiones (ton/año) de PM₁₀, NO_x y COV, línea base, año 2011</p> <p>La variable es a, debido a que cambian las emisiones de un año a otro.</p>
Fuente estadística	Inventario de emisiones año base 2011 y año base 2013.
Periodicidad	Bianual
Limitaciones del indicador	Este indicador muestra los resultados de la aplicación de varias acciones de política pública y de protección al ambiente, pero no de forma directa, por lo cual es necesario hacer la cuantificación de las emisiones de estas fuentes.

8.8 Indicador para el fortalecimiento de la gestión ambiental

Nombre	FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE LA DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS
Tipo de indicador	Institucional
Código	IISSE7
Descripción	<p>El objetivo principal de la creación del esquema de financiamiento para el ProAire es garantizar la obtención de recursos adicionales a los fondos de gobierno que permitan cumplir con los compromisos establecidos.</p> <p>Para la creación de un esquema de financiamiento se requerirá de la coordinación de los gobiernos federal, estatal y municipal, instituciones educativas y de investigación, asociaciones civiles y sector privado para definir la estructura organizacional con la que operará y que deberá considerar la conformación de un equipo técnico que coordine la preparación de proyectos susceptibles a ser financiados. Este indicador sirve para mostrar la eficiencia en la creación del esquema.</p>
Unidad de medida	Porcentaje
Método de cálculo	$PPA = \frac{1}{APPA} * 100$ <p>Siendo :</p> <p>PPA: Presentación del plan estratégico</p> <p>APPA: Avance del documento del PPA, variable, esta información debe ser reportada en valores decimales y estará asignado como: $0 \leq APPA \leq 1$</p>
Fuente estadística	Secretaría de Gestión Ambiental del Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
Periodicidad	Trimestral.
Limitaciones del indicador	No aplica.

8.9 Indicador para el fortalecimiento de la infraestructura y de los recursos humanos para mejorar la calidad del aire

Nombre	ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES (IE)
Tipo de indicador	Institucional
Código	IISSE8
Descripción	<p>Es necesario contar con una base de datos actualizada que describa cuantitativamente la generación de los contaminantes, para conocer el impacto de las emisiones producidas por cada una de las fuentes.</p> <p>Con ello se podrá garantizar la suficiencia de la información, incorporando más sectores en los grupos de fuentes de emisión en el inventario</p>
Unidad de medida	Elaboración del IE
Método de cálculo	$EIE = AIE$ <p>Siendo :</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>EIA</i>: Elaboración del inventario de emisiones</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>AIE</i>: Avances en la elaboración del inventario de emisiones (el reporte se hará bianualmente)</p> <p>La variable <i>EIE</i>, se reportará con respecto a las actividades instrumentadas con respecto al tiempo.</p>
Fuente estadística	Secretaría de Gestión Ambiental del Gobierno del Estado de San Luis Potosí
Periodicidad	Bianual
Limitaciones del indicador	No describe las actividades específicas que se han realizado para la elaboración del inventario de emisiones.

9. Proyecciones de Emisiones

9.1 Introducción

El inventario de emisiones constituye el punto de partida para realizar las proyecciones de emisiones en un periodo determinado. Al hablar de proyección de emisiones, se hace referencia a la estimación a futuro del nivel de emisión de contaminantes mediante el uso de métodos matemáticos tales como la extrapolación condicionada por variables de control y crecimiento. La determinación de escenarios futuros de emisiones constituye una herramienta de gran utilidad no sólo para la proyección de emisiones, sino también para valorar la introducción de políticas ambientales orientadas a la reducción de emisión de contaminantes así como para evaluar comparativamente las alternativas consideradas. Entonces, más allá de valorar la introducción nuevas políticas ambientales, las proyecciones suelen ser un elemento de análisis para restablecer el grado de penetración y reducción con el fin de conceder un grado de efectividad mayor a las medidas y acciones de un Plan de Gestión Ambiental.

En la medida de lo posible, es necesario conocer también la relación costo/beneficio de los escenarios que se plantean para determinar las medidas que resultan más apropiadas para alcanzar los objetivos ambientales al menor costo posible.

En cualquier procedimiento de proyección de emisiones importante definir el tipo de escenarios a evaluar, dado que cada uno de ellos incluirá distintas consideraciones que afectarán directamente la tendencia de emisión de contaminantes. Intervienen también otras variables que será necesario incluir como son los *factores de crecimiento* como los económicos o poblacionales así como los *factores de control* que se refieren a los mecanismos regulatorios desarrollados para la reducción de contaminantes. Los factores de control, generalmente cuentan con un calendario de introducción al sector que se pretende reducir sus emisiones.

Cabe mencionar que los factores de control y crecimiento (descritos a detalle en la sección de Metodología) varían de acuerdo a la legislación de cada región, por lo que se recomienda de ser posible, utilizar factores específicos de la región para cada una de las fuentes emisoras consideradas en el inventario de emisiones que se utilizará como base para las proyecciones. Con base en las consideraciones de los distintos factores, es posible establecer los escenarios a evaluar.

9.2 Tipos de escenarios

Un punto fundamental durante la planeación para la realización de proyecciones es definir los tipos de escenarios. Éstos serán analizados de acuerdo a los factores de crecimiento y control así como las distintas variables de actividad que intervienen en la etapa de planeación. Para evitar plantear escenarios excesivos carentes de interés y homogeneizarlos, se plantean dos escenarios *tipo* de acuerdo a los principios del programa Clean Air For Europe (CAFE²²):

Escenario Tendencial (Línea Base). Refleja la situación a futuro de las emisiones de contaminantes en caso de que las actividades mantengan la misma tendencia observada en el pasado sin la aplicación de medidas que restrinjan las emisiones.

Escenario Base (Escenario considerando los Factores). Este escenario refleja la situación a futuro más probable de una actividad determinada, en donde se asume el cumplimiento de la legislación, medidas y planes de un sector determinado.

Pueden plantearse tantos escenarios como se requiera en el análisis, sin embargo los dos anteriores facilitan la interpretación de resultados aditivos, comparables y coherentes.

²² <http://gains.iiasa.ac.at/index.php/policyapplications/cape-clean-air-for-europe>

9.2.1 Consideraciones generales para los escenarios

Durante la planeación de los escenarios, es conveniente tomar en cuenta los diversos aspectos que influyen en la definición de cada uno de ellos y que dan lugar a distintos resultados durante la evaluación de escenarios:

- **Programas administrativos.** Se refieren a la consideración de documentos oficiales sobre la viabilidad de acciones encaminadas a la reducción de emisiones.
- **Legislación.** Normatividad de reducción de emisiones aplicable al sector que ya se encuentra en vigor o se pretende introducirla en un futuro cercano.
- **Datos socioeconómicos.** Variables sociales y económicas que influyen directamente en el grado de actividad de un sector determinado.
- **Tecnología.** Se refiere a las opciones tecnológicas disponibles y aplicables a cada sector para la reducción de emisiones.
- **Estadísticas.** Son útiles cuando se requiere conocer el comportamiento a futuro de datos históricos bajo el supuesto de que seguirán el mismo comportamiento a lo largo del periodo deseado.
- **Prospectivas.** Se refieren a las estimaciones de producción o consumo de bienes a futuro.

Los elementos anteriores constituyen herramientas para determinar su aplicación como factores de control o de crecimiento.

9.3 Escenarios propuestos

Para este análisis, se consideró solamente el Escenario Tendencial ya que para el Escenario Base, es necesario contar con las reducciones esperadas por cada estrategia del ProAire, mismas que deben ser consensadas con las autoridades para conocer el nivel de cumplimiento y de financiamiento requerido para su implementación.

9.4 Metodología

Con base en la metodología descrita en la *Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones* del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, se desarrollaron las proyecciones de emisiones del inventario para San Luis Potosí con año base 2011.

Como punto de partida y para conocer los fundamentos y consideraciones que inciden sobre la proyección de emisiones, se debe considerar la ecuación básica de la estimación de emisiones:

$$\text{Enc} = \text{DA} * \text{FE} \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

Dónde:

Enc =	Emisiones no controladas	(Mg/año)
DA =	Dato de actividad recorridos, etc.)	(p.ej., población, kilómetros)
FE =	Factor de Emisión (masa de contaminante/unidad de tasa de actividad)	

El *Dato de Actividad* dependerá del tipo de fuente de emisiones que se esté evaluando. Por ejemplo, para las fuentes industriales el Dato de Actividad puede referirse al nivel de producción anual, o el Producto Interno Bruto; para las fuentes móviles puede ser la cantidad de kilómetros recorridos por un vehículo (VKT). En muchos casos se deben aplicar factores de conversión para transformar los

valores de consumo o de producción reportados en unidades que correspondan a las unidades del factor de emisión.

El *Factor de Emisión* se refiere a la relación existente entre la cantidad emitida de un contaminante y una unidad de actividad. Los factores de emisión por lo general, se dividen en dos categorías: aquellos que están basados en procesos y los que se basan en datos censales. Los primeros son usados para la estimación de las emisiones de fuentes industriales. Los factores de emisión basados en datos censales, se utilizan para la estimación de emisiones de las fuentes de área. En cuanto a los factores de emisión para las fuentes móviles, existen modelos como el MOBILE 6 México que los calculan de acuerdo a las condiciones prevalecientes en la zona de estudio.

Como se mencionó anteriormente, existen otros factores que afectan las proyecciones de emisiones: los *Factores de Control* y los *Factores de Crecimiento* descritos a continuación.

9.4.1 Factores de control

Los Factores de Control son un elemento de interés que deben ser incorporados en la estimación de las proyecciones de emisiones, ya que mediante ellos se incorporarán los efectos de las normas o políticas ambientales para la reducción de las emisiones a futuro. Es conveniente reflejar sus efectos de acuerdo al año en que vayan a entrar en vigor. Por otro lado, los inventarios de emisiones de la línea base no incluyen dichos efectos aunque sí reflejan la reducción debida a equipos de control y normas que ya se encuentran en vigor.

Retomando los conceptos básicos para la estimación de emisiones e incorporando las restricciones de los Factores de Control, se tiene la siguiente ecuación para ponderarlos sobre una emisión determinada:

$$E_c = E_{nc} * \left(1 - \frac{EC}{100}\right) \dots \dots \dots Ec. 2$$

Dónde:

E_c = Emisiones controladas (Mg/año)
 E_{nc} = Emisiones no controladas (Mg/año)
 EC = Eficiencia de control (%)

Cabe señalar que la eficiencia de control se refiere al porcentaje de contaminantes que será reducido por diversos mecanismos como la implementación de nuevas normatividades, dispositivos de control instalados en equipos, etc. Sin embargo, existen parámetros adicionales que deben ser incorporados en la ecuación anterior con el fin de cuantificar mejor la reducción de emisiones:

- Efectividad de la Regla (ER). Considera el potencial de una norma o programa de regulación para reducir las emisiones. Es difícil determinar la ER resultante o estimada para cada uno de los distintos esfuerzos en la reducción de emisiones, por lo que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés), sugiere establecer un valor porcentual predeterminado de 80% es decir, 0.80. Si la normatividad o programas regulatorios se cumplen cabalmente, entonces la ER tendrá un valor de 100%. En caso de que existan datos más precisos acerca de la ER, es necesario sustituirlos por el valor predeterminado.
- Penetración de la Regla (PR). Hablando de las diversas fuentes que integran una categoría del inventario de emisiones (por ejemplo las fuentes de área), la PR se refiere al grado de alcance de la normatividad o programas de regulación en las partes que integran la categoría, es decir, las partes o categorías de fuentes emisoras que serán afectadas por la normatividad que se implementará en años posteriores al año base. Por ejemplo, la normatividad puede indicar que un tipo de solventes con menor contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV) debe ser utilizado en talleres mecánicos. Para cualquiera de las categorías de los inventarios de emisiones, debe determinarse la PR de acuerdo a las condiciones y variables que serán incluidas en la proyección de emisiones. En el caso de que la PR incluya la totalidad de las fuentes que incluyan una categoría del inventario, la PR será igual al 100% (1).

Los parámetros de ER y PR deben ser incorporados en la ecuación básica de la estimación de emisiones controladas:

$$E_c = E_{nc} * \left(1 - \frac{EC}{100} * ER * PR\right) \dots \dots \dots \text{Ec. 3}$$

Dónde:

- E_c = Emisiones controladas (Mg/año)
- E_{nc} = Emisiones no controladas (Mg/año)
- EC = Eficiencia de control (%)
- ER = Efectividad de la regla (%)
- PR = Penetración de la regla (%)

9.4.2 Factores de crecimiento

Generalmente estos factores están relacionados directamente con distintas variables como el crecimiento económico, industrial, poblacional, de transporte, entre otros. Estos datos que frecuentemente se refieren a indicadores básicos, pueden ser obtenidos a través de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) o de estudios específicos. Dependiendo del tipo de fuente, se utilizarán distintos tipos de factores de crecimiento. Por ejemplo, para el caso de las fuentes móviles, los parámetros que pueden ser considerados para la proyección de emisiones se refiere a la tasa de crecimiento vehicular o la actividad promedio referida en kilómetro recorridos por vehículo (VKT por sus siglas en inglés).

De este modo, la ecuación básica estimar la proyección de emisiones en periodos multianuales considerando únicamente factores de crecimiento es la siguiente:

$$E_p = E_b * \left(1 + \frac{\%per}{100}\right)^Y \dots \dots \dots \text{Ec. 4}$$

Donde:

- E_p = Emisiones de uno o varios años (Mg/año)
- E_b = Emisiones durante el año base (Mg/año)
- Y = Número de años del periodo
- %per = Crecimiento anual

Por lo tanto, tomando en consideración los factores de control y de crecimiento en conjunto, las proyecciones consideradas en este documento incluyen ambos con el fin de considerar todas las posibles variables que intervengan en el crecimiento de las emisiones. Por lo tanto, la expresión que incluye los dos factores es la siguiente:

$$E_c = E_{nc} * \left(1 - \frac{EC}{100} * ER * PR\right) * \left(1 + \frac{\%per}{100}\right)^y \dots\dots\dots Ec. 5$$

Dónde:

- Ec = Emisiones controladas (Mg/año)
- Enc = Emisiones no controladas (Mg/año)
- EC = Eficiencia de control (%)
- ER = Efectividad de la regla (%)
- PR = Penetración de la regla. (%)
- %per = Crecimiento anual
- y = Número de años del periodo

9.5 Consideraciones para la línea base

El periodo de tiempo considerado para la proyección de emisiones es el año 2020, debido a que en este periodo es factible implementar las medidas propuestas y medir sus efectos en la reducción de emisiones. La proyección corresponde a las emisiones que ocurrirían en la zona de estudio en caso de continuar con la tendencia que se ha observado; es decir, al postergarse la implementación de las medidas propuestas, los beneficios ambientales que ocurrirían para las fuentes consideradas, también son demorados.

9.5.1 Consideraciones para las fuentes móviles

Para las proyecciones de la línea base se considera lo siguiente:

- Rendimientos de combustible de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y de la Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026.
- Composición de la flota vehicular de acuerdo a la base de datos de vehículos de motor registrados en circulación (BDVMRC) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Tasa de crecimiento de la flota vehicular de acuerdo a la BDVMRC y a las ventas anuales del Informe del Mercado de Automóviles en México de la Secretaría de Economía. Se considera que la flota vehicular de automóviles ligeros crece a un ritmo anual de 3.5%, la flota de vehículos de pasajeros crece a una tasa anual de 2.8%, los vehículos de carga a una tasa anual de 0.7% y las motocicletas a una tasa anual de 0.8%.
- Reformulación de combustibles diesel/gasolina:
 - La NOM_086_SEMARNAT_SENER_SCFI_05 establece un calendario de introducción de combustibles de bajo azufre para toda la República Mexicana.

9.5.2 Consideraciones para las fuentes de área

Para las proyecciones de la línea base se considera lo siguiente:

- Tendencia de crecimiento en la demanda de gas licuado de petróleo de acuerdo con la Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2010-2025.
- Tendencia de crecimiento en la demanda de gas natural de acuerdo con la Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2010-2025.
- Tendencia de crecimiento poblacional de acuerdo al Consejo Nacional de Población.
- Tendencia de crecimiento poblacional de acuerdo con el Consejo Nacional de Población.
- Tendencia de crecimiento en la demanda de gasolinas de acuerdo con la Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026.

- Tendencia de crecimiento en la demanda de diesel de acuerdo con la Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026.
- Tendencia de crecimiento en la demanda de turbosina de acuerdo con la Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026.
- Tendencia de crecimiento del producto interno bruto del sector de servicios de acuerdo con el Sistema de Cuentas Nacionales de México-Producto Interno Bruto por entidad federativa.
- Tendencia de crecimiento de la flota vehicular para el transporte de pasajeros de acuerdo con la BDVMRC del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

9.5.3 Consideraciones para las fuentes fijas

Para las proyecciones de la línea base se considera lo siguiente:

- Tendencia de crecimiento del producto interno bruto del sector industrial de acuerdo con el Sistema de Cuentas Nacionales de México-Producto Interno Bruto por entidad federativa.

9.5.4 Consideraciones para las fuentes naturales

No se encontró información suficiente para determinar la proyección de emisiones de las fuentes por erosión y fuentes biogénicas. Por lo anterior, no se consideraron cambios en las emisiones de estas fuentes.

9.6 Resultados

Con base en la metodología, emisiones del escenario base y consideraciones mencionadas anteriormente, se espera que las emisiones al año 2020 sean las siguientes:

9.6.1 Fuentes móviles

Tabla 9.1 Línea base de emisiones, 2011 (Ton/año)

Tipo de vehículo	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Auto particular	33.50	19.30	254.50	59,498.90	5,517.30	2,330.90	381.70
Pick up	42.80	27.20	268.30	75,439.50	5,474.00	3,523.90	308.30
Motocicletas	17.00	9.60	25.20	13,349.20	421.10	1,573.30	12.70
Tractocamiones	163.70	139.70	155.00	55,228.30	12,014.00	3,402.30	17.60
Vehículos > 3 ton	15.00	10.40	41.90	13,559.50	1,231.50	442.00	8.80
Vehículos < 3 ton	17.10	13.40	75.60	20,909.80	1,467.60	1,055.30	58.90
Taxis	1.90	1.10	16.20	1,677.60	175.40	73.80	24.40
Autobús urbano	84.00	76.30	93.90	9,567.80	9,403.60	973.80	4.20
Microbús y combi	1.70	1.10	5.00	2,827.80	186.20	114.70	2.10
TOTAL	376.70	298.10	935.60	252,058.40	35,890.70	13,490.00	818.70

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario Estatal de Emisiones para la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2011.

Tabla 9.2 Línea base de emisiones, 2020 (Ton/año)

Tipo de vehículo	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Auto particular	42.90	24.72	325.93	76,199.32	7,065.92	2,985.15	488.84
Pick up	56.19	35.71	352.26	99,047.30	7,187.02	4,626.66	404.78
Motocicletas	18.20	10.28	26.98	14,289.97	450.78	1,684.18	13.60
Tractocamiones	173.18	144.09	163.98	58,426.31	12,709.67	3,599.31	18.62
Vehículos > 3 ton	15.86	11.00	44.30	14,336.36	1,302.06	467.32	9.30
Vehículos < 3 ton	18.16	14.18	80.28	22,205.31	1,558.53	1,120.68	62.55
Taxis	2.59	1.50	22.05	2,283.91	238.79	100.47	33.22
Autobús urbano	107.78	97.68	120.49	12,276.77	12,066.08	1,249.52	5.39
Microbús y combi	2.18	1.41	6.42	3,628.61	238.93	147.18	2.69
TOTAL	437.04	340.56	1,142.69	302,693.87	42,817.77	15,980.47	1,038.99

Fuente: Elaboración propia para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2013-2016.

Con la información disponible para realizar las proyecciones de la línea base de las fuentes móviles, se estima que las emisiones de los vehículos particulares crecerán en un 28.1%, las emisiones de los autobuses urbanos crecerán en un 28.3%, las emisiones de los tractocamiones aumentarán en un 5.7% y la de los taxis en un 36.1%.

9.6.2 Fuentes de área

Tabla 9.3. Línea base de emisiones, 2011 (Ton/año)

Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO _x	COV	SO ₂	NH ₃
Actividades de construcción	724.4	150.57	NA	NA	NA	NA	NA
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	32.08	NA	NA
Almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	2,034.85	NA	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5,001.04
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	1,956.81	NA	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	1,224.39	NA	NA
Asado al carbón	211.52	168.82	421.09	7.76	27.17	NE	NE
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	893.02	NA	NA
Combustión agrícola Diesel	616.96	616.96	1,887.16	8,768.03	2.9	576.31	NE
Combustión agrícola_GLP	0.69	0.69	3.86	22.76	0.39	NS	NE
Combustión agrícola_Queroseno	0.11	0.11	0.34	1.57	NS	0.1	NE
Combustión comercial_GLP	2.4	2.4	13.44	79.23	1.36	NS	NE
Combustión comercial_GN	0.2	0.2	2.18	2.6	0.14	0.02	0.01
Combustión doméstica_GLP	18.95	18.95	106.11	625.32	10.74	0.01	NE
Combustión doméstica_GN	0.82	0.82	9.01	10.72	0.59	0.06	0.05

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO _x	COV	SO ₂	NH ₃
Combustión doméstica_Leña	9,831.88	9,465.15	71,778.42	738.81	65,072.28	113.66	NE
Combustión doméstica_Queroseno	0.02	0.02	0.51	1.82	0.07	0.5	0.06
Combustión industrial_Diesel	12.94	3.23	64.68	258.72	2.59	0.7	10.35
Combustión industrial_GLP	1.52	1.52	8.5	50.11	0.86	NS	NE
Combustión industrial_GN	NS	NS	0.03	0.03	NS	NS	NE
Corrales de engorda	106.79	12.2	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,364.75
Emisiones ganaderas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	22,192.55
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	2.86	NA	NA
Incendios en construcciones	11.07	10.34	175.83	4.19	10.91	NA	NE
Incendios forestales	2,929.45	2,481.39	29,377.61	830.76	2,052.79	253.9	294.85
Labranza agrícola	3,713.10	823.19	NA	NA	NA	NA	NA
Ladrilleras	181.81	173.44	1,318.17	20.19	1,192.27	59.69	NE
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	291.25	NA	NA
Limpieza de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	4,492.50	NA	NA
Manejo y distribución de GLP	NA	NA	NA	NA	6,793.79	NA	NA
Panificación tradicional	NA	NA	NA	NA	117	NA	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	490.08	NA	NA
Pintura para señalización	NA	NA	NA	NA	138.22	NA	NA
Quemas agrícolas	2,499.48	2,386.30	17,912.96	705.83	1,686.76	95.89	283.02
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	5,499.46	NA	NA
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	515.35	NA	NA

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

Sector	PM10	PM2.5	CO	NOx	COV	SO2	NH3
Terminales de autobuses	0.64	0.58	59.14	104.47	5.28	1.01	0.04
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	12,108.68	NA	NA
Aviación	0.1	0.1	42.85	14.88	4.04	3.03	NE
Equipos auxiliares en el aeropuerto	0.07	0.07	25.93	2.43	0.84	0.07	NE
Locomotoras	64.93	58.34	258.77	2,611.83	100.92	22.93	NE
TOTAL	20,929.9	16,375.4	123,466.6	14,862.1	106,763.2	1,127.9	31,146.7

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Emisiones para la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2011.

Tabla 9.4. Proyección de emisiones, 2020 (Ton/año)

Sector	PM10	PM2.5	CO	NOx	COV	SO2	NH3
Actividades de construcción	820.96	170.64	NA	NA	NA	NA	NA
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	36.36	NA	NA
Almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	3,709.64	NA	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5,821.38
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	2,277.79	NA	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	1,425.23	NA	NA
Asado al carbón	239.71	191.32	477.22	8.79	30.79	NE	NE
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	1,012.05	NA	NA
Combustión agrícola_Diesel	1,115.32	1,115.32	3,411.54	15,850.51	5.24	1,041.83	NE
Combustión agrícola_GLP	0.66	0.66	3.69	21.76	0.37	NS	NE
Combustión agrícola_Queroseno	0.13	0.13	0.41	1.91	NS	0.12	NE
Combustión comercial_GLP	2.29	2.29	12.85	75.74	1.30	NS	NE
Combustión comercial_GN	0.22	0.22	2.38	2.84	0.15	0.02	0.01

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

Sector	PM10	PM2.5	CO	NOx	COV	SO2	NH3
Combustión doméstica_GLP	18.11	18.11	101.43	597.74	10.27	0.01	NE
Combustión doméstica_GN	0.90	0.90	9.85	11.72	0.65	0.07	0.05
Combustión doméstica_Leña	10,752.98	10,351.90	78,503.00	808.03	71,168.59	124.31	NE
Combustión doméstica_Queroseno	0.02	0.02	0.58	2.06	0.08	0.57	0.07
Combustión industrial_Diesel	23.39	5.84	116.93	467.70	4.68	1.27	18.71
Combustión industrial_GLP	1.45	1.45	8.13	47.90	0.82	NS	NE
Combustión industrial_GN	NS	NS	0.03	0.03	NS	NS	NE
Corrales de engorda	129.60	14.81	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,813.24
Emisiones ganaderas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,150.63
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	47.35	NA	NA
Incendios en construcciones	12.55	11.72	199.27	4.75	12.36	NA	NE
Incendios forestales	2,929.45	2,481.39	29,377.61	830.76	2,052.79	253.90	294.85
Labranza agrícola	4,208.02	932.91	NA	NA	NA	NA	NA
Ladrilleras	206.04	196.56	1,493.87	22.88	1,351.19	67.65	NE
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	339.02	NA	NA
Limpieza de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	5,229.42	NA	NA
Manejo y distribución de GLP	NA	NA	NA	NA	6,494.11	NA	NA
Panificación tradicional	NA	NA	NA	NA	136.19	NA	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	570.47	NA	NA
Pintura para señalización	NA	NA	NA	NA	156.64	NA	NA
Quemas agrícolas	3,033.29	2,895.93	21,738.57	856.57	2,047.00	116.37	343.46
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	6,232.49	NA	NA
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	599.88	NA	NA

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de
San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO _x	COV	SO ₂	NH ₃
Terminales de autobuses	0.82	0.74	75.83	133.95	6.77	1.29	0.05
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	13,722.66	NA	NA
Aviación	0.14	0.14	60.99	21.18	5.75	4.31	NE
Equipos auxiliares en el aeropuerto	0.13	0.13	46.88	4.39	1.52	0.13	NE
Locomotoras	117.38	105.46	467.79	4,721.57	182.44	41.45	NE
TOTAL	23,613.57	18,498.60	136,108.83	24,492.78	118,872.09	1,653.29	35,442.45

Fuente: Elaboración propia para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2013-2016.

Las actividades relacionadas con el uso de diesel, como la combustión agrícola de diesel y las locomotoras, tendrán un aumento de emisiones hasta en un 80.8% en el año 2020.

Por otro lado, cabe resaltar que las actividades que están relacionadas con el uso de gas licuado de petróleo, tendrán una reducción de emisiones ya que la tasa esperada del uso de este combustible tendrá una reducción anual de 0.5%. Por ejemplo, la categoría de combustión doméstica de gas licuado de petróleo, tendrá una reducción de 4.4% en el año 2020.

9.6.3 Fuentes fijas

Tabla 9.5. Línea base de emisiones, 2011 (ton/año)

Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Cemento y Cal	1,405.62	1110.75	5,380.17	5,154.18	2,805.63	13.57	0.55
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	0.46	0.08	0	0	0	0	0
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	502.01	418.84	276.66	117.95	139.92	15.71	4.73
Generación de energía eléctrica	5,815.76	4479.05	113,983.50	2,738.25	16,650.94	192.55	135.89
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	1.66	0.95	1.55	1.37	5.47	0.05	0.22
Hospitales	0.01	NS	0.08	0.07	0.3	NS	0.01
Hoteles	0.02	0.02	NS	0.24	0.42	NS	NS
Servicios	0.06	0.06	NS	NS	NS	0.41	NS
Industria alimenticia	6,921.72	3982.15	1330.27	1,379.84	945.96	25.37	2.29
Industria textil	7.77	5	170.51	10.74	32.91	1.07	0.34
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	1.68	1.23	89.16	5.11	13.41	1100.52	0.29
Celulosa y papel	206.4	157.58	3,254.85	223.96	1130.97	25.46	3.61
Fabricación de productos y artículos de plástico	35.87	25.44	NS	0.19	0.2	34.34	0.01
Petróleo y petroquímica	0.04	NS	0.03	0.11	0.51	47.2	NS
Química	32.74	21.56	351.52	9.97	41.16	125.59	0.75
Elaboración de concreto premezclado	6.61	4.05	NS	NS	0.01	NS	NS
Fabricación de artículos y productos de cerámica, arcilla o similares	NS	NS	NS	0.05	0.06	NS	NS
Vidrio	266.72	262.19	1.03	144.57	1016.65	9.47	5.53
Fabricación de artículos y productos metálicos	3.06	0.73	2.45	8.18	37.28	1.13	NS

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Maquila de acabado y pintado de piezas metálicas y de otros materiales	0.27	0.2	NS	0.46	0.27	1.05	0.02
Automotriz	117.13	90.76	706.84	47.6	130.38	603.05	2.36
Producción de aparatos, equipos y/o accesorios eléctricos y/o electrónicos	4.8	2.55	2.41	27.83	70.92	37.42	0.69
TOTAL	15,330.41	10,563.19	125,551.03	9,870.67	23,023.37	2,233.96	157.29

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Emisiones para la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2011.

Tabla 9.6. Proyección de emisiones, 2020 (Ton/año)

Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Cemento y Cal	1,471.47	1,162.79	5,632.22	5,395.64	2,937.07	14.21	0.58
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	0.48	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	525.53	438.46	289.62	123.48	146.47	16.45	4.95
Generación de energía eléctrica	9,189.00	7,076.98	180,095.88	4,326.48	26,308.77	304.23	214.71
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	1.74	0.99	1.62	1.43	5.73	0.05	0.23
Hospitales	0.01	NS	0.09	0.08	0.35	NS	0.01
Hoteles	0.02	0.02	NS	0.28	0.49	NS	NS
Servicios	0.07	0.07	NS	NS	NS	0.48	NS
Industria alimenticia	8,738.85	5,027.57	1,679.50	1,742.08	1,194.30	32.03	2.89
Industria textil	8.64	5.56	189.67	11.95	36.61	1.19	0.38
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	2.16	1.58	114.74	6.58	17.26	1,416.23	0.37
Celulosa y papel	217.16	165.79	3,424.46	235.63	1,189.90	26.79	3.80
Fabricación de productos y artículos de plástico	37.74	26.77	NS	0.20	0.21	36.13	0.01
Petróleo y petroquímica	0.04	NS	0.03	0.12	0.54	49.66	NS
Química	34.45	22.68	369.84	10.49	43.30	132.13	0.79

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez 2013-2017

Sector	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COV	NH3
Elaboración de concreto premezclado	9.76	5.98	NS	NS	0.01	NS	NS
Fabricación de artículos y productos de cerámica, arcilla o similares	NS	NS	NS	0.07	0.09	NS	NS
Vidrio	393.72	387.03	1.52	213.41	1,500.72	13.98	8.16
Fabricación de artículos y productos metálicos	5.03	1.20	4.03	13.45	61.29	1.86	NS
Maquila de acabado y pintado de piezas metálicas y de otros materiales	0.44	0.33	NS	0.76	0.44	1.73	0.03
Automotriz	149.10	115.53	899.79	60.59	165.97	767.67	3.00
Producción de aparatos, equipos y/o accesorios eléctricos y/o electrónicos	6.11	3.25	3.07	35.43	90.28	47.63	0.88
TOTAL	20,791.53	14,442.67	192,706.07	12,178.14	33,699.80	2,862.43	240.80

Fuente: Elaboración propia para el Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2013-2016.

De acuerdo al crecimiento en la participación del sector industrial en el producto interno bruto del Estado, los sectores que tendrán un crecimiento mayor en la emisión de contaminantes en el año 2020 son:

- Fabricación de artículos y productos metálicos así como la maquila de acabado y pintado de piezas metálicas con un 64.4%
- Generación de energía eléctrica con un 58%
- Industria química, industria del vidrio y fabricación de artículos de cerámica con un 47.6%.
- Industria del papel y cartón y la industria automotriz con un 28.7%.

9.6.4 Fuentes naturales

Tabla 9.7. Línea base de emisiones, 2011 (Ton/año)

Fuente	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Biogénicas	NA	NA	NA	NA	1,426.00	5,388.00	NA
Erosivas	123.80	NE	NA	NA	NA	NA	NA
TOTAL	123.80	0.00	0.00	0.00	1,426.00	5,388.00	0.00

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Emisiones para la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2011.

Como se mencionó anteriormente, se consideró que las emisiones de las fuentes naturales no tienen cambio debido a la falta de información para desarrollar la proyección al año 2020.

10. GLOSARIO

Año base. Año de referencia para calcular los elementos necesarios y conocer la cantidad de emisiones generadas.

Atmósfera. Capa gaseosa que rodea la Tierra. Se extiende alrededor de 100 kilómetros por encima de la superficie terrestre.

Calidad del aire. Análisis de los distintos elementos presentes en el aire con el fin de determinar la idoneidad de sus concentraciones sin causar daños a los organismos o materiales.

Combustión. Reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Concentración. Magnitud que expresa la cantidad de una sustancia por unidad de volumen.

Contaminante atmosférico. Sustancia presente en el aire que en altas concentraciones puede causar daños a organismos o materiales.

Control de emisiones. Conjunto de medidas o equipos orientadas a la reducción de emisiones de contaminantes al aire.

Emisión. Descarga de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes de emisión naturales o antropogénicas.

Factor de emisión. Relación observada entre la cantidad emitida de contaminante y energía consumida.

Fuentes de área. Representan a todas aquellas fuentes de emisión que son muy pequeñas, numerosas y dispersas, lo cual dificulta que puedan ser incluidas de como fuentes puntuales.

Fuentes fijas. Son establecimientos industriales que liberan emisiones en puntos fijos.

Fuentes móviles. Cualquier vehículo que utiliza combustibles fósiles para su propulsión.

Fuentes móviles no carreteras. Incluyen todo el equipo automotor o portátil cuya operación en caminos públicos está prohibida. Como ejemplos de esta categoría está el equipo utilizado en actividades de construcción y agrícolas, aeronaves, locomotoras y embarcaciones marítimas comerciales.

Inventario de emisiones. Relación de cantidades de emisiones contaminantes de acuerdo a su fuente emisora.

Medio ambiente. Sistema constituido por elementos bióticos y artificiales en modificación permanente por elementos naturales o por el hombre que rigen la existencia del mismo.

Programa de Calidad del Aire. Documento que enlista estrategias, medidas y acciones para controlar o reducir las emisiones originadas por las distintas fuentes.

Uso de suelo. Propósito específico al que está asignado un terreno o área.

11. REFERENCIAS

Bibliografía

- Albert, L. *Curso básico de toxicología ambiental*. Noriega editores, México. 1995.
- Blagden, P. *New Concepts in Air Quality Indices-Linkage to Health Effects*. Environmental Canada. Meteorological Service of Canada. Upwind Downwind Conference, Hamilton, March 30. 2008.
- CEPAL, Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.
- CEPAL, Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas, Cepal, Santiago de Chile, 2001.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. México. 2007.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Síntesis Ejecutiva de la Estrategia Nacional de Cambio Climático*. México. 2007.
- Diario Oficial de la Federación. *Creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático*. México. 25 de abril de 2005.
- DOF, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, DOF, 2008.
- DOF, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, DOF, 2008.
- DOF, 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, DOF, 2004.
- Escobar L., Indicadores sintéticos de calidad ambiental: Un modelo general para grandes zonas urbanas, Eure, agosto, año/vol XXXII, número 096, 2006.
- ERG. *Desarrollo de proyecciones para el inventario nacional de emisiones de México para el 2008 , 2012 y 2030*. México, 2009.
- Espinosa M. *Revisión y estructuración de los manuales de monitoreo atmosférico para fortalecer la operación y mantenimiento de las redes de*

monitoreo de la calidad del aire que operan en el país, Instituto Nacional de Ecología. 2007.

- Guttman Sterimberg E., *Diseño de un sistema de indicadores socio ambientales para el Distrito Capital de Bogotá*, CEPAL, 2004.
- INE, 2007. *Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas*. México, D.F. 2007.
- INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México-Producto Interno Bruto por entidad federativa*. México, 2011.
- INEGI. *Delimitación de zonas metropolitanas de México*. México. 2004.
- INEGI. *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. México. 2009.
- INEGI. *Atlas. Situación actual de la división político-administrativa interestatal. Estados Unidos Mexicanos*. México. 2006.
- INEGI. *Delimitación de zonas metropolitanas de México*. México. 2004.
- Molina, M. *La Calidad del Aire en la Megaciudad de México, un enfoque integral*. Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- PNUMA. *Manual de ciudadanía ambiental global*. México. 2005.
- Poder Ejecutivo Federal. *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Anexos*. México. 2009.
- Poder Ejecutivo Federal. *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Capítulos*. México. 2009.
- SEMARNAT. *México, Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. INE_SEMARNAT. 2009.
- SENER. *Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026*. México.
- SENER. *Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2010-2025*. México.
- SENER. *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2010-2025*. México.
- Vega, E. *Estudio integral de partículas atmosféricas en la Ciudad de México*. Instituto Mexicano del Petróleo, México. 2004.

Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-020-SSA1-1993: “Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valor normado para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población”.
- NOM-021-SSA1-1993: “Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población”.
- NOM-022-SSA1-2010: “Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población”.
- NOM-023-SSA1-1993: “Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población”.
- NOM-025-SSA1-1993: Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM₁₀ y partículas menores de 2.5 micrómetros PM_{2.5} de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.
- NOM-017-SSA-1998: Para la vigilancia epidemiológica.
- NOM_086_SEMARNAT_SENER_SCFI_05: Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.

Páginas electrónicas consultadas

- Áreas prioritarias por municipio (consultada en octubre de 2012):
<http://www.conafor.gob.mx/anexos2010proarbol/?estado=27&sel=0>
- Banco de Información Económica de INEGI (consultada en septiembre de 2012): <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVM1003300070>
- Banco Nacional de Datos Climatológicos (consultada en septiembre de 2012):
<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/normales.html>
- Conjunto de datos vectoriales (consultada en septiembre de 2012):
http://mapserver.inegi.org.mx/data/inf_e1m/
- Censo de Población y Vivienda 2010 (consultada en septiembre de 2012):
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=10215&c=16851&s=est#>
- Diccionario de datos edafológicos (consultada en septiembre de 2012):
http://www.cp-idea.org/documentos/normasEspecificaciones/edaf_alf.pdf
- El cambio climático en México (consultada en octubre de 2012):
http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados.html
- Estadística Económica de vehículos de motor en circulación (consultada en abril 2012):
http://www.inegi.org.mx/lib/olap/General_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158
- Health Effects Institute (consultada en noviembre de 2012):
<http://www.healtheffects.org/>
- Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (consultado en octubre de 2012): <http://www.semarnat.gob.mx/temas/cambioclimatico/Paginas/pecc.aspx>
- Zonas Metropolitanas de México (consultada en septiembre de 2012):

http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/zonas_met.pdf

- Censo Poblacional de INEGI:
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
- Consejo Nacional de Población
<http://www.conapo.gob.mx/>
- Vehículos de motor registrados en circulación, INEGI:
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/vehiculos/>
- Science for Global Insight:
<http://gains.iasa.ac.at/index.php/policyapplications/cafe-clean-air-for-europe>
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía:
<http://www.conae.gob.mx/wb/>
- Secretaría de Economía
<http://www.economia.gob.mx/>

12. Anexo I. Indicadores sustentables

12.1 Indicadores Ambientales e Indicadores Sustentables

En las últimas tres décadas, se han presentado avances importantes en la agenda ambiental y de desarrollo sustentable en el mundo. Con una dinámica más lenta de la demanda que existe, pero hay avances que comprenden un desarrollo conceptual y científico, de institucionalidad, de diseño de políticas públicas, de educación y movimientos ciudadanos, de gestión ambiental, así como en los instrumentos de medición del progreso hacia el desarrollo sustentable.

Los indicadores sustentables se topan con obstáculos considerables en el avance conceptual y analítico, con debilidades institucionales que se reflejan en la disponibilidad de recursos para investigación y desarrollo, así como con dificultades derivadas de su doble función de representación y evaluación de la eficacia de la política pública y el compromiso ciudadano en el desarrollo de la sustentabilidad.

El desarrollo tanto de los indicadores ambientales como los indicadores de desarrollo sustentable (IA/IDS), se inicia a finales de la década de 1980 en Canadá y algunos países de Europa (CEPAL, 2007). El siguiente impulso, correspondió a la Cumbre de la Tierra, que en su Agenda 21 (en el capítulo 40), estipuló la necesidad de contar con información ambiental e indicadores de desarrollo sustentable para monitorear el avance en el desarrollo sustentable (UNEP, 2010). Por lo tanto, la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, junio 1992) creó la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) (ONU, 2010), con el objetivo de contribuir a monitorear el progreso hacia el desarrollo sustentable, por lo que dicha Comisión generó un programa de trabajo en IDS que fue importante en el desarrollo de hojas metodológicas y algunos conjuntos de indicadores de desarrollo sustentable en los países que participaron en la prueba piloto.

Aunque los indicadores ambientales se habían desarrollado con anterioridad, a partir de la reunión de Río y de los compromisos que asumen los gobiernos en la Agenda 21, y en particular del impulso dado por los IDS de la CDS, el trabajo que hasta ese momento se llevó a cabo era de carácter académico, comienza a posicionarse en los países, en el ámbito de las políticas públicas y en la agenda de las dependencias de medio ambiente y de los organismos públicos que desarrollan el tema de estadística y cuentas ambientales.

Con anterioridad, algunos países han trabajado de manera autónoma y proactiva en el desarrollo de sus indicadores. Su trabajo técnico, aunado al apoyo político y financiero, ha producido resultados que constituyen hasta el día de hoy un referente fundamental. Cabe aclarar que estos indicadores se enfocan a capturar las dinámicas ambientales que se presentan en cada país de estudio, las cuales corresponden a la dimensión ambiental del desarrollo sustentable.

Un segundo grupo de países ha estado avanzando liderados por el Programa de Trabajo de Naciones Unidas sobre indicadores de desarrollo sustentable, en el centro de la CDS. Estos países en primera instancia, llevaron el liderazgo de un amplio listado de 134 indicadores, de forma que para el año 2001 contaron con un conjunto probado y reducido de unos 58 IDS para referencia metodológica de los países.

La mayoría de los países que probaron los IDS de la CDS o los desarrollaron autónomamente, utilizaron el modelo Presión - Estado - Respuesta (PER) o Fuerza Motriz - Estado - Respuesta (FER), originalmente recomendado por la OECD y posteriormente adoptado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En menor medida, algunos países e iniciativas ordenan sus indicadores en metodologías nuevas de acuerdo a sus necesidades y prioridades en un esquema simple de tema y subtemas. La selección del marco ordenador en el que se difunden estructuradamente los conjuntos de indicadores es relevante, debido a que un conjunto de indicadores dispersos, no forman parte de un verdadero sistema de información eficaz, y no podría cumplir con su misión en forma efectiva frente a los usuarios y actores clave.

Desde su inicio, el trabajo de indicadores ha sido impulsado por esfuerzos internacionales de cooperación para el avance en los indicadores ambientales y de desarrollo sustentable, en particular el proyecto Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), así como en el desarrollo de indicadores que producen organismos de investigación, que tienen como mayor fortaleza la independencia y creatividad de sus propuestas, y como mayor desafío el que se logren implementar, para lo que se hace necesario no sólo contar con recursos técnicos y financieros, sino también con el apoyo político en cada país. Algunos investigadores han desarrollado propuestas importantes en cuanto a enfoques analíticos y marcos ordenadores, que son de particular importancia para capitalizar la potencia de los indicadores como instrumentos de monitoreo del impacto de las políticas públicas, y que son igualmente interesantes, como los que ha postulado la OECD y posteriormente en el Programa de Trabajo en IDS de la CDS.

En el caso de América Latina, se observan desarrollos cada vez más sólidos con respecto a indicadores ambientales y de desarrollo sustentable, que están siendo producidos por los organismos estadísticos oficiales o por las agencias gubernamentales de medio ambiente, siguiendo con la metodología probada de establecer plataformas inter-institucionales para su construcción y mantenimiento. Los países que ya han publicado y que de alguna manera mantienen sus conjuntos de indicadores son México, Brasil, Argentina, Panamá, Nicaragua, Chile, Costa Rica y Colombia; al tiempo que varios otros se encuentran en fase de proyecto de elaboración de sus conjuntos de indicadores tanto ambientales como de desarrollo sustentable.

Finalmente, algunos de los países de la región, están elaborando sistemas de indicadores, ya sean ambientales o de DS, siendo Argentina y Chile quienes han elaborado su sistema en forma nacional-regionalizada, en forma similar al caso Canadiense.

En paralelo a este proceso, ni el concepto de sustentabilidad, ni el de desarrollo sustentable, ni mucho menos la medición de estos mismos, cuentan con un consenso global, aunque se ha desarrollado profundamente la discusión sobre sus componentes. Este tema es de relevancia, la primera pregunta que debe responder un país que quiere diseñar e implementar indicadores ambientales o de desarrollo sustentable, es ¿de qué se está hablando cuando decimos sustentable?. La discusión central sería establecer qué proceso es el que se quiere sustentar en el tiempo, por ejemplo el proceso de desarrollo económico, el mejoramiento de la calidad de vida, la capacidad de los recursos naturales de proveer de ingreso económico, los modos de vida de los pueblos originarios, la biodiversidad, la gobernabilidad, entre otros. En la práctica, desde una perspectiva de políticas públicas, se trata de sostener el proceso de desarrollo basado en el crecimiento económico con mayor o menor criterio de equidad, incorporando un número determinado de categorías ambientales. Se trataría de ver cómo una unidad territorial dada (país o región) avanza en forma simultánea en la producción económica, la equidad social y la sustentabilidad ambiental.

Entendiendo las dinámicas ambientales, el desarrollo sustentable o el desarrollo de la sustentabilidad como un ámbito inmensamente complejo, transversal e intersectorial, resulta obvio que objetivar o medir si nos acercamos o nos alejamos de la meta es realmente difícil.

Por lo anterior, la mayor oportunidad de desarrollo en este tema continua siendo contribuir a la solución en los temas de integración de las dimensiones o componentes en un sistema, diseñando indicadores vinculantes o sinérgicos.

Hasta ahora, otras iniciativas internacionales de diseño que han intentado abordar la multidimensionalidad de la sustentabilidad, por lo general lo están trabajando desde la perspectiva de agregación, incorporando en índices variables relevantes, por ejemplo, el Índice de Sustentabilidad Ambiental (ESI por sus siglas en inglés) originado en el Foro Económico Mundial de Davos.

12.2 Indicadores ambientales e indicadores sustentables

Los indicadores ambientales y de desarrollo sustentable, constituyen un sistema de señales claras y oportunas sobre un determinado proceso ambiental. Construidos específicamente para los usuarios, constituyen un sistema de información selecta que permite a los países, los actores interesados (stakeholders) o bien a las comunidades de territorios específicos, según sea el caso, evaluar su progreso en cuanto a determinadas metas cuando éstas existen, o al menos con respecto a los niveles observados en un año base. Los indicadores ambientales, al igual que los económicos y sociales, permiten que los distintos actores y usuarios puedan compartir una base común de evidencias e información cuantitativa, selecta, procesada, descrita y contextualizada. Así, se facilita la objetivación de los procesos que es pertinente considerar a la hora de tomar decisiones, de intervenir y evaluar. En otras palabras, los indicadores son herramientas de objetivación de los procesos ambientales y de sustentabilidad del desarrollo. Dado que los desafíos ambientales y de sustentabilidad del desarrollo para los países de América Latina y el Caribe son mayúsculos y diversos, y que los recursos económicos y técnicos con que se cuenta son limitados, los indicadores constituyen una buena inversión para generar evidencias críticas dentro de los procesos de monitoreo, decisión e intervención. Esto así, porque la información depurada que despliegan, abre una plataforma de contenidos compartidos que puede respaldar una mejor comunicación y toma de decisiones, respecto de políticas públicas e intervenciones específicas, allí donde los problemas sean mayores, más críticos o más urgentes.

Esta potencia de los indicadores ha sido bien aprovechada en diversos ámbitos y por mucho tiempo, considérese su utilización en la generación de empresas privadas, en el manejo macroeconómico de los países, así como en el ámbito de las políticas y programas sociales. Basta plantearse la pregunta de ¿cómo podría operar una Secretaría de Salud, si no cuenta con los indicadores

correspondientes, para saber cómo puede priorizar y focalizar sus recursos escasos y mejorar la salud pública?

Sin embargo, dado que el tema del medio ambiente se ha posicionado más recientemente en la agenda pública y ciudadana de nuestra región y del mundo, tanto su vinculación con los procesos económicos y sociales, así como el desarrollo de Indicadores Ambientales, están siendo abordados en el mundo en los últimos quince años. Fundamentalmente desde la publicación del Informe “Nuestro Futuro Común”, más conocido como Informe Brundtland y la realización de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo en donde surge la Agenda 21.

12.2.1 Indicadores ambientales de primera generación (1980 - presente)

Los indicadores de primera generación corresponden a los que habitualmente reciben el nombre de indicadores ambientales o de sustentabilidad ambiental. Esta denominación se debe a que su desarrollo se produjo entre los años ochenta y la actualidad (dependiendo de la iniciativa), periodo en el que se han diseñado e implementado indicadores ambientales, los cuales, siendo de primera importancia, dan cuenta del fenómeno complejo desde un sector productivo (minería, agricultura, forestal), o bien desde la singularidad o desde un determinado número de fenómenos constitutivos de la complejidad ambiental (por ejemplo, conteniendo variables de contaminación y de recursos naturales). Como ejemplos, se tiene indicadores ambientales tales como cobertura boscosa del territorio, indicador de calidad del aire de una ciudad, indicador de contaminación de agua por coliformes, indicador de deforestación, de desertificación o de cambio de uso de suelo.

Aunque estos IA nos parezcan parciales, ya que no se explícita su relación con dinámicas socioeconómicas complejas, los indicadores puramente ambientales desarrollados en esta primera etapa son absolutamente necesarios, porque concentrarse en ésta dimensión implica diseñar e implementar indicadores ambientales que posiblemente antes no existían en el país en cuestión, pudiendo

avanzar hasta un nivel de rigurosidad y calidad similar a la de los indicadores económicos y sociales, que han sido instalados con anterioridad en los países. Sin embargo, con la progresiva incorporación del discurso del Desarrollo Sustentable, la potencia de los IA ha sido, tal vez injustamente, mirada como parcial e insuficiente, por lo que muchos países han optado por trabajar en el enfoque IDS.

No obstante, es importante continuar en el perfeccionamiento y desarrollo de indicadores de esta primera generación, debido a que éstos son imprescindibles para alimentar con rigurosidad la dimensión ambiental de los indicadores de segunda generación.

12.2.2 Indicadores de desarrollo sustentable o de segunda generación (1990 - presente)

La segunda generación de indicadores corresponde al desarrollo realizado desde el enfoque multidimensional del desarrollo sustentable. Se trata aquí de avanzar en el diseño e implementación de sistemas de IDS compuesto por indicadores de tipo ambiental, social, económico e institucional.

En este esfuerzo se inscriben las iniciativas de México, Chile, Argentina, Estados Unidos, Reino Unido, Suecia, etc. Desde 1996, este desarrollo ha sido liderado mundialmente por la CDS.

Sin embargo, más allá de lograr un trabajo sólido en términos de que cada indicador propuesto fuese una síntesis de las cuatro dimensiones del DS, o al menos integrara más de una dimensión, lo que se ha realizado a la fecha es presentar conjuntamente indicadores provenientes de las cuatro dimensiones, sin que éstas realmente se vinculen en forma esencial. Por lo tanto, hasta el presente, los países que trabajan con este enfoque presentan indicadores económicos, sociales, ambientales e institucionales en forma simultánea pero no se realizan indicadores que en sí sean transversales o sinérgicos, o sea que aborden más de una de las dimensiones del DS en forma simultánea.

Las iniciativas que dentro de este enfoque trabajaron en la tarea de hacer más vinculantes o agregadas las medidas de progreso respecto del DS se han fundamentado hasta ahora en metodologías de agregación conmensuralistas, ya sea de tipo índice o monetizadas, cuyos resultantes son comunicacionalmente potentes pero metodológicamente discutibles. Hacia finales de los noventa, los indicadores de segunda generación evidenciaron su falta de carácter realmente vinculante o sinérgico. El Desarrollo Sustentable es una dinámica muy compleja, que hasta cierto punto no es automáticamente asible desde un sistema de indicadores de varios ámbitos, que están ahí sin “fundirse”, y más bien conservan en forma individual su perfil disciplinar o sectorial.

12.2.3 Indicadores de sustentabilidad o de tercera generación (por desarrollar)

Diseñar e implementar indicadores de sustentabilidad o de tercera generación constituye un reto mayúsculo, que trasciende las dos generaciones previamente enunciadas, en el sentido de producir indicadores transversales o sinérgicos, que en una o pocas cifras, nos permita tener un acceso rápido a un mundo de significados mucho mayor, en los cuales esté incorporado lo económico, social y ambiental en forma transversal y sistemática. Aquí no se trata ya de tomar indicadores de distintos ámbitos y ponerlos juntos en una pretensión de que sean “sistema”.

Tampoco se trata de agregarlos mediante índices o buscando una unidad común de medición, porque estos desarrollos topan con cuestionamientos metodológicos e incluso axiológicos importantes.

De lo que se trata en estos indicadores es poder dar cuenta del progreso en la sustentabilidad, o mejor aún, hacia la sustentabilidad del desarrollo en forma efectiva, utilizando un número limitado de indicadores verdaderamente vinculantes, que tengan incorporados, potenciándose sinérgicamente, dimensiones y sectores desde su origen.

Esta tercera generación corresponde al actual desafío en el que se incorporan ingentes iniciativas en el mundo. En este nivel se realizarán los desarrollos científicos más impactantes, en la medida que su utilidad para el diseño y evaluación de la eficacia de las políticas públicas los hace realmente valiosos.

Cabe decir que en nuestra región y también en el mundo, nos encontramos entre la primera y segunda generación de indicadores, pues la mayoría de países están trabajando IA/IDS de primera y segunda generación en forma simultánea, y al mismo tiempo se reconoce la necesidad de avanzar, en forma cooperativa y horizontal, en el desarrollo de la tercera generación en el tercer milenio.

12.3 Metodología para la evaluación del ProAire mediante indicadores sustentables

12.3.1 Introducción

Para realizar el diseño y la elaboración de indicadores sustentables que se presentan en este documento, se consideraron las metodologías desarrolladas y empleadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el documento Indicators of Sustainable Development, por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) y por la Universidad de Yale para la elaboración del Environmental Performance Index²³.

Cabe destacar que para la elaboración de los indicadores se identificó que no todos los datos o reportes de información son insumos válidos en el proceso de construcción y contar con un dato aislado o de procedencia incierta puede ser similar a no tener información.

²³ El Environmental Performance Index, es una metodología de trabajo que desarrolló la Universidad de Yale para evaluar a varios países del mundo en materia de cumplimiento ambiental y del desarrollo de actividades con el fin de resolver problemas medio ambientales.

En general, las características básicas que definen la calidad de la información, para que sea útil dentro de los insumos de los indicadores elaborados son:

1. Confiabilidad
2. Precisión
3. Relevancia, idoneidad y pertinencia
4. Integralidad
5. Actualización
6. Contextualización
7. Organización y jerarquización
8. Presentación (claridad y representación)
9. Deben de responder a la demanda de los usuarios.

12.3.1.1 Variable, dato, estadística, indicador

Se requiere, en la elaboración de indicadores sustentables, que éstos se desarrollen con un proceso de continuidad en el tiempo.

Por lo cual, es necesario se elabore un sistema integral de información, que en forma de flujo continuo alimente, actualice y retroalimente periódicamente (mensual, trimestral, anual o bianualmente) y que proporcione en el periodo determinado la información para la evaluación del indicador.

Es por ello que para la descripción de la metodología de elaboración de los indicadores, se aborden las definiciones de variable, dato, estadística y metadato, con la finalidad de determinar el papel que juegan estos conceptos y como se desarrollaría el sistema de información.

12.3.1.2 Variable

Una variable es una representación operacional de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema. Es un fenómeno que se estudia, cuyo valor en el tiempo y/o en el espacio, cambia o se modifica respecto de su estado, evolución y tendencia. Por ejemplo, la calidad del aire en una ciudad.

En este documento, cada variable se asoció con un conjunto particular de entidades las cuales son usualmente llamadas estados (o valores) de la variable. El conjunto de posibles estados se llama conjunto de estados (o valores).

La interpretación pragmática de una variable particular como un indicador se hace usualmente sobre la base de que tal variable, presenta información sobre la condición y/o tendencia de un atributo del sistema considerado. Cualquier variable muestra un atributo que es de interés observar y monitorear.

Para el desarrollo de los indicadores para evaluar al ProAire ZM SLP-SGS, se eligieron las variables que indican cuál es el cambio ya sea negativo o positivo que existe sobre una determinada línea base.

12.3.1.3 Dato

Los datos son un conjunto de valores numéricos que se observan, registran o estiman respecto de determinada variable en algún punto del espacio y del tiempo, habitualmente resultan de la aplicación de algún tipo de método estadístico.

Los datos y micro datos son los insumos del trabajo estadístico, porque aún no han sido descritos, validados, ni estructurados.

En el caso de los indicadores sustentables propuestos, la información se presenta como datos validados y están descritos para representar una situación determinada.

12.3.1.4 Estadística

Es la medida, valor o resultado específico que toman las variables en un momento del tiempo y del espacio; y que han sido sujetas a validación, estructuración y descripción estadística.

Las series estadísticas básicas se definen como conjunto de datos que han sido sometidos a un proceso estadístico exhaustivo de validación, y que se estructuraron de acuerdo a una clasificación definida, se presentan a los usuarios ordenados en un marco adecuado. Un componente primordial de las estadísticas es que deben estar completamente descritas y respaldadas por metadatos.

Las estadísticas comúnmente se presentan como series de tiempo, o como distribuciones geográficas, desagregadas o desglosadas en aquellos componentes que son de interés para los usuarios. En general las series estadísticas se publican en forma de cuadros estadísticos, bases de datos estadísticos y compendios o anuarios estadísticos.

Para el caso de los indicadores sustentables, las estadísticas se muestran como cifras finales que indican algún cambio con relación a una línea base, es decir, que muestran el avance o retroceso de la ejecución del ProAire. En el diseño de los indicadores no se tomaron en cuenta series estadísticas, pero resultaría conveniente estudiar los resultados que se deriven de la aplicación de una serie determinada.

12.3.1.5 Metadato

Para llevar a cabo la comparación de las estadísticas producidas a lo largo del tiempo y garantizar que los usuarios de los indicadores puedan utilizar esta información e interpretarla, cada serie debe contar con metadatos, comúnmente se representan como una ficha técnica u hoja metodológica, la cual debe contener en detalle información sobre el concepto, la procedencia, la fuente específica, el método de cálculo, lo que comprende y no incorpora cada serie estadística.

Para el caso de los indicadores sustentables se desarrolló para cada uno de ellos y para cada ProAire un metadato (u hoja metodológica), la cual se describe con más detalle en el cuadro 12.1.

12.3.1.6 Indicador

Los indicadores son estadísticas que tienen la capacidad de mostrar un fenómeno importante. Se diseñan y se elaboran con el propósito de dar seguimiento y monitorear algunos fenómenos o conjuntos de dinámicas que requieren algún tipo de intervención. Por lo tanto, los indicadores se formulan desde su origen, y requieren de un cuidadoso proceso de producción en el que se calibran varios criterios como la disponibilidad y calidad de información, la relevancia del indicador, el aporte del indicador al sistema de indicadores, entre otros.

En términos generales, se denomina indicador a una observación empírica o estimación estadística que sintetiza aspectos de uno o más fenómenos que resultan importantes para uno o más propósitos analíticos y de monitoreo en el tiempo. El término indicador puede referenciar cualquier característica observable de un fenómeno, se aplica a aquellas que son susceptibles de expresión numérica y que son pertinentes o de máxima importancia para el interés público.

Los indicadores sustentables, se han diseñado para cada una de las estrategias de cada uno de los ProAire, tomando en consideración cuatro tipos de indicadores:

1. Indicadores ambientales
2. Indicadores institucionales
3. Indicadores de salud
4. Indicadores de educación

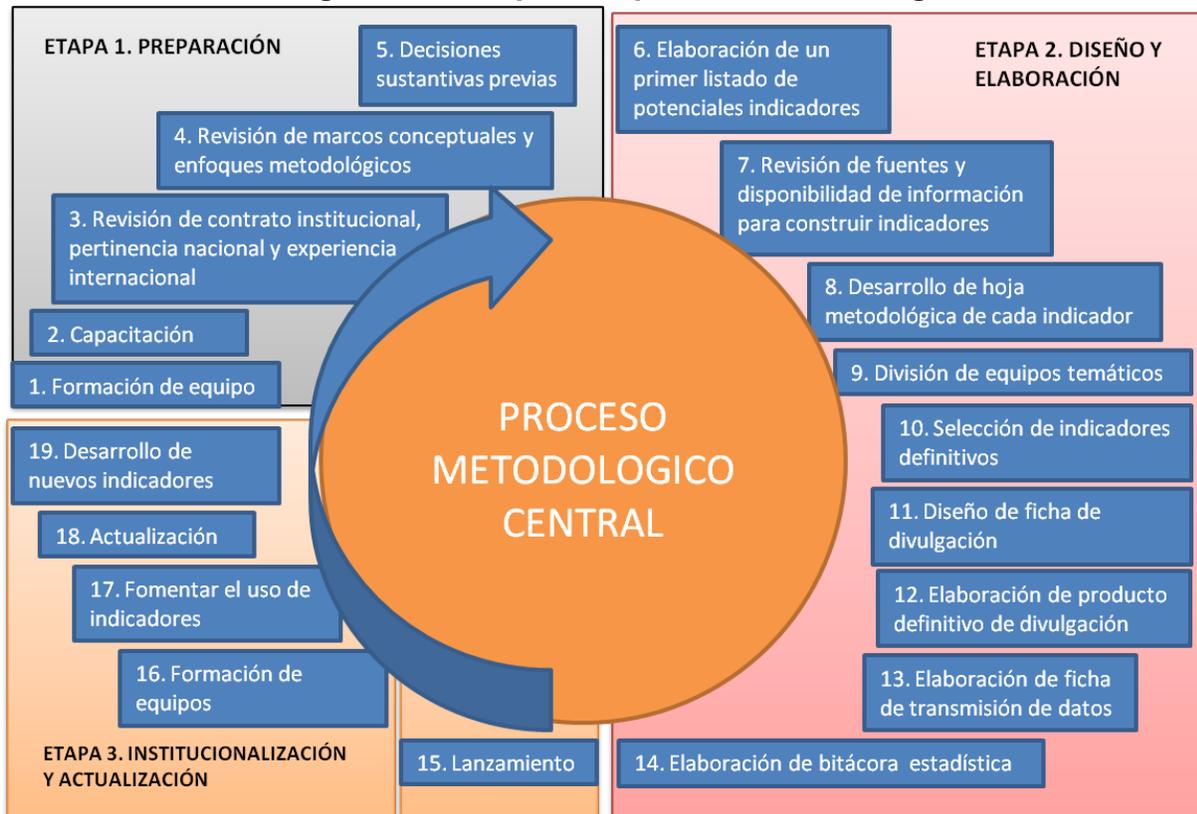
Con ello se cumple la descripción de la gama que caracteriza a los indicadores sustentables.

12.4 Metodología

La elaboración de indicadores sustentables para el presente documento se sustenta en un proceso metodológico central que comprende tres grandes etapas, ver figura 12.1:

- 1) Preparación,
- 2) Diseño y Elaboración, e
- 3) Institucionalización y actualización.

Figura 12.1 Etapas del proceso metodológico



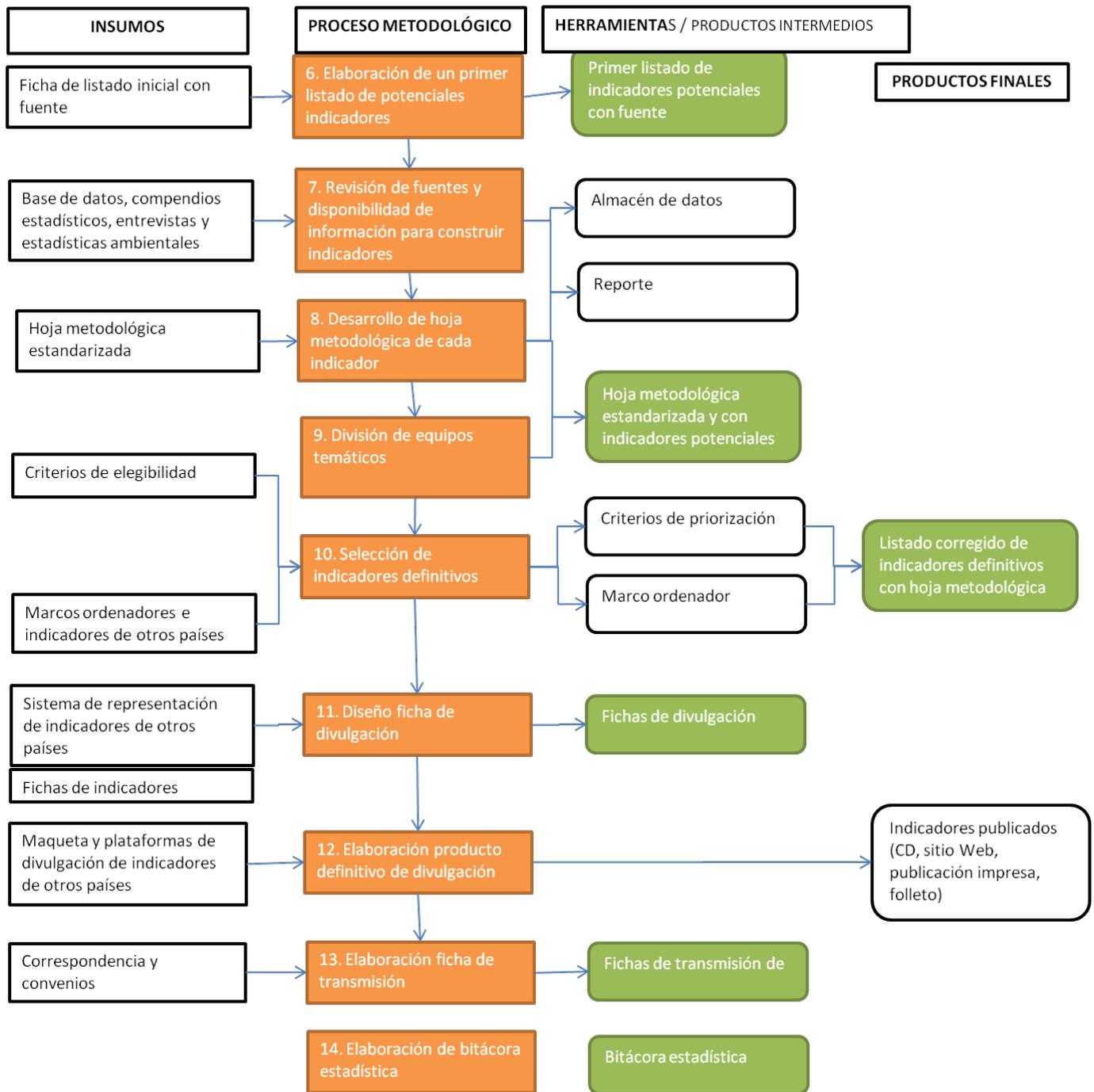
Fuente: Cepal, Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.

El desarrollo metodológico se presenta en forma circular con el fin de representar la retroalimentación que tendrán los indicadores en cuanto a su mejora continua y la revisión y actualización constante.

En este documento, sólo se desarrolla la segunda etapa, que es donde se abordan las actividades 6, 7 y 8, debido que las actividades de la primera y la tercera etapa forman parte de las tareas para la gestión con las dependencias federales y estatales para el empleo de los indicadores en el ProAire.

En la figura 12.2 se presentan los insumos y herramientas que se utilizan para el diseño de los indicadores, así como los productos resultantes, con el fin de proporcionar una mejor visualización del trabajo de desarrollo de los indicadores, así como los productos que se esperan al inicio de su diseño y cuando se elabora la versión final de éstos. Cabe hacer la aclaración de que se presenta una situación que debería desarrollarse para obtener los resultados favorables fomentando la participación de grupos de trabajo definidos, aspecto que se encuentra más allá del alcance de este trabajo de investigación.

Figura 12.2 Etapa 2. Diseño y elaboración



Fuente: Cepal, Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.

Para hacer más clara la metodología y las actividades que se deben realizar en conjunto para el diseño, elaboración y difusión de los indicadores, a continuación se describen las etapas que se llevan a cabo.

12.4.1 Etapa 1: Preparación

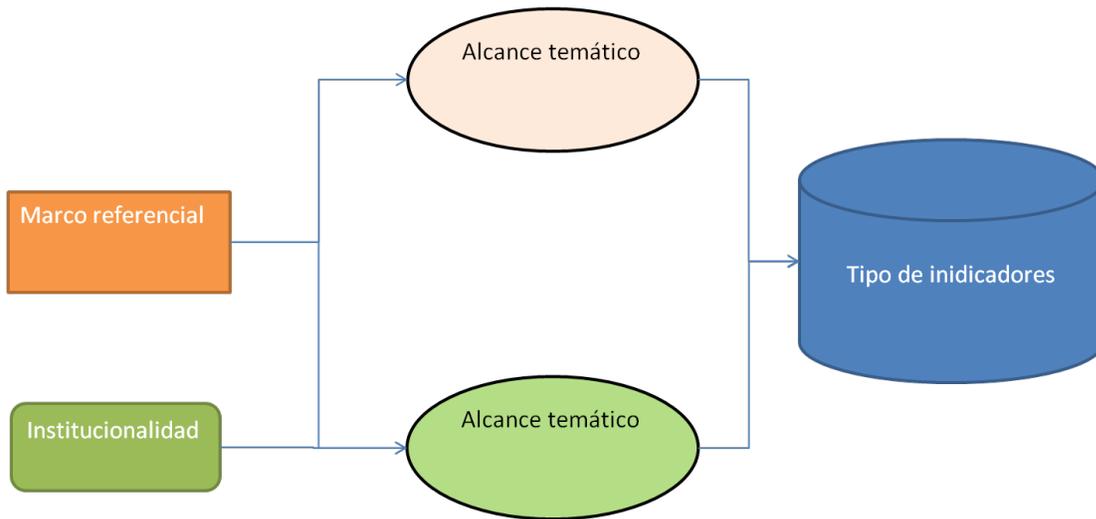
En esta primera etapa se establecieron las bases para los indicadores, es decir, se hizo una revisión bibliográfica de las publicaciones que se han desarrollado en el ámbito internacional como experiencias y productos de indicadores ambientales, tanto en Europa como en países similares a México (países de América Latina) y en las agencias internacionales. En el plano nacional se revisaron cuáles son los objetivos que se persiguen al construir los indicadores, para qué se quieren construir y eventualmente cuáles son los que son necesarios mantener en el tiempo, cuáles son los antecedentes nacionales y locales en la construcción de estadísticas e indicadores ambientales, así como las normas ambientales, las políticas ambientales.

Se consideró un marco conceptual adecuado para las circunstancias y contexto del trabajo. En este caso los indicadores sustentables van enfocados al cumplimiento de los instrumentos de política ambiental que se han desarrollado en el estado y que fueron considerados en el diseño de las medidas del ProAire.

Los indicadores que se desarrollaron forman parte de un sistema de indicadores que conmensuran distintas variables dentro de un único índice, el cual definirá los avances del ProAire.

Por ejemplo, en este trabajo se consideraron indicadores ambientales como los que proporcionan una visión del estado general de los diferentes componentes del medio ambiente; así como de los fenómenos que lo impactan. Es decir, el tipo de indicadores que se realicen deberán concordar con el marco referencial y la institucionalidad de los programas que se quieren evaluar.

Figura 12.3 Decisiones previas y tipos de indicadores resultantes



Fuente: Cepal, Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.

12.4.2 Etapa 2: Diseño y elaboración de los indicadores

La etapa de diseño y elaboración de indicadores comprende diez fases iniciando por un listado preliminar hasta la generación del metadato. En la figura 12.2 (véase arriba) se describen y ejemplifican las herramientas que se requieren para desarrollar esta etapa de trabajo.

El conjunto de herramientas comprende un listado básico o inicial de indicadores, una hoja metodológica que contiene los metadatos de cada indicador, y una ficha de divulgación que sólo incorpora aquellos campos que ayudarán a interpretar el indicador, como sus especificaciones técnicas mínimas, contexto y tendencia.

La hoja metodológica considera información importante que debe ser considerada para la presentación del indicador, con la finalidad de que sea más claro y que la comprensión de éste sea explícita. En la Tabla 12.1, se muestra la información mínima e importante que se debe elaborar para cada uno de los indicadores.

Tabla 12.1 Descripción de componentes que contiene la hoja metodológica

Nombre del indicador	Se recomienda asignar un nombre que defina exactamente lo que muestra el indicador
Descripción corta del indicador	Se debe realizar una descripción corta de lo que muestra el indicador, sobre todo cuando éste recibe un nombre científico o técnico, utilizando un lenguaje claro y simple, que ubique al usuario respecto al indicador. Se debe especificar la importancia que tiene el indicador propuesto en la evaluación sobre el medio ambiente.
Código	Es importante asignar una etiqueta de identificación del indicador (ver apartado 12.4)
Fórmula de cálculo del indicador	Debe especificar las operaciones y procesamientos de las variables que son necesarias para obtener el valor del indicador en cada tipo de observación (territorial, histórica, etc.). deberá quedar perfectamente estipulada la unidad de medida en que se expresará el indicador.
Representación gráfica	Se recomienda elaborar una representación del indicador. Para ello, se debe considerar la representación mediante diferentes tipos de gráficos hasta obtener el resultado de lo que se quiere mostrar con el indicador.
Tendencia	Debajo del gráfico, se puede elaborar un breve párrafo donde se transmita al usuario las implicaciones y desafíos que muestra el comportamiento del indicador.
Direccionalidad	Se plasma cual es la interpretación de los cambios (aumentos o disminuciones) en el indicador.
Alcance (¿Qué mide el indicador?)	Se debe especificar que dinámicas son las que muestra el indicador.
Definición de variables que componen el indicador	Cada una de las variables que componen el indicador, deben ser definidas con detalle. Se utiliza comúnmente adoptar la definición de la institución que produce el dato.
Cobertura o escala del indicador	La cobertura del indicador puede comprender distintas escalas o incluso combinarlas.
Fuente de los datos	La fuente del dato debe estar plasmada para cada una de las variables en forma detallada.
Método de levantamiento o captura de los datos	Describir el método a través del cual se capturan o generan los datos básicos. En general, se pueden mencionar las encuestas, censos, registros administrativos y estaciones de monitoreo, entre otros.
Periodicidad de los datos	Se debe especificar la periodicidad para cada variable que compone el indicador. Ésta se entiende como el periodo de tiempo en que se actualiza el dato.
Periodo de la serie de tiempo disponible	Especificar el periodo de tiempo que comprende la serie actualmente disponible, por ejemplo; <i>periodo 2011 – 2013</i>
Periodicidad de actualización del indicador	Esto deberá definirse con el grupo de seguimiento y evaluación del ProAire
Limitaciones (que no mide el indicador)	Se debe aclarar cuáles son las dimensiones y dinámicas del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se describe una ficha de transmisión de datos, donde se registra el origen y el destino de los datos y series estadísticas que son necesarias para calcular y actualizar el valor de cada indicador.

Finalmente, la bitácora estadística del proceso de construcción de indicadores servirá como fuente esencial de conocimiento sobre las decisiones, fuentes y criterios utilizados la primera vez que se construyen los indicadores sustentables. La misma bitácora deberá ser construida para cada ocasión en que se actualice y posiblemente se amplíe la construcción de indicadores para que los equipos futuros puedan contar con un registro sistemático de los detalles y puedan seguir construyendo y actualizando indicadores en forma estadísticamente consistente.

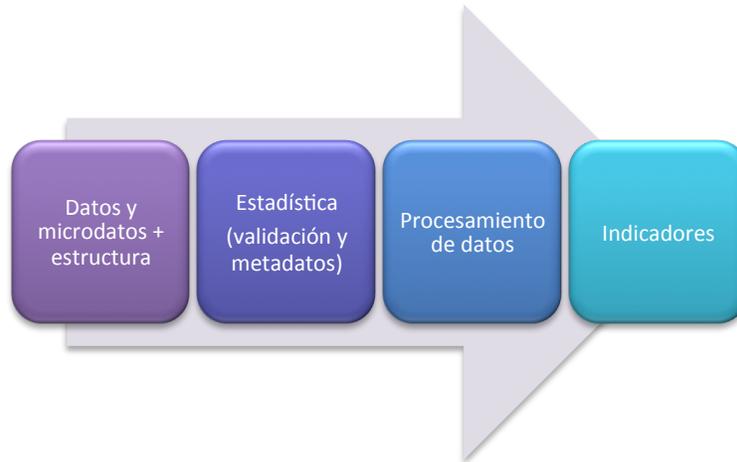
Cabe hacer mención que sólo se consideró la elaboración del listado básico de indicadores y la hoja metodológica que describe el metadato de cada indicador.

El procesamiento de la información estadística consideró la metodología que se muestra en la figura 12.4., que consiste como primer paso en estructurar la información necesaria para construir los indicadores, posteriormente se tamiza la información, considerando solamente la que alimenta de manera adecuada a los indicadores y que representa correctamente lo que expresa el indicador, en el tercer paso se procesa la información para ser empleada finalmente como parte del indicador y que se puede representar con ayuda de gráficas o tablas.

Los datos provenientes de la información consultada fueron obtenidos a través de los medios disponibles (estaciones de monitoreo, información estadística, registros administrativos, censos y encuestas), y según la naturaleza del dato fueron ordenados, clasificados, estructurados y descritos en series de tiempo.

Estas series de estadísticas se utilizaron para el cálculo de los indicadores que forman parte del metadato que se desarrolla para cada uno de los indicadores propuestos para la evaluación.

Figura 12.4 Procesamiento de la información estadística



Fuente: Cepal, Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.

Los indicadores que se elaboraron para cada medida del ProAire siguieron el procesamiento estadístico de información representado por la figura 12.5

Figura 12.5 Procesamiento estadístico de la información



Fuente: Cepal, Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.

12.4.3 Etapa 3: Institucionalización y actualización del sistema de indicadores

El medio ambiente por su naturaleza, se considera como un tema complejo, dinámico y transversal hacia las instituciones y a las diversas disciplinas, por lo cual es necesario desarrollar herramientas que consideren las diferentes vertientes que fundamentan el tema ambiental, tal es el caso de los indicadores sustentables. Por lo cual, diseñar indicadores que muestren el estado y las tendencias del medio ambiente en una zona o región determinada y que estén fundamentados con información relevante, resulta una tarea complicada.

Derivado de lo anterior, resulta de vital importancia impulsar la construcción de alianzas institucionales formales para el desarrollo de indicadores sustentables, el cual es uno de los elementos centrales que coadyuvan al logro de los objetivos en un plazo más corto, y además contribuyen de manera decisiva a que un sistema de indicadores tenga una periodicidad y mantenimiento en el tiempo.

Para producir un resultado de calidad y confiable, se requiere de la colaboración activa y profesional de personas de distintas disciplinas e instituciones, sin perjuicio de que exista una institución con el liderazgo para producir las estadísticas o indicadores sustentables oficiales en el país.

Esta formalización e institucionalización debería comenzar desde la fase de construcción de los indicadores, prolongarse y fortalecerse en el tiempo, para sostener adecuadamente el sistema de indicadores. Es conveniente institucionalizar el sistema de indicadores, y formalizar el contenido y formato de la colaboración de cada una de las instituciones, mediante convenios y comunicaciones escritas permanentes, desde la máxima autoridad ambiental y/o estadística del país, hacia sus pares ministeriales y directivos políticos, en paralelo a la sensibilización y contacto permanente con sus pares en las instituciones asociadas.

Tal como el marco metodológico de la fase de diseño y construcción de los indicadores sustentables se articula en un enfoque de colaboración interinstitucional, también las recomendaciones de estrategias de alianzas interinstitucionales para garantizar el flujo de los datos hacia el sistema de indicadores se fundamentan en el mismo enfoque de trabajo de equipos de distintas unidades e instituciones, de distintas disciplinas, que trabajando en conjunto y en forma sistemática y organizada, de manera que puedan sostener dicho sistema en el tiempo, en forma oportuna y rigurosa.

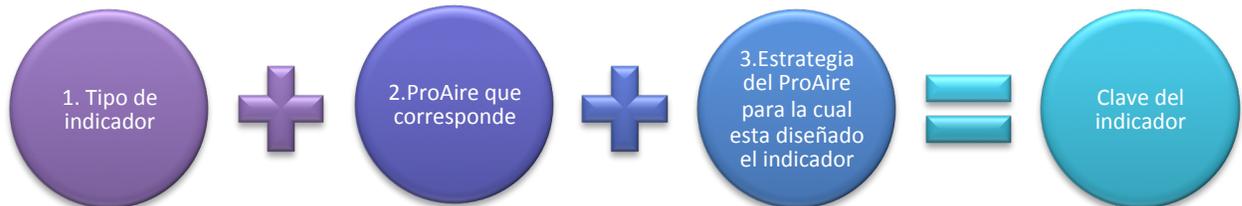
12.5 Descripción y clasificación de indicadores

La Tabla 12.2, muestra un resumen de los indicadores que se desarrollaron para cada uno de los ProAire, una clasificación por su importancia en cuanto a la contribución que representan para la evaluación de las medidas del programa.

La clasificación propuesta obedece a dos tipos, los indicadores *directriz* que son los que se emplean para evaluar la eficiencia que tiene cada uno de los ProAire con relación a las metas y estrategias plasmadas en cada documento y los indicadores *complementarios* que son los que sustentan algunas de las medidas y acciones que deben llevarse a cabo aunque de manera directa no contribuyan a la reducción de emisiones.

Para entender la tabla 12.2, es necesario definir el concepto *Clave del indicador*. Esta clave se diseñó para hacer una identificación ágil de la información que esperamos obtener de la hoja de metadatos del indicador. La descripción para la construcción de la clave del indicador se muestra en la siguiente figura:

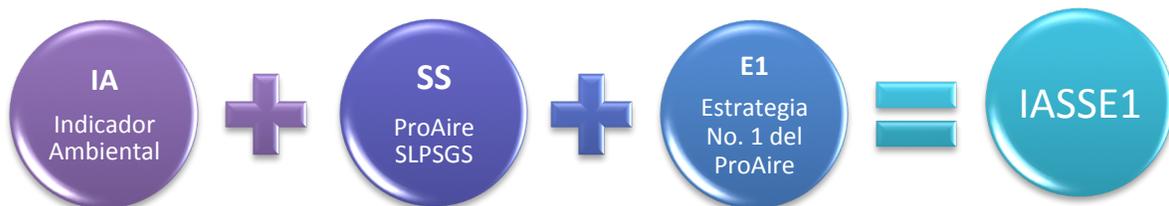
Figura 12.6 Construcción de la Clave del Indicador



Fuente: Elaboración propia

Para describir lo anterior, se ejemplifica en la Figura 12.2, la elaboración para la primera clave que se presenta en el cuadro 12.1.

Figura 12.7 Ejemplo para la construcción de la Clave del Indicador



Fuente: Elaboración propia

Cabe hacer mención que como primer componente (punto 1 de la figura 12.1) existen para este documento cuatro tipos de indicadores:

- a) Indicador directriz
 - i. Indicador Ambiental (IA)
- b) Indicador complementario
 - i. Indicador Institucional (II)
 - ii. Indicador de Educación (IE)

iii. Indicador de Salud (IS)

Las claves para cada línea estratégica se presentan a continuación:

- i. Estrategia 1. Reducción de emisiones provenientes de la industria (fuentes fijas)
- ii. Estrategia 2. Reducción de emisiones de vehículos automotores (fuentes móviles)
- iii. Estrategia 3. Reducción de emisiones de comercios y servicios (fuentes de área)
- iv. Estrategia 4. Proteger la salud de la población
- v. Estrategia 5. Fomentar la educación ambiental, la comunicación con la población, la investigación y el desarrollo tecnológico
- vi. Estrategia 6. Conservación de los recursos naturales y planeación del desarrollo urbano y territorial
- vii. Estrategia 7. Fortalecimiento de la gestión ambiental.
- viii. Estrategia 8. Fortalecimiento de la infraestructura y de los recursos humanos para mejorar la calidad del aire.

Tabla 12.2 Resumen de los indicadores desarrollados

Estrategia	Nombre del indicador	Clave del indicador	Clasificación del indicador
1	Emisiones del sector industrial	IASSE1	Directriz
2	Emisiones de vehículos y transporte	IASSE2	Directriz
3	Emisiones del sector comercio y servicios	IASSE3	Directriz
4	Protección salud	ISSSE4	Complementario
5	Educación ambiental	IESSE5	Complementario
6	Conservación de recursos naturales	IISSE6	Complementario
7	Fortalecimiento de la gestión ambiental	IISSE7	Complementario
8	Fortalecimiento de la gestión de calidad del aire	IISSE8	Complementario

12.6 Descripción de las hojas de metadatos

Como se mencionó anteriormente, para cada indicador propuesto, se elaboró una hoja metodológica (o metadato) que presenta información que se consideró para la construcción del indicador. Los metadatos para el ProAire que se diseñaron para este documento, plasman la siguiente información:

1. Nombre
2. Tipo de indicador
3. Código
4. Descripción
5. Unidad de medida
6. Método de cálculo
7. Fuente estadística
8. Periodicidad
9. Limitaciones del indicador

La descripción de los puntos anteriores se abordaron anteriormente en éste capítulo, cabe aclarar que con relación al punto 6. *Método de cálculo*, se desarrollaron varias fórmulas para establecer como es la representación matemática del indicador y cuál es la información que debe alimentarlo para lograr el objetivo para el cual fue diseñado.

En este sentido para los indicadores ambientales (directriz) de cada ProAire y su fórmula planteada, se debe considerar lo siguiente:

$$\text{Fórmula matemática para los IA: } \Delta e = 100 - \left(\frac{a*100}{b} \right)$$

El resultado de la ecuación Δe corresponde a la variación porcentual de las emisiones. Para lo cual se estima que este valor tendrá dos resultados, un valor positivo y un valor negativo, los cuales se desarrollan a continuación:

- i. En el caso de que el valor Δe sea positivo, indica que hay una reducción de emisiones por cada contaminante con respecto al año base que se considera en cada indicador.
- ii. En el caso de que el valor Δe sea negativo, indica que hay un incremento en emisiones por cada contaminante con respecto al año base que se considera en cada indicador.

Por lo anterior la representación gráfica variará dependiendo de los resultados que arroje Δe .

En el caso de la variable a y de la constante para cada indicador b , los valores que deben alimentarlos son la información que se consigue por medio de la fuente estadística, que para esta metodología es el inventario de emisiones.

12.6.1 Hojas metodológicas (metadatos)

Para este ProAire se desarrollaron ocho hojas de metadatos, conteniendo información de ocho indicadores diseñados para evaluar las metas de reducción de emisiones del programa y de las acciones de ejecución que se implementan a lo largo de su ejecución.

Los primeros 3 de la lista son indicadores ambientales que tienen en consideración información de estimación de emisiones y que presentan la reducción o incremento de emisiones de diversas fuentes.

En el caso del punto 4 de la lista la clasificación corresponde a que es un indicador de salud, es decir, que establece los parámetros para el cumplimiento de acciones que se ejecutan para proteger la salud de la población.

Los indicadores correspondientes al listado número 5, 6, 7 y 8 son indicadores institucionales que están diseñados para mostrar el avance de cumplimiento de las medidas del ProAire establecidas.