SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATUALES

proAire

TLAXCALA
GOBIERNO DEL ESTADO
2011 - 2016

Programa de gestión para mejorar la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala 2015 - 2024

ECOLOGÍA
COORDINACIÓN GENERAL DE ECOLOGÍA DEL ESTADO

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
1579

H. Congreso de la Unión
Cámara de Diputados, legislatura LXII

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMARNAT – Gobierno Federal.

Gobierno del Estado de Tlaxcala
Coordinación General de Ecología.

Titulo original:

Programa de gestión para mejorar la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala 2015 -2024

Portada: Propiedad del Gobierno del Estado de Tlaxcala.
ISBN.....
Impreso en Tlaxcala, México.
Primera Edición 2015.
Todos los derechos reservados.

Participantes

Gobierno del Estado de Tlaxcala

Lic. Mariano González Zarur
Gobernador Constitucional del Estado de Tlaxcala

Ing. Néstor Montañez Saucedo
Coordinador General de Ecología del Gobierno del Estado de Tlaxcala

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Mtro. Juan José Guerra Abud
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ing. Rafael Pacchiano Alamán
Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental

Elaboración del Proyecto:
Centro de Estudios en Energía y Ambiente,
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Colaboradores:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT
Dirección General de Calidad del Aire y RETC, ProAires.

- Mtra. Ana Patricia Martínez Bolívar
- Mtro. David Alejandro Parra Romero
- Ing. Gloria Yáñez Rodríguez
- Ing. Cinthia Vélez González
- Lic. Samantha K. Navarro Apolonio
- Ing. Arturo Amador Higuera
- Geog. Pedro M. Ramírez Ramírez
- Ing. Hugo Landa Fonseca
- Ing. Roberto Martínez Verde
- Lic. Oscar León Morales
- Ing. Judith Trujillo Machado
- Ing. Rodrigo Perrusquía Máximo
- Lic. Ivett García Salazar

Coordinación General de Ecología, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

- Biol. Alí Chumacero López
  Director de Planeación y Evaluación
- Ing. José Manuel Lobato Posadas
  Jefe de Depto. Calidad del Aire
- Lic. José Antonio Roldán Fuentes
  Secretario Técnico
- Ing. Gerardo Guillermo Duarte García
  Jefe de Depto. Verificación Vehicular

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

- Mtro. José Alfonso Esparza Ortiz
  Rector BUAP
- Mtro. Oscar I. Gilbón Rosete
  Tesorero General
- Dr. Apolonio Juárez Núñez
  Responsable CEEA
- Mtra. Ma. de la Cruz Mtz. Portugal
  Centro de Estudios en Energía y Ambiente
- D.U.A. José Roberto Suriano Chacón
  Facultad de Arquitectura
- Ing. Raúl Calixto Andriano
  Facultad de Ing. Química
- Ing. Luis Miguel Munguía Ojeda
  Colaborador CEEA
- Ing. Diego Armando Moranchel Martínez
  Instituto Tecnológico de Veracruz
- Dr. René Valdiviezo Sandoval
  Secretario General
- Dr. José Ramón Enrique Arrazola Ramírez
  Director FCFM
- Mtro. Marco Antonio Herrera García
  Centro de Estudios en Energía y Ambiente
- Mtra. Emma Juárez Núñez
  Facultad de Ing. Química
- Ing. Sandra Pioquinto García
  Facultad de Ing. Química
- L.C.C. Christian Brant Puon
  Colaborador CEEA
- Adriana de los Ángeles Granda Martínez
  Facultad de Arquitectura

Presentación

Lic. Mariano González Zarur
Gobernador Constitucional del Estado de Tlaxcala

El Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Tlaxcala 2011 - 2016, en su capítulo IV; "Protección integral del medio ambiente y biodiversidad", punto 1, párrafo tercero; establece:

"*Impulsar un enfoque integral de aproximación, y mitigación, adaptación y regulación con una visión sistémica sobre el medio ambiente, con objeto de atender esa problemática con un panorama de desarrollo sustentable, integrando el crecimiento económico, el desarrollo social y, considerando las dimensiones del desarrollo sustentable como son la económica, aplicando regulaciones; la humana para superar la pobreza; la ambiental para sustentar la naturaleza; la institucional mediante la descentralización y la tecnológica mediante procesos de innovación para reducir el uso de recursos naturales en la actividad económica humana.*" Asimismo, en el punto 1.3 Cambio climático y sus riesgos establece:

"*Promover políticas públicas que faciliten la adaptación y la mitigación del cambio climático para reducir sus posibles efectos en sectores socioeconómicos prioritarios. De donde se deriva la estrategia para desarrollar acciones de mitigación y de adaptación por medio de la creación e implementación de políticas públicas y legislación en la materia. Promover el diálogo para el desarrollo de acuerdos regionales en la zona e incentivar el desarrollo de la economía verde del Estado, en el marco de las oportunidades que presenta el cambio climático.*" De lo anterior, se deriva la línea de acción 1.3.33 denominada: "*Elaborar el Programa de Calidad del Aire (PROAIRE) en el Estado de Tlaxcala*"

La calidad del aire es afectada por la concentración de contaminantes atmosféricos emitidos principalmente por los vehículos automotores, comercios, servicios e industria. La contaminación atmosférica además de afectar el entorno, se relaciona en diferentes aspectos con la morbilidad humana, principalmente con las enfermedades respiratorias.

En este sentido, La Coordinación General de Ecología del Gobierno del Estado de Tlaxcala en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal SEMARNAT, elaboraron el Programa de Gestión de la Calidad del Aire para el periodo 2015 - 2024, el cual establece las líneas de acción que garantizan el mejoramiento en la calidad del aire. Lo anterior bajo un esquema sostenible, manteniendo el equilibrio entre el desarrollo económico, social y la conservación ambiental, de tal forma que no comprometamos la viabilidad de las generaciones futuras.

Contenido

Página

1.- Generalidades del Estado de Tlaxcala

1.1 Localización y extensión..... 2

1.2 Aspectos físicos..... 2

1.2.1 Orografía..... 2
1.2.2 Hidrografía..... 3
1.2.3 Clima..... 5
1.2.4 Meteorología..... 6
1.2.5 Tipos de suelos..... 7
1.2.6 Uso de suelo y vegetación..... 9
1.2.7 Fauna..... 10
1.2.8 Áreas naturales protegidas 10

1.3 Aspectos socioeconómicos..... 12

1.3.1 Dinámica poblacional..... 12
1.3.2 Desarrollo económico primario, secundario y terciario..... 14

1.4 Vías de comunicación..... 17

2.- Diagnóstico y tendencia de la calidad de aire

2.1 Descripción del sistema de monitoreo atmosférico..... 20
2.2 Normas vigentes de Calidad del aire..... 23
2.3 Indicadores de la Calidad del aire..... 25

2.3.1 Evaluación del cumplimiento de la norma..... 26

2.4 Diagnóstico del Programa de Verificación Vehicular..... 31
2.5 Vinculación de la calidad del aire con sustancias agotadoras de la capa de ozono, cambio climático y contaminantes tóxicos..... 34

2.5.1 Sustancia agotadoras de la capa de ozono..... 34
2.5.2 Cambio climático..... 36
2.5.3 Contaminantes tóxicos..... 39

3.- Inventario de emisiones y balance energético Estatal

3.1 Inventario de fuentes fijas..... 49
3.2 Inventario de fuentes móviles..... 55
3.3 Inventario de fuentes de área..... 64
3.4 Inventario de fuentes biogénicas..... 70
3.5 Balance energético Estatal línea base 2011..... 76

4.- Modelación de la dispersión, determinación de la cuenca atmosférica y propuesta de ubicación de un sistema de monitoreo atmosférico

4.1 Modelación de la dispersión..... 98

4.2 Determinación de la cuenca atmosférica..... 103

4.3 Propuesta de ubicación de un sistema de monitoreo atmosférico..... 108

5.- Evaluación de los efectos de la calidad del aire en la salud de la población

5.1 Metodología..... 124

5.2 Resultados..... 129

5.3 Evaluación económica..... 130

5.4 Discusión..... 135

5.5 Conclusiones..... 138

6.- Marco legal ProAire Tlaxcala

6.1 Fundamento Constitucional del Marco Jurídico Ambiental..... 142

6.2 Concurrencia en materia ambiental..... 142

6.3 Competencias en materia de contaminación a la atmósfera..... 143

6.4 Marco Legal Federal en materia de contaminación atmosférica..... 143

6.5 Marco legal en entidades federativas..... 144

6.6 Marco Jurídico del Estado de Tlaxcala..... 146

6.7 Propuesta de reformas al marco jurídico del Estado..... 149

6.7.1 Reforma constitucional..... 149

6.7.2 Reforma legales..... 151

7.- Comunicación y educación de la calidad del aire

7.1 Fundamentos y principios de comunicación, difusión y educación en calidad del aire. 161

7.2 Comunicación de la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala..... 163

7.3 Estrategia de comunicación, difusión y educación de la calidad del aire..... 163

8.- Ejes estratégicos, medidas y líneas de acción

8.1 Ejes estratégicos..... 168
8.2 Medidas y líneas de acción..... 170

9.- Fuentes de financiamiento..... 206

Lista de tablas y figuras..... 216
Acrónimos..... 217
Bibliografía..... 219
Sitios web consultados..... 221

Prólogo BUAP

Maestro José Alfonso Esparza Ortíz
Rector de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

El ambiente y su equilibrio dependen de la oportuna y eficaz protección y preservación de los recursos naturales, destacando el cuidado y conservación de las condiciones de la calidad del aire como un bien común al que todos tenemos derecho.

Sin embargo, la demanda acelerada de energéticos ha provocado la presencia excesiva de contaminantes atmosféricos, que están directamente vinculados al consumo de los combustibles fósiles que utilizamos en nuestras actividades diarias y productivas para obtener diversas satisfacciones.

La calidad del aire está en función de las emisiones generadas por distintas fuentes (vehículos automotores, servicios, comercios, hogares, industria y erosión eólica, entre otros), y su volumen de aportación es lo que afecta a ecosistemas, incide en la salud de la población y contribuye al problema del cambio climático global.

Derivado de lo anterior, es necesario establecer políticas de prevención y control a través de acciones que garanticen la irrestricta observancia en el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, bajo un esquema de trabajo coordinado entre gobierno y sociedad.

Por ello el Gobierno del Estado de Tlaxcala, a través del presente documento, construyó líneas de acción que permiten la viabilidad ambiental sin descuidar el desarrollo económico y social, que reclaman la adecuada y oportuna toma de decisiones para controlar o regular las fuentes de emisión y de esta manera, disminuir el deterioro de la calidad del aire.

En este sentido, el ProAire se establece como el instrumento rector que define los objetivos, líneas de acción, metas e indicadores que deben ser ejecutados por los distintos niveles de gobierno, academia y sociedad; para lograr el mejoramiento de la calidad del aire bajo un esquema de sustentabilidad, que ofrezca al mismo tiempo a los actores involucrados, diversos nichos de oportunidad para su desarrollo.

Resumen ejecutivo

Con base en la elaboración del presente ProAire, se identifican diversas fuentes de emisiones a la atmósfera entre las que destacan las fuentes móviles y las fuentes de área, que tienen importantes aportaciones en el Estado de Tlaxcala y que inciden sobre la calidad del aire que respiramos. Por lo anterior, es necesario fortalecer los sistemas de monitoreo atmosférico e identificar en qué áreas se pueden aplicar acciones que permitan mejorar la calidad del aire.

Cabe señalar que el recurso aire es un bien al que todos tenemos derecho, por lo que cuidarlo es responsabilidad de todos. En el Estado de Tlaxcala, tanto en zonas urbanas como rurales, se generan emisiones contaminantes que impactan la calidad del aire. Por lo tanto, las fuentes que generan esta contaminación constituyen un problema que debe atenderse de manera prioritaria, puesto que afecta a la salud de la población, altera el ambiente e incide en el cambio climático.

En este sentido se elaboró el **ProAire Tlaxcala 2015-2024,** como herramienta que permite establecer acciones que mejoren la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala. Estas acciones deben ser precisas. El éxito de las mismas está en función de la participación de los diferentes actores clave y sectores de la sociedad. En este documento se reportan, al inicio, las generalidades del Estado de Tlaxcala, donde se describe de manera somera la localización y extensión, aspectos físicos, orografía, hidrografía y clima, entre otras variables.

Asimismo, se realiza una evaluación del diagnóstico y tendencias de la calidad de aire. Se describe el sistema de monitoreo atmosférico, las normas vigentes de calidad del aire, los indicadores de la calidad del aire, el diagnóstico del Programa de Verificación Vehicular, así como la vinculación de la calidad del aire con sustancias agotadoras de la capa de ozono, cambio climático y contaminantes tóxicos.

También se presenta el inventario de fuentes fijas, móviles, de área y biogénicas; así como el balance energético estatal de emisiones, línea base 2011. De forma adicional se presenta el diagnóstico de la calidad del aire usando un modelo de dispersión y la determinación de la cuenca atmosférica. Se realiza una propuesta de ubicación de un sistema de monitoreo atmosférico, que incluye el análisis de la dispersión de contaminantes.

Un elemento fundamental del ProAire es la evaluación de los efectos de la calidad del aire en la salud de la población, así como su cuantificación socioeconómica. Otro elemento significativo es el análisis del marco legal en materia de calidad del aire en el estado de Tlaxcala, que evalúa el fundamento constitucional del marco jurídico ambiental, la concurrencia en materia ambiental y las competencias en materia de contaminación a la atmósfera. De igual manera se consideran los criterios de comunicación y educación ambiental.

Por último, se definieron los ejes estratégicos, medidas y líneas de acción del ProAire Tlaxcala 2015 – 2024, que se construyeron de la siguiente manera: Eje 1.- Protección a la salud humana en el Estado de Tlaxcala. Eje 2.- Fuentes móviles. Eje 3.- Fuentes de área. Eje 4.-Fuentes fijas. Eje 5.- Recursos naturales. Eje 6.- Eficiencia energética y energías renovables. Eje 7.- Fortalecimiento institucional, políticas públicas y legislación. Eje 8.- Comunicación, investigación y educación ambiental. De igual manera se identifican las potenciales fuentes de financiamiento.

Es importante señalar que la calidad del aire se determina en función de las concentraciones de contaminantes presentes en la atmósfera, entre los que destacan partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM_{10} y $PM_{2.5}$), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono (O_3), compuestos orgánicos volátiles (COV´s) y amoniaco (NH_3).

En México se observan las Normas Oficiales Mexicanas que establecen los límites máximos permisibles, así como los tiempos de exposición. En este mismo sentido, el Estado de Tlaxcala debe establecer los instrumentos correspondientes que permitan su cumplimiento.

El Estado de Tlaxcala forma parte de la cuarta zona Metropolitana más importante del País, en él destacan importantes centros urbanos como son la Ciudad de Tlaxcala de Xicohténcatl, Apizaco, Huamantla, Santa Ana Chiautempan y Calpulalpan, entre otras; que cuentan con un importante parque vehicular, industrial, actividad ganadera, agrícola y de servicios.

Es necesario recalcar la importancia que se puede otorgar a la educación de la población, para que, a mediano y largo plazo, mejoren los indicadores de la calidad del aire en las zonas urbanas del Estado de Tlaxcala. La educación ambiental, tanto en el sistema formal como en el no formal, podría ser el factor clave que permita la mejora de la calidad del aire en el Estado.

Podemos concluir que, conocer los factores cualitativos y cuantitativos involucrados en la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala, permitirá llevar a cabo acciones específicas para la reducción de la contaminación atmosférica, que además de representar beneficios directos para la población, también representa beneficios económicos sustanciales para el Estado.

1

Generalidades del Estado de Tlaxcala

1. Generalidades del Estado de Tlaxcala

1.1 Localización y extensión

El Estado de Tlaxcala se localiza en el altiplano central mexicano a una altura superior a los 2,100 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas extremas son las siguientes: Al norte 19º 44'; al sur 19º 06', al este 97º 38'; al oeste 98º 43'. El Estado colinda al norte con Hidalgo y Puebla, al sur y este con Puebla y al oeste con Puebla, Estado de México e Hidalgo (figura 1.1).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la superficie territorial del Estado de Tlaxcala abarca un área de 3,991.1 kilómetros cuadrados, lo que representa el 0.2 % del total del territorio nacional, cuenta con 60 municipios y un total de 1,294 localidades.[1]

Figura 1.1 *Localización del Estado de Tlaxcala.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP, con datos de INEGI, 2010.*

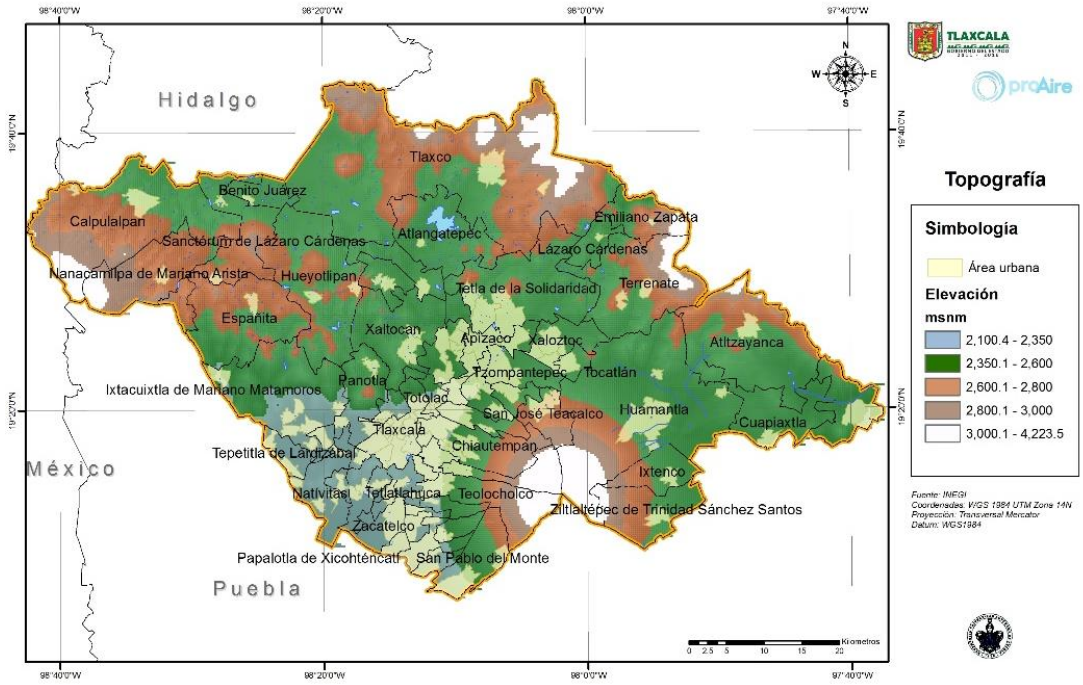
1.2 Aspectos físicos

1.2.1 Orografía

El Estado de Tlaxcala se encuentra en la región del Eje Neovolcánico Transmexicano, y posee grandes llanos caracterizados por cañadas y barrancas, además de un volcán, con una altura de 4,420 msnm. Hay una sierra en la parte noroccidental que ha desarrollado un lomerío, es decir, se encuentra una superficie disectada de lomas y colinas, donde las cimas están aproximadamente al mismo nivel (figura 1.2).[2]

[1] *Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2010.*
[2] *Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2010.*

Figura 1.2 *Topografía del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Carta topográfica, shape, con datos de INEGI 2012.*

En la parte oriente hay lomeríos y una pequeña sierra con forma de meseta en donde se encuentran elevaciones superiores a 3,200 msnm. La altura más baja se localiza en el suroeste del Estado con una altitud de 2,200 msnm. En cuanto a elevaciones en el Estado sobresalen 8 cerros y un volcán (tabla 1.1).

Tabla 1.1 *Principales elevaciones del Estado de Tlaxcala.*

Elevaciones principales	Altitud (msnm)
Volcán Malinche (Matlalcuéyetl)	4,420 msnm
Cerro El Huilotepec	3,500 msnm
Cerro Huilapitzo	3,500 msnm
Cerro San Gabriel	3,340 msnm
Cerro Huintetépetl	3,220 msnm
Cerro Tlacoxolo	3,080 msnm
Cerro San Nicolás	3,020 msnm
Cerro Cuatlapanga	2,900 msnm
Cerro Soltepec	2,860 msnm

Fuente: *Información obtenida de INEGI - perspectiva estadística Tlaxcala, 2013.*

1.2.2 Hidrografía

El Estado de Tlaxcala por sus condiciones geográficas se ubica en tres regiones hidrológicas: Cuenca del Río Balsas (Río Atoyac) con un porcentaje 78.76%; Cuenca del Río Pánuco (Río Moctezuma) 18.21% y Cuenca de Tuxpan- Nautla (Río Tecolutla) 3.03%. Por otra parte, el principal Río del Estado de Tlaxcala es el Zahuapan con una longitud de 4.5 km y que tiene una dirección de norte a sur pasando por el centro del Estado y que desemboca en el Río Atoyac

(figura 1.3). El Río Texcalac, recorre el municipio de oriente a poniente con una longitud de 2 km. El Río Atenco cuyo nacimiento se da en el municipio de Tetla, atraviesa el municipio desde la parte norte hasta vincularse con el Río Texcalac, con un recorrido de 6.5 km. El Río Apizaco surge de la unión de los dos últimos ríos mencionados y continúa su curso hacia la parte sur del municipio, con un recorrido aproximado de 4.3 km. Además cuenta con un manantial que da origen a la laguna de Apizaquito, ubicada en la parte norte del municipio, y como afluente da mayor caudal al Río Texcalac.

El acuífero Alto Atoyac es el de mayor extensión y posee un total de 1,270 aprovechamientos, siendo 990 pozos, 195 norias y 94 manantiales. El volumen total de agua que aporta es de 199 millones de m^3 anuales; de este volumen, la agricultura aprovecha 149 millones de m^3, el uso público 38 millones de m^3, el industrial 11 millones de m^3 y el doméstico aprovecha 1 millón de m^3.

Figura 1.3 *Hidrología del Estado de Tlaxcala.*

Fuente: *Carta hidrológica, shape, con datos de INEGI, 2012.*

El principal almacenamiento de agua de Tlaxcala es la presa Atlangatepec. Con una capacidad de 54,430,000 m^3. En términos de importancia, le siguen las presas Cárdenas y San Fernando, con 3,200,000 y 2,700,000 m^3 de capacidad respectivamente (tabla 1.2).

Tabla 1.2 *Principales almacenamientos de agua del Estado de Tlaxcala.*

Presa	Capacidad (m^3)	Hectáreas de irrigación	Región hidrológica
Presa Atlangatepec	54,430,000	1,600	Río Balsas
Presa Cárdenas	3,200,00	Sin datos	Río Balsas
Presa San Fernando	2,700,00	Sin datos	Río Balsas
Presa Pozuelos	945,000	136	Río Pánuco
Presa Hidalgo	350,000	20	Río Pánuco
Presa Mazapa	242,100	20	Río Pánuco

Fuente: *INEGI - perspectiva estadística Tlaxcala, 2012.*

1.2.3 Clima

El clima del Estado de Tlaxcala es templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura máxima promedio anual registrada de 24.3 grados centígrados, y la mínima promedio anual es de 7.2 grados centígrados[3], en la mayor parte de su territorio (tabla 1.3).

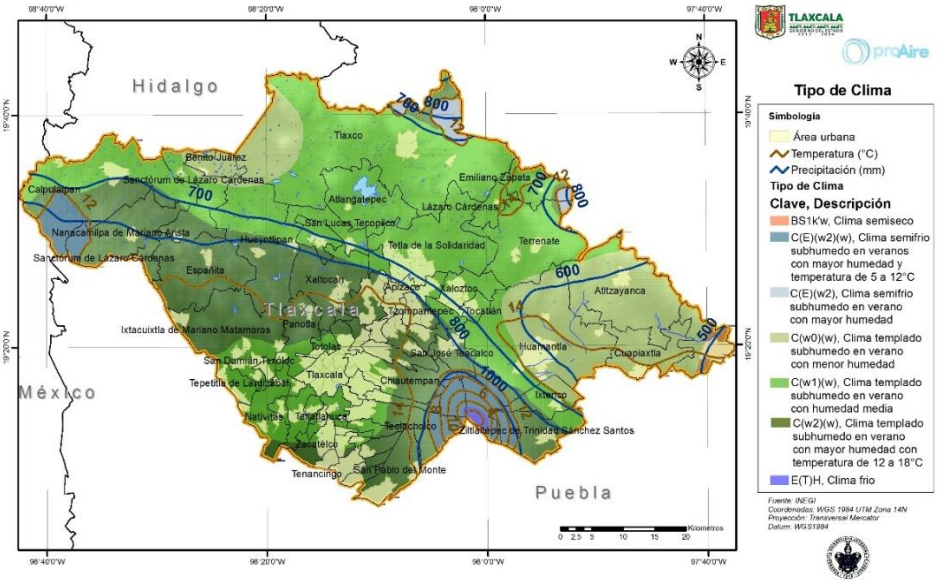
Tabla 1.3 *Climas presentes en el Estado de Tlaxcala.*

Clave	Clima	Humedad	Grado de humedad
C(w1)(w)	Templado	Subhúmedo	humedad media
C(w2)(w)	Templado	Subhúmedo	más húmedo
C(w0)(w)	Templado	Subhúmedo	menos húmedo
C(E)(w2)(w)	Semifríos	Subhúmedo	más húmedo
C(E)(w2)	Semifríos	Subhúmedo	más húmedo
C(w2)	Templado	Subhúmedo	más húmedo
BS1k'w	Seco	seco	semiseco
E(T)H	Frío de altura con marcado Invierno	Sin datos	Sin datos

Fuente: *Información obtenida de carta de climas INEGI, 2012.*

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2012, El clima que predomina en el Estado de Tlaxcala es C(w1)(w) templado subhúmedo con lluvias en verano, su grado de humedad se considera intermedia, la precipitación invernal es menor al 5% respecto al total anual, mientras que el mes más seco presenta menos de 40 mm, la temperatura promedio oscila entre 12° y 18°C. Este tipo de clima se distribuye ampliamente en dirección noroeste-sureste, abarcando parte de las regiones del Estado. En la figura 1.4 se representa la distribución de los climas en el Estado de Tlaxcala.

Figura 1.4 *Tipo de climas para el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Carta de climas, shape, con datos de INEGI 2012.*

[3] *Anuario de estadísticas por entidad federativa de INEGI – 2013.*

1.2.4 Meteorología

Para el Estado de Tlaxcala la precipitación pluvial media anual es de 700 mm[4], y las lluvias se presentan en el verano, en los meses de junio a septiembre. La tabla 1.4 presenta la temperatura y la precipitación media de Tlaxcala registradas en sus estaciones meteorológicas.

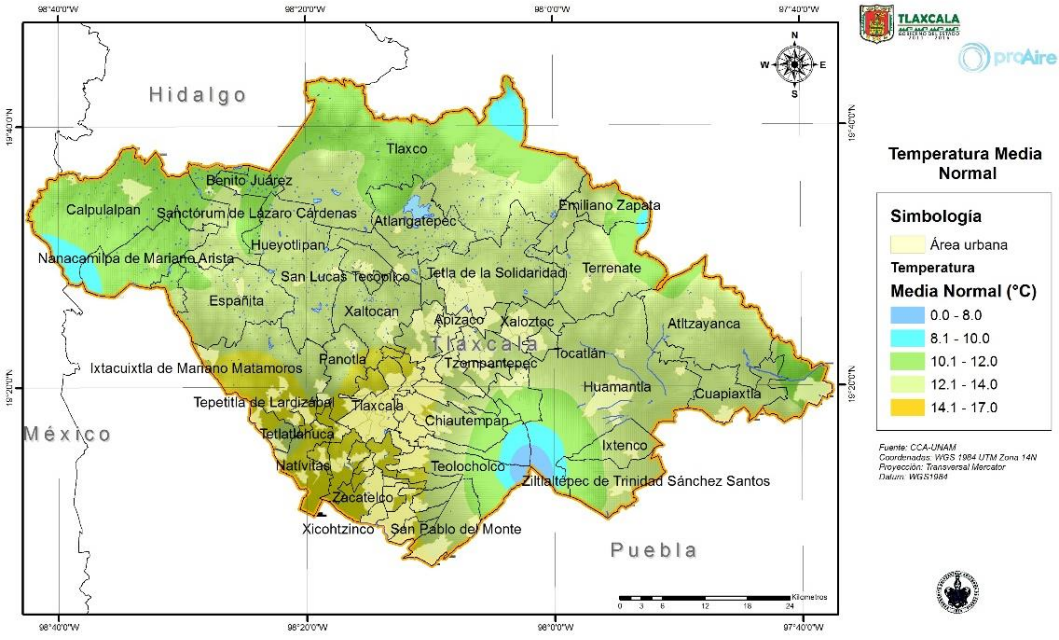
Tabla 1.4 *Temperatura y precipitación media registrada en las estaciones meteorológicas del Estado de Tlaxcala.*

Estación meteorológica	Temperatura promedio (°c)	Precipitación acumulada (mm)
Tlaxcala	16.9	851.3
El Carmen	14.3	484.1
Apizaco	13.7	768.1
Huamantla	14.6	596.3
San Marcos (Calpulalpan)	13.7	581.3
Tlaxco	15.2	760.6
Zacatelco	16.0	857.3

Fuente: *Información obtenida INEGI – perspectiva estadística Tlaxcala, 2013.*

En la región sur y parte del centro se presenta la mayor precipitación que va de los 720 a 805 mm, mientras que en la parte oriente en la que se localizan los municipios de Huamantla, Cuapiaxtla y Altzayanca se tiene una precipitación de 520 a 620 mm y en la región del Carmen Tequexquitla se registra la menor cantidad de lluvia con un rango de 420 a 520 mm (figura 1.5 – 1.6).

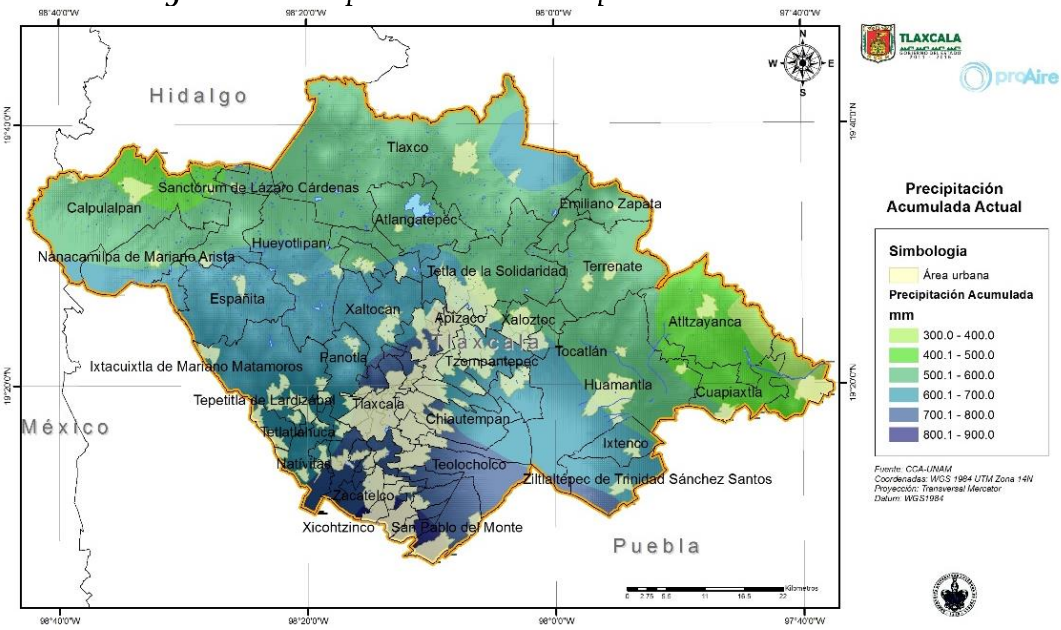
Figura 1.5 *Temperatura media normal para el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Carta de climas shape, con datos de INEGI, 2010.*

[4] *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2012.*

Figura 1.6 *Precipitación acumulada para el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Carta de climas shape, con datos INEGI, 2010.*

1.2.5 Tipos de suelos

Existen básicamente seis tipos de suelo en Tlaxcala. En las cuencas de los ríos Atoyac y Zahuapan predominan los suelos de barro café claro, de consistencia limo-arenosa y derivados de sedimentos arrastrados por los escurrimientos originados por las lluvias torrenciales. En la parte montañosa del bosque de Tlaxcala, los suelos son derivados de cenizas volcánicas y tienen en su superficie una capa de color oscuro rica en materia orgánica.[5] De las cuencas de Calpulalpan hasta Apizaco, los suelos son arcillosos, profundos, humosos, escasamente pedregosos y están asociados al tepetate (tabla 1.5).

Tabla 1.5 *Tipos de suelo para el Estado de Tlaxcala.*

Tipo de Suelo	Región	% de superficie	Características
Andosol	Tlaxco Apizaco	5.20 %	Estos suelos tienen su origen a partir de actividad volcánica, cuentan con vegetación de pino-encino-abeto, entre otras. Tienen uso en la agricultura presentando rendimientos bajos. Se usan con pastos naturales o inducidos, principalmente con pastos amacollados y con ganado ovino; Este suelo con un uso forestal es el que menos se erosiona.
Arenosol	Apizaco Tlaxcala Huamantla Zacatelco	1.75 %	Son suelos que se localizan en zonas tropicales o templadas, ocasionalmente en zonas áridas; la vegetación puede ser selva, bosque o matorral pero escasa. Presenta susceptibilidad a erosión que va de media a alta, su textura es arenosa y no se utiliza en ninguna actividad productiva.
Cambisol	Apizaco Tlaxcala Calpulalpan Zacatelco	9.99 %	Suelos jóvenes, poco desarrollados, se presentan en cualquier clima excepto en zonas áridas. Pueden tener cualquier tipo de vegetación y se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca, estos suelos forman los tepetates.

[5] *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2012*

Durisol	Tlaxco Apizaco Tlaxcala Huamantla Calpulalpan	11.87 %	El material original lo constituyen depósitos aluviales o coluviales; se asocian con el clima árido y semiárido; se localizan donde el relieve suele ser llano o suavemente ondulado. La mayoría de los durisoles sólo pueden ser usados para pastizales extensivos; en zonas donde el riego es posible pueden utilizarse para cultivos.
Fluvisol	Huamantla Zacatelco	2.51 %	Formados por materiales arrastrados por agua, son suelos muy poco desarrollados. Se encuentran siempre cercanos a lagos o sierras donde desciende el agua hacia los llanos, así como en las lechas de los ríos. La vegetación que presenta va desde selva hasta matorrales y pastizales.
Gleysol	Zacatelco	0.06 %	Suelo presente en zonas donde se acumula y estanca el agua, cuando menos en época de lluvias. La vegetación generalmente es pastizal, tienen uso en la ganadería de bovinos con rendimiento moderado a alto.
Leptosol	Tlaxco Apizaco Tlaxcala Huamantla Calpulalpan	11.50 %	Suelo de reducido espesor, se origina tanto en rocas como en material no consolidado. Son suelos poco o nada atractivos para cultivo, presentan potencialidad muy limitada para cultivo arbóreo o para pastos.
Luvisol	Tlaxcala Huamantla Calpulalpan	5.68 %	Suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, en ocasiones pueden encontrarse en climas algo más secos. Su vegetación puede ser bosque o selva; se usan con fines agrícolas y tienen rendimientos moderados.
Phaeozem	Tlaxco Apizaco Tlaxcala Huamantla Calpulalpan Zacatelco	33.97 %	Se caracteriza por presentarse en zonas semidesérticas hasta tropicales muy lluviosas y en terrenos planos o montañosos. La capa superficial del phaeozem es oscura rica en materias orgánicas y nutrientes. Los phaeozems ubicados en terrenos planos se utilizan en agricultura de riego y temporal de granos, legumbres y hortalizas, con altos rendimientos.
Regosol	Apizaco Tlaxcala Huamantla Zacatelco	13.30 %	Son suelos que se pueden presentar en todos los climas, suelen tener uso agrícola dependiendo de su profundidad y de que no presenten pedregosidad. En el centro del país estos suelos se cultivan principalmente granos con rendimientos moderados o bajos. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería; el uso forestal es muy importante y sus rendimientos sobresalientes.
Solonchak	Huamantla	0.06 %	Formados por el arrastre de sedimentos fluviales o coluviales, su textura puede ser arenosa hasta arcillosa. Este tipo de suelo sufre de inundación en época de lluvias por lo que no es de uso agrícola, suele tener rendimiento en pastoreo en época de sequía.
Vertisol	Tlaxco Apizaco Calpulalpan Zacatelco	0.80 %	Estos suelos se presentan en climas templados y cálidos, en zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación propia de estos suelos son los pastizales y matorrales, su uso agrícola es extenso y de altos rendimientos; son suelos fértiles pero presentan problemas en su labranza, de inundación y drenaje.
Umbrisol	Calpulalpan	2 %	Predominan terrenos de climas fríos y húmedos de regiones montañosas con poco o ningún déficit hídrico. Estos suelos soportan vegetación de bosque o pastizal extensivo; bajo un buen manejo pueden usarse para cultivo de cereales, raíces, té y café.
Zona Urbana	Zona Urbana	1.35 %	Zona de asentamientos humanos

Fuente: *Información sintetizada de la Carta de Edafología, INEGI, 2010.*

Al este de Tlaxcala, los suelos son formados por sedimentos y son muy poco desarrollados y profundos, siendo que en la región de Tequexquitla se encuentran suelos salinos. En el volcán "La Malinche", predominan suelos de origen residual y volcánico; de este modo, en las áreas medias y altas (áreas boscosas), el suelo es profundo, desarrollado y rico en sustancias orgánicas, y en la región de la cima los suelos son poco desarrollados, extremadamente delgados y la roca se encuentra a 10 centímetros (cm) de profundidad.

1.2.6 Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo y vegetación en el Estado de Tlaxcala, se caracteriza por los siguientes tipos de uso: agrícola, bosques cultivados y urbano. Para la agricultura se subdivide en temporal y riego, o de acuerdo a su temporalidad; anual, permanente o semipermanente (tabla 1.6).

Tabla 1.6 *Uso de suelos para el Estado de Tlaxcala.*

Tipo de uso	Porcentaje
Agricultura de temporal anual	40.53 %
Agricultura de temporal anual permanente	16.38 %
Zona urbana	14.27 %
Agricultura de riego anual semipermanente	3.17 %
Agricultura de riego anual	1.17 %
Cuerpo de agua	0.36 %
Agricultura de riego semipermanente	0.18 %
Agricultura de temporal permanente	0.03 %
Agricultura de temporal anual semipermanente	0.02 %
Bosque cultivado	0.02 %
Asentamientos humanos	0.00 %
Agricultura de riego permanente	0.00 %

Fuente: *Información sintetizada de la Carta de uso de suelo y vegetación, INEGI, 2010.*

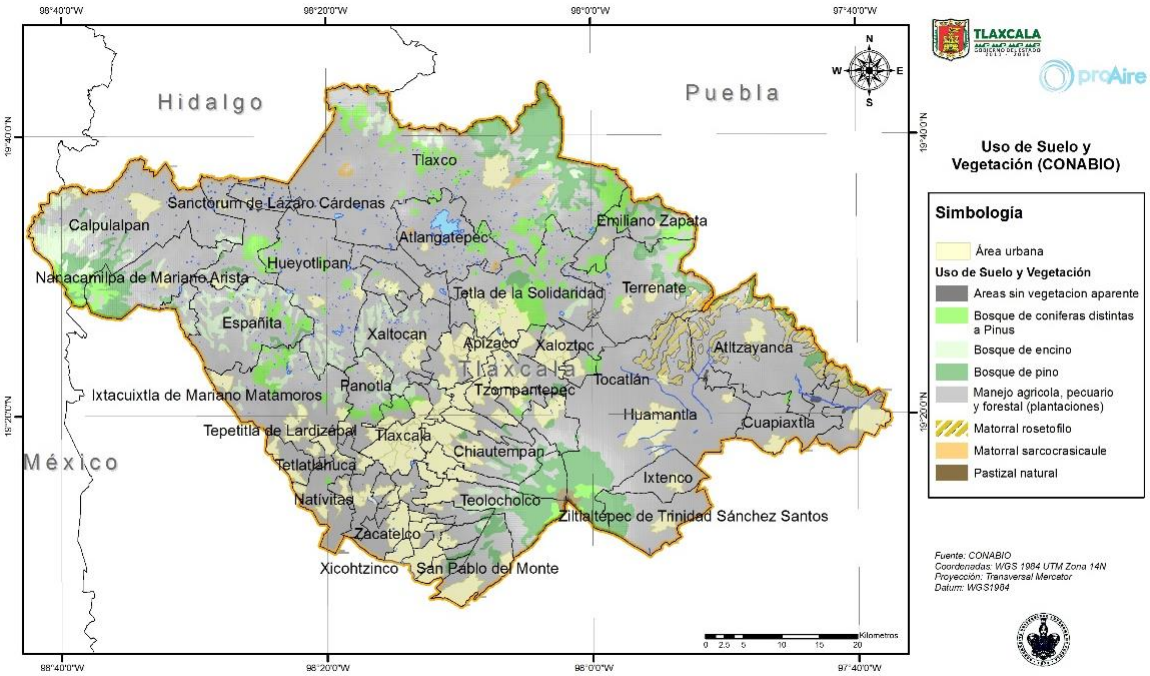
Los tipos de vegetación existentes en el Estado de Tlaxcala, están estrechamente relacionados con el clima, suelo y relieve, presenta paisajes florísticos de bosque de pino principalmente en los municipios de Tlaxco y Calpulalpan, en este último se localiza una importante zona de variantes arbóreas y arbustivas, además de la zona ecológica Nanacamilpa.

Al sur del Estado entorno al volcán Malinche, se encuentra una gran densidad de bosque de pino. Una especie característica del territorio tlaxcalteca es el sabino - Juniperus deppeana Steud - que ocupa grandes extensiones en la llanura central de la entidad entre Tlaxco – Apizaco - El Rosario. El bosque de encino se encuentra en cinco de las seis regiones del Estado de Tlaxcala, con mayor densidad en las regiones Calpulalpan y Tlaxcala, sin embargo el cubrimiento es disperso y en diferentes tamaños, al norte de la región Tlaxco y en el centro de las regiones de Apizaco y en la zona baja del volcán en la región Zacatelco.

El bosque de oyamel se distribuye sobre la zona ecológica Nanacamilpa en la región Calpulalpan, también en las regiones Tlaxco, Huamantla y en la cercanía de la cima de la Malinche y finalmente el Bosque de táscate está localizado en la regiones de Tlaxcala, Tlaxco, Calpulalpan, Apizaco, Zacatelco y Huamantla, en esta última su presencia es escasa.

El Estado de Tlaxcala registra una superficie de 85, 376 hectáreas de uso forestal, de las cuales 51,709 hectáreas se encuentran ocupadas por bosques de clima templado, 5 049 hectáreas de vegetación de zonas áridas, 40 hectáreas de vegetación hidrófila y halófila y 28 578 hectáreas, de áreas perturbadas. El Estado cuenta con menos del 20% de su superficie cubierta de vegetación natural, el 83% de la superficie del Estado son cultivos agrícolas, asentamientos humanos y dedicados a otro tipo de actividades (figura 1.7).

Figura 1.7 *Usos de suelo y vegetación del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *GIS_CONABIO shape, 2010.*

1.2.7 Fauna

Con respecto a la fauna silvestre, está formada por especies como: Ardilla, armadillo, cacomixtle, conejo, coyote, liebre, murciélago, onza, rata casera y de campo, ratón, tejón, tlacuache, tuza, zorra, zorrillo, lechuza, lagartija, víbora de cascabel, cenzontle, zopilote, mapache y gato montés. Podemos dividir fauna de montaña entre las que se encuentra la codorniz, liebre de cola negra, águila, halcón, ardilla y coyote; de los valles y planicies encontramos la paloma de alas blancas, conejo, cacomixtle, tejón y zorrillo; y fauna doméstica está conformada por ganado vacuno, ovino, caprino, porcino, asnal equino, aves de corral, perros y gatos.[6]

1.2.8 Áreas naturales protegidas

El Estado de Tlaxcala tiene dos importantes reservas naturales federales que abarcan las regiones centro – norte, centro – sur, oriente y sur. El Parque Nacional "La Malinche" con una extensión de 45,494 hectáreas. El segundo es "El Parque Nacional Xicoténcatl" que se encuentra ubicado en la zona centro de la Ciudad de Tlaxcala con una superficie aproximada de 600 hectáreas que comprende al Centro Histórico de la ciudad de Tlaxcala y otras localidades de los municipios de Tlaxcala y Totolac como Los Reyes Quiahuixtlán, San Francisco Ocotelulco, Santiago Tepeticpac (tabla 1.7 y figura 1.8).

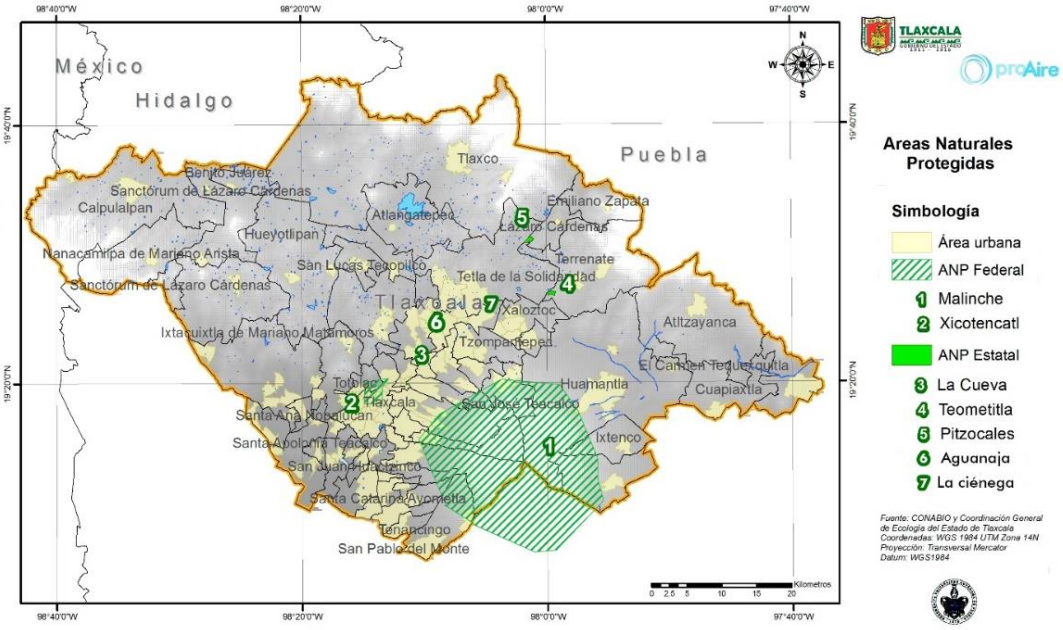
[6] *INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2012.*

Tabla 1.7 Áreas Naturales Protegidas de carácter Estatal y Federal.

Áreas Naturales Protegidas Estatales	
Pitzocales	Ubicada en el municipio de Tetla de la Solidaridad, fue decretada (ANP) el 12 de noviembre de 2002, bajo el régimen de zona sujeta a conservación ecológica, con una superficie de 612,878.87 m^2.
Teometitla	Ubicado en el municipio de Terrenate, decretado como (ANP) el 13 de agosto de 1997 bajo el régimen de zona sujeta a conservación ecológica, con una superficie de 430,000 m^2.
La cueva	Fue decretada (ANP) bajo el régimen de reserva ecológica (RE) el 5 de octubre de 1998 dentro del Parque Ecológico Público "Diego Muñoz Camargo", con una superficie de 48,422.36 m^2.
La ciénega	Ubicada en el municipio de San Pablo Apetatitlán, el 6 de Julio de 1994, mediante publicación en el Periódico Oficial del Estado, se declara Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal " La Ciénega " de Apizaco, con una superficie aproximada de 43 hectáreas.
La Aguanaja Apatzingo	El 13 de Agosto de 1997, se declaran mediante publicación oficial como Áreas Naturales protegidas de Jurisdicción Estatal a " La Aguanaja Apatzingo, con una superficie aproximada de 43 hectáreas.
Áreas Naturales Protegidas Federales	
Malinche o Matlalcuéyatl	Abarcando las regiones centro - norte, centro - sur, oriente y sur del Estado de Tlaxcala, tiene una extensión de 45,494 hectáreas, fue decretado el 6 de Octubre de 1938.
Xicoténcatl	Ubicado en la zona centro de la Ciudad de Tlaxcala con una superficie aproximada de 600 hectáreas que comprende al Centro Histórico de la ciudad de Tlaxcala y otras localidades de los municipios de Tlaxcala, fue decretada el 17 de Noviembre de 1937.

Fuente: *Coordinación General de Ecología, 2013.*

Figura 1.8 *Áreas Naturales Protegidas en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *GIS_CONABIO shape, 2012.*

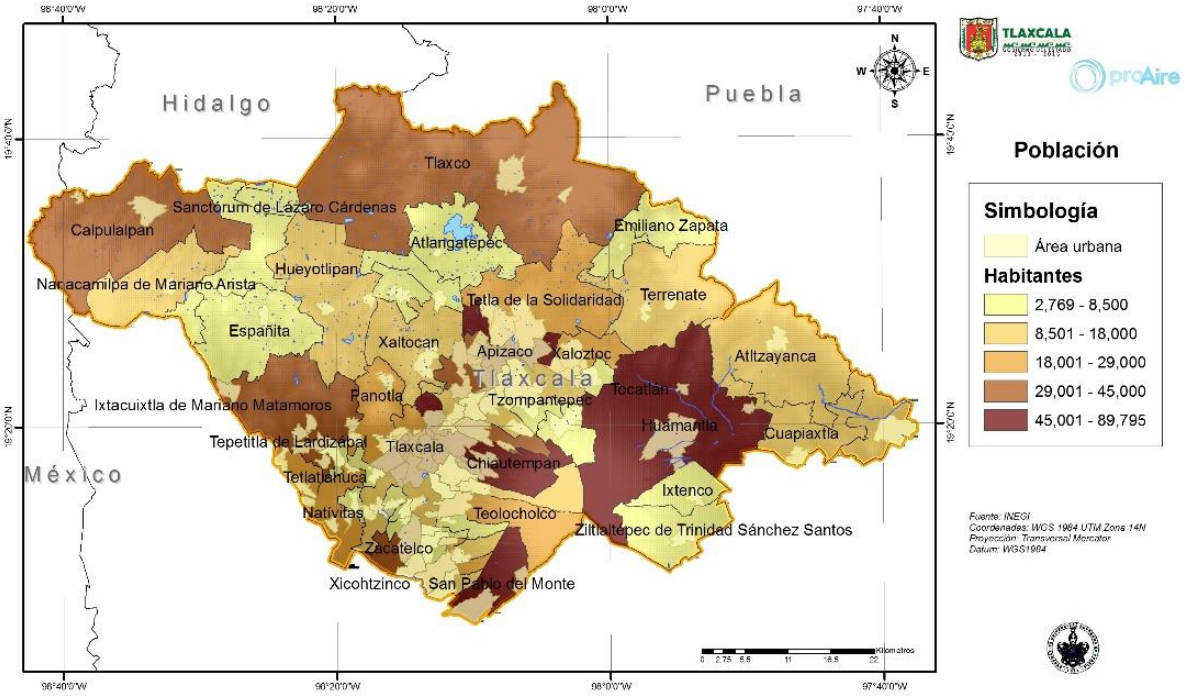
1.3 Aspectos socioeconómicos

1.3.1 Dinámica poblacional

Según el INEGI (2010), el Estado de Tlaxcala posee una población de 1,169,936 habitantes, de los cuales 604,161 son mujeres (51.64%) y 565,775 (48.36%) son hombres. La tasa de crecimiento medio anual de la población, referente a 2005-2010, es de 1.8%, y la densidad poblacional es de 293 habitantes por km^2. A pesar de ser uno de los Estados con menor población siendo la quinta entidad federal con menor población, es uno de los Estados con mayor densidad poblacional, detrás del Distrito Federal, Estado de México y Morelos.

El 79.9% de la población de Tlaxcala reside en localidades de 2,500 o más habitantes, siendo los municipios más poblados: Tlaxcala con 89,795 habitantes, Huamantla 84,979 habitantes, Apizaco con 76,492 habitantes, San Pablo del Monte alrededor de 69,615 habitantes y Chiautempan con 66,149 habitantes (figura 1.9).

Figura 1.9 *Población por municipio para el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Cartografía Geoestadística Urbana – shape, con datos de INEGI 2010.*

El Consejo Nacional de Población (CONAPO), proporciona una prospectiva de la dinámica poblacional para el Estado de Tlaxcala, hasta el año de 2020. En esta proyección, podemos ver una disminución en la tasa de crecimiento total del número de habitantes, pasando de 1.24 en 2011 a 1.01 en 2020 y también de la tasa de mortalidad infantil de 14.31 a 10.53, para el mismo período. Asimismo, podemos percibir un ligero aumento en la esperanza de vida total, pasando de 76.37, en 2011, a 77.89 años, en 2020. En la tabla 1.8 podemos ver algunos indicadores demográficos seleccionados, para los años de 2011 a 2020.

Tabla 1.8 *Indicadores demográficos Tlaxcala (proyecciones).*

Indicador	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población a mitad de año	1,178,647	1,192,851	1,206,887	1,220,750	1,234,483	1,248,063	1,261,472
Hombres	567,719	573,449	579,086	584,633	590,115	595,525	600,848
Mujeres	610,928	619,402	627,801	636,117	644,368	652,538	660,624
Nacimientos	21,829	21,789	21,763	21,756	21,750	21,730	21,702
Defunciones	5,425	5,541	5,659	5,776	5,891	5,992	6,103
Crecimiento natural	16,404	16,248	16,104	15,980	15,859	15,738	15,599
Inmigrantes interestatales	4,823	4,836	4,839	4,845	4,861	4,877	4,888
Emigrantes interestatales	2,382	2,404	2,424	2,443	2,457	2,473	2,494
Migración neta interestatal	2,441	2,432	2,415	2,402	2,404	2,404	2,394
Migración neta internacional	-4537	-4564	-4572	-4598	-4599	-4645	-4658
Tasa bruta de natalidad*	18.52	18.27	18.03	17.82	17.62	17.41	17.20
Tasa bruta de mortalidad*	4.60	4.65	4.69	4.73	4.77	4.80	4.84
Tasa de crecimiento natural**	1.39	1.36	1.33	1.31	1.28	1.26	1.24
Tasa de crecimiento social total**	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18
Tasa de crecimiento total**	1.21	1.18	1.16	1.13	1.11	1.08	1.06
Esperanza de vida total	76.51	76.65	76.78	76.92	77.12	77.31	77.51
Esperanza de vida hombres	74.29	74.45	74.59	74.74	74.95	75.15	75.35
Esperanza de vida mujeres	78.73	78.85	78.98	79.09	79.28	79.47	79.66
Tasa de mortalidad infantil*	13.83	13.40	12.96	12.50	12.09	11.69	11.29

Fuente: *INEGI y CONAPO.*

La población económicamente activa (PEA) del Estado para el año 2012 fue de 511,952, de los cuales 323,298 son hombres (63.15%) y 188,654 son mujeres (36.85%). En la tabla 1.9 nos indica el PEA por edad de 2010 a 2020.

Tabla 1.9 *Población económicamente activa por edad, 2010-2020.*

Edad	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
12-14	4,793	4,476	4,087	3,637	3,178	2,753	2,366	2,011	1,670
15-19	42,330	42,350	42,510	42,868	43,113	43,065	42,740	42,022	40,969
20-24	58,967	59,512	60,072	60,553	60,896	61,137	61,355	61,738	62,401
25-29	70,011	70,977	71,880	72,719	73,472	74,096	74,579	74,960	75,243
30-34	68,129	69,290	70,402	71,430	72,382	73,278	74,115	74,881	75,616
35-39	64,074	65,322	66,480	67,598	68,715	69,844	70,967	72,051	73,060
40-44	57,018	58,778	60,533	62,231	63,791	65,188	66,440	67,599	68,722
45-49	47,702	49,425	51,112	52,776	54,466	56,184	57,909	59,632	61,302
50-54	36,709	38,435	40,122	41,789	43,446	45,090	46,734	48,356	49,954
55-59	25,270	26,734	28,252	29,808	31,394	32,990	34,576	36,136	37,684
60-64	16,121	16,931	17,824	18,808	19,885	21,049	22,282	23,564	24,879
65-69	9,895	10,303	10,753	11,243	11,769	12,337	12,958	13,642	14,394
70-74	5,788	5,996	6,226	6,468	6,721	6,987	7,271	7,576	7,911
75-79	3,113	3,213	3,323	3,437	3,557	3 678	3,803	3,937	4,080
80-84	1,457	1,496	1,539	1,583	1,628	1,677	1,729	1,784	1,842
85-89	575	592	609	627	645	663	680	699	718
Total	511,952	523,830	535,724	547,575	559,058	570,016	580,504	590,588	600,445

Fuente: *Información obtenida de CONAPO, 2012.*

1.3.2 Desarrollo económico primario, secundario y terciario

El Estado de Tlaxcala por su ubicación geográfica y su sistema de comunicación terrestre y férrea, ha sido favorecido en su crecimiento económico. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía nos indica que el Producto Interno Bruto Total es de 46,524,270,000 de pesos, lo que representa el 0.6% del total nacional. El Producto Interno Bruto *per cápita* es de 40,468.1 pesos. La tabla 1.10 representa la estructura sectorial del Producto Interno Bruto del Estado.

En el Estado de Tlaxcala existe un nivel alto de empleo, la proporción de la población económicamente activa ocupada en el mercado de trabajo es de 94.0%, de estos, 14.4% está ocupada en el sector primario, el 32.2% en el secundario y 52.9% en el terciario.

Tabla 1.10 Estructura sectorial del producto interno bruto de Tlaxcala, 2010.

Estructura sectorial del producto interno bruto, 2010	Porcentaje
Industrias Manufactureras	25.8 %
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	14.8 %
Comercio	12.9 %
Transporte, Correos y Almacenamiento	12.0 %
Servicios Educativos	7.1 %
Actividades del Gobierno	6.9 %
Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento forestal, Pesca y Caza	4.4 %
Construcción	3.4 %
Otros sectores	12.7 %

Fuente: *Información obtenida de INEGI, Perspectiva estadística Tlaxcala, 2013.*

Las industrias manufactureras son las que tienen la mayor aportación al PIB del Estado, el comercio es el que tiene el mayor porcentaje de personal ocupado y de unidades económicas. La agricultura, que ocupa importante extensión de tierras en el Estado, la tabla 1.11 indica los datos de la ocupación y de unidades económicas por actividades.

Tabla 1.11 *Sectores económicos del Estado de Tlaxcala.*

sectores económicos	personal ocupado (porcentaje)	unidades económicas (porcentaje)
Industrias Manufactureras	34.3 %	16.1 %
Comercio	35.6 %	53.4 %
Agricultura y pesca	0.4 %	0.3 %
Minería	0.1 %	n/a
Electricidad, agua y gas	0.9 %	n/a
Construcción	1.5 %	0.3 %
Transportes, correo y almacenamiento	1.2 %	0.2 %
Información en medios masivos	0.7 %	0.3 %
Servicios financieros y de seguros	0.4 %	0.3 %
Servicios no financieros	17.8 %	16.7 %
Otros servicios*	7.1 %	12.3 %

* No incluye servicios del gobierno

Fuente: *INEGI, Perspectiva estadística Tlaxcala, 2012.*

En la tabla 1.12, se presentan por municipio los sectores y la participación de la población. El centro de la ciudad de Tlaxcala, Apizaco, Huamantla, Chiautempan, son de mayor población, están inscritas en su mayoría en las actividades comerciales, la infraestructura como segunda representativa y la actividad agrícola se encuentran en los municipios de Emiliano Zapata, Españita, Terrenate, Lázaro Cárdenas, Altzayanca, Cuapiaxtla, San José Teacalco, Ziltlaltépec e Ixtenco.

Tabla 1.12 *Distribución de los sectores económicos por municipio, 2010.*

Municipio	Total	Industrias manufactureras	Actividades comerciales	Servicios no financieros	Agricultura, animales, forestal, pesca y caza
Tlaxcala	168,938	57,870	60,152	43,292	594
Acuamanala de Miguel Hidalgo	330	157	115	41	0
Amaxac de Guerrero	688	99	307	243	1
Apetatitlán de A. Carvajal	1,683	750	481	435	1
Apizaco	20,557	2,627	8,176	7,709	34
Atlangatepec	357	9	90	22	129
Atltzayanca	842	217	291	310	10
Benito Juárez	354	54	253	44	0
Calpulalpan	6,255	2,122	2,290	1,713	0
Chiautempan	14,843	3,946	6,427	4,113	3
Contla de Juan Cuamatzi	4,204	2,106	1,433	595	0
Cuapiaxtla	955	186	468	293	0
Cuaxomulco	166	26	102	30	0
El Carmen Tequexquitla	1,782	368	887	495	15
Emiliano Zapata	370	258	93	17	0
Españita	237	87	118	25	1
Huamantla	14,140	5,872	4,610	3,221	13
Hueyotlipan	904	240	420	180	51
Ixtacuixtla de M. Matamoros	3,967	1,999	1,348	597	16
Ixtenco	796	191	377	159	0
La Magdalena Tlaltelulco	3,163	1,632	800	692	0
Lázaro Cárdenas	230	37	136	37	15
Mazatecochco de José María M.	989	234	577	167	1
Muñoz de Domingo Arenas	180	16	106	36	17
Nanacamilpa de Mariano Arista	1,845	615	738	410	13
Natívitas	1,385	208	740	382	28
Panotla	1,344	298	654	370	7
Papalotla de Xicohténcatl	7,215	3,762	1,607	1,274	6
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	570	90	362	105	0
San Damián Texóloc	362	75	201	70	12
San Francisco Tetlanohcan	1,078	173	626	262	4
San Jerónimo Zacualpan	316	45	150	82	24
San José Teacalco	403	123	201	71	3
San Juan Huactzinco	2,134	1,754	263	106	0
San Lorenzo Axocomanitla	472	161	223	85	1
San Lucas Tecopilco	254	32	168	41	10
San Pablo del Monte	6,913	2,177	3,172	1,447	0
Santa Ana Nopalucan	469	65	284	103	6
Santa Apolonia Teacalco	363	42	243	71	0
Santa Catarina Ayometla	801	141	509	146	0
Santa Cruz Quilehtla	3,324	3,008	246	67	0
Santa Cruz Tlaxcala	1,288	379	484	411	12
Santa Isabel Xiloxoxtla	1,998	1,578	174	163	0
Tenancingo	1,093	184	644	253	0
Teolocholco	3,344	1,721	999	615	0

Tepetitla de Lardizábal	2,556	1,194	917	441	0
Tepeyanco	272	47	141	64	16
Terrenate	565	59	361	106	30
Tetla de la Solidaridad	8,525	6,938	966	575	6
Tetlatlahuca	644	187	348	101	3
Tlaxcala	20,130	2,437	6,198	9,270	3
Tlaxco	3,452	1,458	1,122	735	45
Tocatlán	325	60	193	66	0
Totolac	1,733	526	644	502	8
Tzompantepec	1,661	1,066	294	289	1
Xaloztoc	2,983	1,478	1,061	425	0
Xaltocan	212	10	80	47	22
Xicohtzinco	1,933	679	725	495	11
Yauhquemehcan	2,623	823	1,180	572	1
Zacatelco	5,871	930	3,032	1,823	15
Ziltlaltépec de Trinidad S.	490	114	297	73	0

Fuente: *INEGI, Perspectiva estadística Tlaxcala, 2010.*

El Estado de Tlaxcala cuenta con 3 ciudades industriales, 3 parques industriales, 3 zonas industriales y un área industrial. Los principales sectores productivos son automotriz, metal mecánica, química-plásticos, electrónica, y textil, los principales productos de exportación son autopartes, caucho y plástico y textiles.

Las ramas económicas más importantes del Estado según el INEGI, son las de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica; fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios; fabricación de productos de cartón y papel; fabricación de resinas y hules sintéticos y fibras químicas; industria básica del hierro y del acero; elaboración de productos lácteos; transporte por ductos de otros productos; fabricación de cemento y productos de concreto; confección de prendas de vestir; fabricación de productos de plástico.[7]

De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI, Tlaxcala cuenta con 8,970 industrias manufactureras (año 2012). Las industrias manufactureras están divididas según se muestra en la tabla 1.13.

Tabla 1.13 *Distribución de los sectores económicos 2010.*

Industrias manufactureras, 2010	Unidades económicas (porcentaje)
Fabricación de Productos a Base de Minerales No Metálicos	5.7 %
Industria Alimentaria	48.2 %
Industria Química	0.5 %
Industria del Papel	0.4 %
Industria Metálica Básica	0.2 %
Fabricación de Prendas de Vestir	13.1 %
Fabricación de Insumos Textiles y Acabados de Textiles	2.1 %
Industria del Plástico y del Hule	0.5 %
Los demás subsectores	29.3 %
Total (unidades económicas)	**79.59 %**

Fuente: *Modificado de INEGI, Perspectiva estadística Tlaxcala, 2012.*

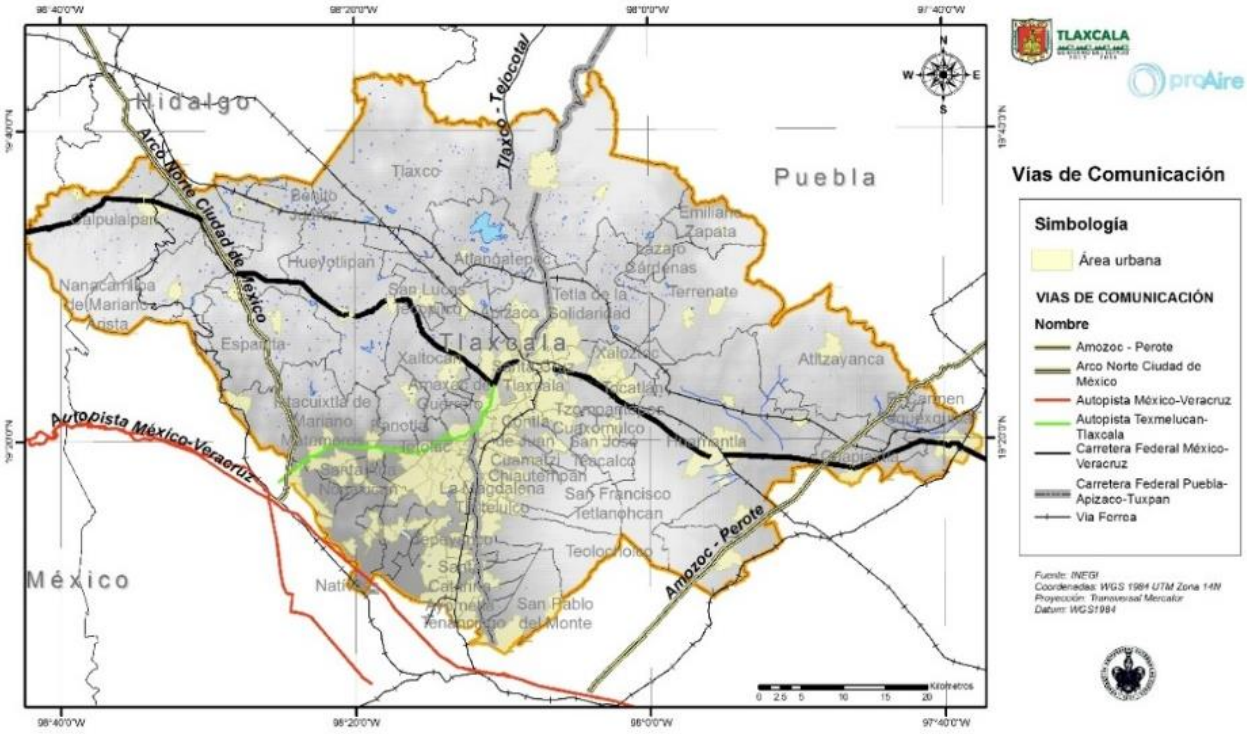
[7] *Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI 2010.*

1.4 Vías de comunicación

El sistema carretero del Estado de Tlaxcala cuenta con 2,470.20 km de extensión, con 262.3 kilómetros de carreteras federales troncales (primaria o principal), 301.8 kilómetros de carreteras federales secundarias, 755.2 carreteras estatales secundarias y 1,040.6 kilómetros de caminos rurales o revestidos. Mientras que existen 235.2 kilómetros de vías férreas.

Las principales carreteras son el Arco Norte; la Autopista Puebla - Veracruz; la Puebla-México a Tuxpan, Veracruz, atravesando Tlaxcala; la Apizaco y Tlaxco; la Texcoco-Xalapa, Veracruz; y la Tlaxco Huauchinango, Puebla. El Estado cuenta con un sistema ferroviario con una extensión de 351.54 km. Sus principales vías son México-Veracruz vía Apizaco; México-Veracruz vía Mena, Tlaxcala - Xalapa, Orizaba – Córdoba (figura 1.10).[8]

Figura 1.10 *Infraestructura carretera del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2013.*

El transporte público en el Estado de Tlaxcala se compone de 237 rutas. Existen un total de 5,516 concesiones, de las cuales el 80% aproximadamente pertenecen a personas físicas y morales, el 20% restante corresponde a taxis (tabla 1.14).[9]

[8] *Secretaría de Desarrollo Económico, 2010.*

[9] *Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala, 2010.*

Tabla 1.14 Características de carreteras, caminos y sector transporte en el Estado de Tlaxcala.

Características seleccionadas	Datos
Carreteras por cada mil km² de superficie (km) a/	652.2
Carreteras pavimentadas (porcentaje del total)	54.5
Vías férreas por cada mil km² de superficie (km) b/	88.0
Automóviles particulares por cada cien habitantes c/	15.1
Autotransporte federal:	
Flota vehicular de carga	5,191
Flota vehicular de pasaje	1,348

a/: Comprende pavimentadas, revestidas, terracerías y brechas mejoradas.
b/: Comprende troncales y ramales, secundarias y particulares.
c/: Se refiere a vehículos de motor registrados en circulación /Indicador calculado con datos de la población a mitad del año, proyectada por el Consejo Nacional de Población.

Fuente: *Datos obtenidos de la Secretaría de Comunicación y Transporte, 2012.*

2

Diagnóstico y tendencia de la calidad de aire

2. Diagnóstico y tendencia de la calidad del aire

2.1. Descripción del Sistema de Monitoreo Atmosférico

El Estado de Tlaxcala cuenta con una red manual de monitoreo atmosférico, mediante la cual se realiza el diagnóstico de la calidad del aire. Esta red está conformada por equipos que miden las partículas menores de 10 micras (PM10) y partículas suspendidas totales (PST). Incluso, no en todos los sitios se miden dichas partículas[10], lo anterior debido a que se inició con el análisis de PST y posteriormente se adquirieron equipos analizadores de PM_{10}, los cuales se colocaron en los lugares donde se consideró necesario. Abajo se presenta un cuadro con los equipos instalados para la medición de contaminantes por sitio (tabla 2.1).

Tabla 2.1 *Estaciones manuales de la red de monitoreo atmosférico del Estado de Tlaxcala.*

Contaminante	Municipio								
	Apetatitlán	Apizaco	Calpulalpan	Huamantla	Ixtacuixtla	Quilehtla	Tlaxcala	Tenexyecac	U. Politécnica
PST		X	X	X	X	X	X	X	X
PM10	X		X			X	X		

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Para el diagnóstico de la calidad del aire, se conjuntó una base de datos con un periodo del 2003 al 2013. Es importante mencionar que el monitoreo de las partículas no se realiza de manera permanente, ya que se requiere de personal y consumibles para su operación; sin embargo, los datos existentes nos muestran los niveles de concentración por punto de muestreo y su tendencia.

En la tabla 2.2 se muestran las estaciones de PST y los años en los cuales se ha realizado el monitoreo. Como se puede observar, para los sitios de Calpulalpan, Tlaxcala y Quilehtla se cuenta con datos para los años 2003 y 2004, sin embargo, para el año 2006 se suspendió el monitoreo de las PST en estos sitios. Caso contrario a los sitios establecidos en Huamantla, Apizaco e Ixtacuixtla donde el monitoreo ha sido constante desde 2003 a la fecha, aunque esto no significa que cumplen con el 75% de datos validados. Por último, los sitios de Tenexyecac y la Universidad Politécnica de Tlaxcala cuentan con datos para un año en ambos casos.

Tabla 2.2 *Sitios de PST del Estado de Tlaxcala y años de monitoreo.*

Año	Calpulalpan	Tlaxcala	Quilehtla	Ixtacuixtla	Huamantla	Apizaco	Tenexyecac	U. politécnica Tlaxcala
2003	X	X	X		X	X		
2004	X	X	X		X	X	X	
2006				X	X	X		
2007					X			
2008				X	X	X		
2009				X	X	X		
2010					X	X		
2013				X	X	X		X

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

[10] *Coordinación General de Ecología. Documento "ProAire Tlaxcala, Primera fase".*

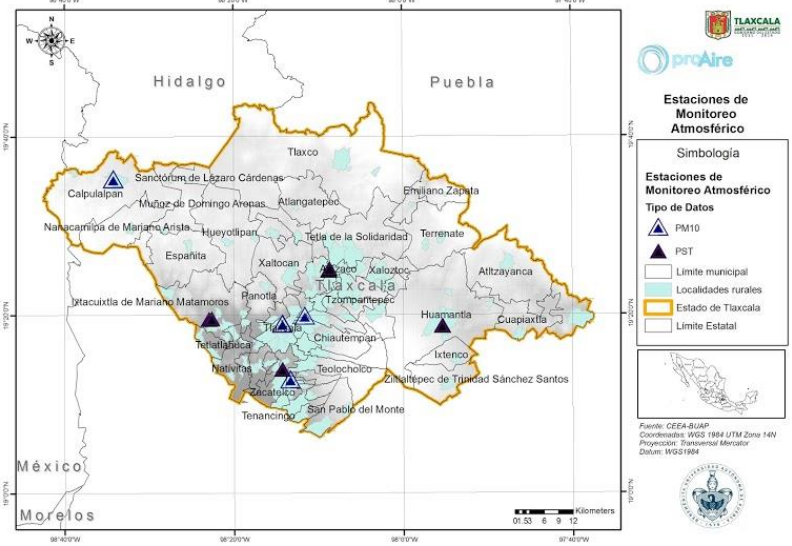
Tabla 2.3 *Sitios de PM_{10} del Estado de Tlaxcala y años de monitoreo.*

Año	Apetatitlán	Calpulalpan	Quilehtla	Tlaxcala
2006		x	x	x
2007	x	x	x	x
2008	x	x	x	x
2009	x	x	x	x
2010		x	x	x
2012	x	x	x	x
2013		x	x	x

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De la tabla 2.2 y 2.3 se desprende que el monitoreo de PM10 ha sido más constante que el de PST, ya que en la mayoría de los sitios se ha continuado con el monitoreo desde 2006 hasta la fecha. Por otra parte, analizando las dos tablas anteriores, se observa que los sitios de Calpulalpan, Quilehtla y Tlaxcala iniciaron como sitios de monitoreo de PST y a partir de 2006 fueron sustituidos por equipos de PM_{10}. En la figura 2.1 se observa la ubicación de las estaciones de monitoreo atmosférico del Estado de Tlaxcala.

Figura 2.1 *Ubicación de estaciones de la red de monitoreo atmosférico del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Antes de proceder a mostrar el análisis de los datos, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones: la base de datos de los años 2003 a 2005 fue proporcionada por la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), la cual expone un promedio mensual, un máximo diario y un mínimo diario de las muestras analizadas. Sin embargo, no se cuenta con información adicional, como el número y la concentración de cada muestra analizada por mes. En este sentido, el análisis de los días por arriba del límite permisible se sustenta en el dato del valor máximo diario.

Los datos del 2006 al 2010 y de 2012 al 2013, fueron proporcionados por la Coordinación General de Ecología del Gobierno del Estado de Tlaxcala, que a su vez las obtuvo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). La base de datos contiene el número de muestras analizadas y los resultados de cada una de ellas, lo que permite saber si en un mes se rebasó una o más veces el valor límite establecido por la norma (tabla 2.4).

Tabla 2.4 *Fuente de las bases de datos de PST y PM_{10} del Estado de Tlaxcala, 2014.*

Periodo	Fuente	Características de la base de datos
2003 - 2004	UATx	Promedio, máximo y mínimo mensual
2006 - 2010	CGE-INECC	Concentración por muestra
2012 - 2013	CGE-INECC	Concentración por muestra

UATx: Universidad Autónoma de Tlaxcala, CGE: Coordinación General de Ecología, INECC

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Centro de control

Actualmente en la Coordinación General de Ecología, específicamente en la Dirección de Planeación, se cuenta con un área que realiza las funciones operativas de la red de monitoreo manual, quienes se encargan de la operación y mantenimiento de los distintos puntos de muestreo mostrados en la tabla 2.1. El área anteriormente mencionada funciona como centro de control de la red de monitoreo del Estado de Tlaxcala.

Con referencia a la NOM 156 SEMARNAT 2012, Tlaxcala cumple con algunas de las características básicas requeridas para los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, como son equipos de monitoreo de partículas PST y PM_{10}, centro de control, oficinas administrativas y personal capacitado. En este sentido, se requiere fortalecer el sistema de monitoreo atmosférico mediante la adquisición de estaciones de monitoreo automáticas, el sistema de transmisión de datos y el área de meteorología. La tabla 2.5 muestra un análisis más detallado del cumplimiento de la norma antes mencionada.

Tabla 2.5 *Cumplimiento de la NOM 156 SEMARNAT 2012.*

NOM 156 SEMARNAT 2012	Concepto	Estatus
6. Diseño de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire	Objetivos del monitoreo de la calidad del aire y del muestreo de contaminantes atmosféricos, y de calidad de los datos, contaminantes a muestrear y monitorear en cada estación, número de estaciones necesarias	✓
7. Características básicas de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire	Centro de cómputo/control	✓
	Oficinas administrativas	✓
	Personal capacitado	✓
	Información meteorológica	X
	Estaciones de muestreo y monitoreo, las cuales pueden ser fijas, semifijas o móviles	✓
	Sistemas para la adquisición y transmisión continúa de la información de calidad del aire	X
	Respaldo permanente de la información, en medios electrónicos y/o gráficos, del historial de los datos crudos y validados	✓
	Laboratorios: analítico, de calibración y de los patrones de transferencia	X
	Área para mantenimiento y almacén de refacciones	X
	Soporte técnico, mantenimiento y calibración de equipos	✓
	Análisis estadístico, interpretación de datos de la calidad del aire y meteorología	✓

	Control y aseguramiento de la calidad	X
	Comunicación social	✓
8. Instalación de estaciones, operación, mantenimiento y calibración de equipos	Análisis de la ubicación de las estaciones o sitios de monitoreo	✓
	Programa de mantenimiento preventivo	✓
	Programa de calibración de instrumentos y equipos de soporte	X
	Laboratorio de calibraciones y transferencia de estándares	X
	Certificación de estándares de transferencia	X
	Seguridad y planes de emergencia	X
9. Gestión del aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo de la calidad del aire	Manual de procedimientos de la gestión del aseguramiento y control de la calidad	X
	Bitácora donde se registre la cronología de los eventos que ocurran	✓
	Almacenamiento de materiales de referencia, consumibles, refacciones, instrumentos de medición y equipos de soporte	✓
10. Manejo de datos de la calidad del aire	Manejo de datos y su generación periódica de reportes de calidad del aire	X
	Integración al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, SINAICA	X
11. Procedimiento para la evaluación de la conformidad de la norma	Procedimiento de verificación por parte de las autoridades correspondientes o por las unidades de verificación acreditadas y aprobadas	✓

Fuente: *Elaboración propia.*

Auditorías del Sistema de Monitoreo Atmosférico

En lo referente al sistema de auditorías del sistema de monitoreo atmosférico, se ha contado con el apoyo del INECC y la UATx para la preparación, distribución y análisis de los filtros recolectados en los diferentes puntos de muestreo. Como se percibirá más adelante, la operación de la red ha sido muy irregular por diversas razones, entre las cuales destacan la falta de consumibles, fallas en los equipos y cambio de institución que realiza el proceso de laboratorio. Sin embargo, el INECC realiza visitas periódicas con la finalidad de corroborar el adecuado funcionamiento y calibración de los equipos de muestreo manual, tanto de PST como de PM_{10}.

Es importante mencionar que es necesario fortalecer el área de monitoreo atmosférico con un programa de control de calidad, como son formatos de calibración, mantenimiento y validación de datos. Las calibraciones las han realizado con apoyo del personal de la UATx, del INECC y la última, en diciembre de 2013, por medio de la Universidad Tecnológica de León (UTL) mediante un contrato de servicio con el INECC.

2.2. Normas vigentes de calidad del aire

Existen diferentes criterios para evaluar la calidad del aire considerando los contaminantes criterio. A nivel internacional las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los estándares de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA), muestran los valores límites recomendados por ambas instituciones. En la Guía de calidad del aire de la OMS, se encuentra lo relativo al material particulado, al ozono, al dióxido de nitrógeno y al dióxido de

azufre (2005), se especifica la concentración límite de dichos contaminantes para su uso en todo el mundo[11]. A continuación se presentan los valores recomendados (tabla 2.6).

***Tabla 2.6** Valores límites recomendados por la OMS para material particulado.*

Contaminantes	Valores límites recomendados
Partículas menores de 10 micras (PM_{10})	20 µg/m³, media anual 50 µg/m³, media de 24 horas

***Fuente:** OMS 2005, Guías de calidad del aire de la OMS*

Como la propia OMS señala, cada país debe establecer sus normas de calidad del aire para proteger la salud pública de sus ciudadanos. Dichas normas variarán según el enfoque adoptado, equilibrando los riesgos para la salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos y los demás factores políticos y sociales. Los valores límite de cada país dependerán también de la capacidad política e institucional relacionada con la gestión de la calidad del aire.[12]

En México, los valores límites de los contaminantes criterio están establecidos en la Norma Oficial Mexicana a través de las cuales se determina la calidad del aire en una región. En la tabla 2.7 se muestra la norma con los valores límites vigentes.

***Tabla 2.7** Valores límites establecidos en las Norma Oficial Mexicana.*

Valores límite				
Contaminante	Exposición aguda		Exposición crónica	Normas Oficiales Mexicanas
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio	
Partículas Suspendidas Totales (PST)	NA	NA	NA	NOM-025- SSA1-2014[a]
Partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10})	75 µg/m³ (24 horas)[b]	2% de veces al año	40 µg/m³ (promedio aritmético anual)[c]	
Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM 2.5)	45 µg/m³ (24 horas)[d]	2% de veces al año	12 µg/m³ (promedio aritmético anual)[e]	

µg/m³: microgramos por metro cúbico.

a Diario Oficial de la Federación del 20 de agosto de 2014.

b Un sitio cumple con el límite de 24 horas cuando el promedio aritmético, calculado como se indica en el punto 5.3.1.1, de esta Norma, es menor o igual que 75 µg/m³.

c Un sitio cumple con el límite anual cuando el promedio anual de los valores diarios, calculado como se indica en el punto 5.3.2.1, de esta Norma, es menor o igual que 40 µg/m³

d Un sitio cumple con el límite de 24 horas cuando el promedio aritmético, calculado como se indica en el punto 5.3.1.1, de esta Norma, es menor o igual que 45 µg/m³.

e Un sitio cumple con el límite anual cuando el promedio anual de los valores diarios, calculado como se indica en el punto 5.3.2.1, de esta Norma, es menor o igual que 12 µg/m³.

NA No aplica.

***Fuente:** Normas Oficiales Mexicanas.*

[11] *Coordinación General de Ecología. Documento "ProAire Tlaxcala, Primera fase".*

[12] *Organización mundial de la salud OMS, 2005.*

2.3 Indicadores de la calidad del aire

Dentro de la normatividad existente en México, se especifican los criterios para la elaboración de los indicadores para cada uno de los contaminantes criterio, estableciendo de esta manera los datos a utilizar y el criterio de suficiencia de datos (tabla 2.8).

Tabla 2.8 *Indicadores usados para la evaluación.*

Contaminante	Tipo de dato utilizado para la evaluación	indicador (límite)	Criterio de suficiencia anual
PM10 y PM 2.5	Dato diario (promedio de 24 horas)	Percentil 98 (24 horas)	Por lo menos tres trimestres con al menos el 75% de las concentraciones diarias válidas (DOF. 2014)
		Promedio anual (anual)	

Fuente: *Elaboración propia, NOM-025-SSA-2014.*

Para el análisis de la suficiencia de datos del Estado de Tlaxcala, se tomó en cuenta la NOM-035-SEMARNAT-1993, la cual establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. La norma anteriormente mencionada establece que la medición se realiza en períodos de 24 horas con una frecuencia de 1 cada seis días o cada tres días, mediante el uso de procesos manuales.

Para el análisis de suficiencia de datos se consideraron las estaciones que cuentan con al menos un monitoreo cada 6 días. En la tabla 2.9 se muestran los sitios que cumplen con la norma, la cual establece que se deberá contar con al menos el 75% de las muestras válidas. Mismo que se evalúa a partir de las muestras de 24 horas válidas obtenidas en cada uno de los cuatro trimestres del año, con un mínimo de 75% de muestras validadas por trimestre.

Tabla 2.9 *Porcentaje de datos válidos por trimestre y por año de PST.*

Estación	2003				2004				2006				2007				2008			
	Trimestre				Trimestre				Trimestre				Trimestre				Trimestre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Calpulalpan	17	50	50	50	50	33	42	50	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Apizaco	17	50	50	42	50	50	50	42	SD	SD	SD	17	SD	SD	SD	SD	SD	67	**100**	33
Tlaxcala	8	42	33	8	42	50	8	8	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Huamantla	SD	SD	17	33	33	50	50	33	SD	SD	SD	**75**	42	33	25	25	33	25	33	25
Trinidad Tenexyecac	SD	SD	SD	SD	SD	SD	33	17	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Quilehtla	17	50	42	42	42	17	50	33	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ixtacuixtla	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
UPTlaxcala	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD

SD: Sin datos

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Tabla 2.9 ***(Continuación)*** *Porcentaje de datos válidos por trimestre de PST.* **Estación**	2009				2010				2012				2013			
	Trimestre				Trimestre				Trimestre				Trimestre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Calpulalpan	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD

Apizaco	100	100	100	100	100	100	100	67	SD	SD	SD	SD	SD	33	100	SD
Tlaxcala	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Huamantla	SD	SD	SD	SD	100	100	100	67	SD	SD	SD	SD	SD	SD	33	SD
Trinidad T.	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Quilehtla	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ixtacuixtla	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	42	92	SD
UPTx	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	33	100	SD

SD: Sin datos

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De las tablas anteriores, se puede observar que las estaciones que cumplen con el criterio de suficiencia de datos para PST son Apizaco para los años 2009 y 2010, así como Huamantla para 2010.

Tabla 2.10 *Porcentaje de datos válidos por trimestre y por año de PM_{10}.*

Estación	2006				2007				2008				2009			
	Trimestre				Trimestre				Trimestre				Trimestre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Calpulalpan	SD	SD	SD	50	75	100	33	8	SD	42	8	58	100	100	100	100
Tlaxcala	SD	SD	SD	42	100	92	50	50	SD	100	110	33	100	100	100	100
Quilehtla	SD	SD	SD	25	92	33	SD	17	SD	25	75	33	100	67	100	58
Apetatitlan	SD	SD	SD	SD	8	75	8	33	SD	92	42	17	92	25	42	42

SD: Sin datos

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Tabla 2.10 (Continuación) *Porcentaje de datos válidos por trimestre y por año de PM_{10}.*

Estación	2010				2012				2013			
	Trimestre				Trimestre				Trimestre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Calpulalpan	100	100	100	75	0	0	0	0	0	0	8	0
Tlaxcala	100	100	100	67	0	0	75	17	0	75	58	0
Quilehtla	100	100	100	75	0	0	0	0	0	67	100	0
Ixtacuixtla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	92	0

SD: Sin datos

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

En este mismo tenor, para el caso de los datos de PM_{10}, cumplen con este criterio las estaciones de Calpulalpan en 2009 y 2010, Quilehtla en 2010 y Tlaxcala en 2009 y 2010. Finalmente se consideró realizar el análisis de cumplimiento de la norma con las estaciones que cumplen con el criterio de suficiencia de datos y, para el caso de los indicadores con toda la información disponible.

2.3.1 Evaluación del cumplimiento de la norma

Para la comparación de los resultados con el valor límite permisible establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, las bases de datos de 2003 a 2005 se compararon con 260 $\mu g/m^3$ (NOM-024-SSA1-1993) y 210 $\mu g/m^3$ (MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, DOF-2005) para los años 2006 a 2013 en el caso de PST. De igual manera las PM_{10} se compararon con 120 $\mu g/m^3$ de 2006 a 2013 y de 50 $\mu g/m^3$ de la norma anual (MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, DOF-2005). A

continuación se presentan los resultados del análisis de partículas para el Estado de Tlaxcala.

Evaluación de la norma diaria

Para la evaluación del cumplimiento de la norma diaria se tomaron las estaciones que cumplen con el 75% de los datos validados y a partir de ello se calculó el percentil 98, tal como se establece en la NOM. En la tabla 2.11 y 2.12 se muestran los días fuera de norma para PST y PM_{10}.

Tabla 2.11 *Valor del percentil 98 de PST.*

Año	Huamantla	Apizaco
2009	N/A	258
2010	144	158

N/A: No Aplica

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Tabla 2.12 *Valor del percentil 98 de* PM_{10}.

Año	Calpulalpan	Quilehtla	Tlaxcala
2009	59	N/A	114
2010	63	40	54

N/A: No Aplica

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De acuerdo con las tablas anteriores, para el caso de PST el sitio de Tlaxcala es el único que rebasa la norma diaria con un valor por arriba de los 210 µg/m^3 para el año 2009. Respecto a los datos de PM_{10}, los sitios analizados cumplen con la norma diaria.

Evaluación de la norma anual

Tabla 2.13 *Concentración promedio anual por estación de monitoreo de PST, (µg/m^3).*

Año	Huamantla	Apizaco
2009	DI	133.6
2010	116.8	121.5

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Tabla 2.14 *Concentración promedio anual de* PM_{10}, *(µg/m^3).*

Año	Calpulalpan	Quilehtla	Tlaxcala
2009	21.6	DI	35.8
2010	30.7	47.5	35.3

DI: Datos insuficientes

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De acuerdo con las tablas anteriores, no se rebasa la norma anual en ninguno de los sitios de monitoreo de PST ni de PM_{10}, presentándose niveles moderados de contaminación en el aire, sin llegar a exceder los límites establecidos en la norma.

Análisis de tendencia

Este apartado se realizó con el total de los datos recopilados tanto de PST y PM_{10} en cada uno de los sitios muestreados. Es decir, las tablas y gráficas que se muestran más adelante no consideran excluir los datos que no cumplen con el criterio de suficiencia de datos. Lo anterior, se concluyó con base en la cantidad de datos y en la frecuencia de recopilación de los mismos, la cual es muy baja y no nos mostrarían una tendencia en el transcurso del tiempo.

En la tabla 2.15 se muestran los días por arriba del valor permisible por estación de monitoreo de PST, en la cual se observa que el monitoreo no ha sido constante en todos los puntos de muestreo y que los municipios en donde se ha rebasado el valor límite permisible de PST son Apizaco y Huamantla, seguido de Ixtacuixtla, lo que nos da un indicio de los posibles sitios seleccionados para establecer una estación automática de monitoreo atmosférico.

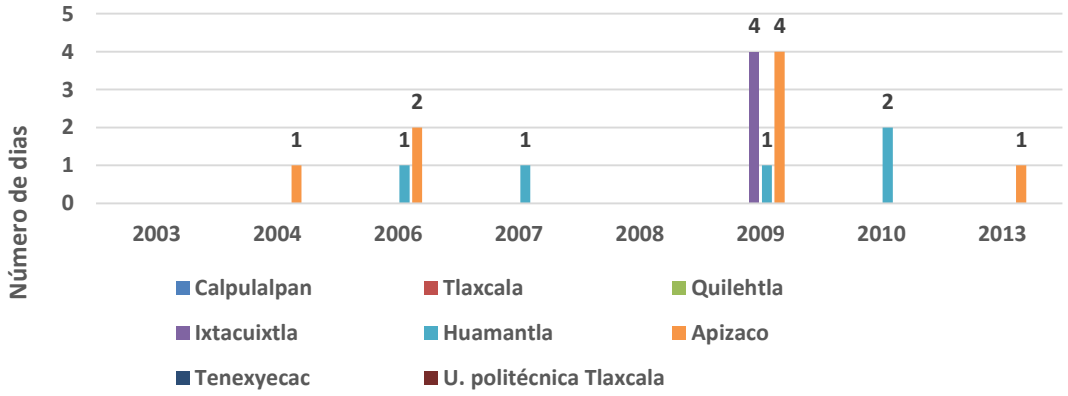
Tabla 2.15 *Días por arriba del valor límite permisible por estación de monitoreo de PST.*

Año	Calpulalpan	Tlaxcala	Quilehtla	Ixtacuixtla	Huamantla	Apizaco	Tenexyecac	UPTx
2003	0	0	0	S/D	0	0	S/D	S/D
2004	0	0	0	S/D	0	1	0	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	0	1	2	S/D	S/D
2007	S/D	S/D	S/D	S/D	1	S/D	S/D	S/D
2008	S/D	S/D	S/D	0	0	0	S/D	S/D
2009	S/D	S/D	S/D	4	1	4	S/D	S/D
2010	S/D	S/D	S/D	S/D	2	0	S/D	S/D
2013	S/D	S/D	S/D	0	0	1	S/D	0
Total	**0**	**0**	**0**	**4**	**5**	**8**	**0**	**0**

S/D: Sin dato

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Figura 2.2 *Días por arriba del valor límite permisible por estación de monitoreo de PST.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA-FCFM-BUAP con datos de la CGE, INECC y UATx.*

A continuación se presentan los días por arriba del valor límite permisible para partículas menores a 10 micras.

Tabla 2.16 *Días por arriba del valor límite permisible de norma por estación de monitoreo de PM_{10}.*

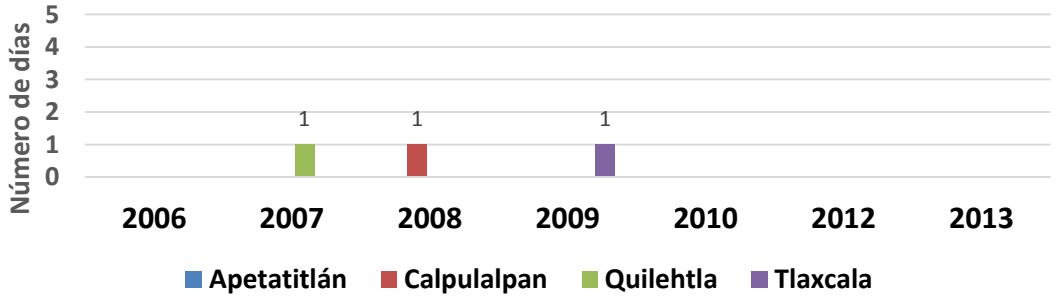
Año	Apetatitlán	Calpulalpan	Quilehtla	Tlaxcala
2006	S/D	0	0	0
2007	0	0	1	0
2008	0	1	0	0
2009	0	0	0	1
2010	S/D	0	0	0
2012	0	S/D	S/D	0
2013	S/D	0	0	0
Total	0	1	1	1

S/D: Sin dato

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De la tabla anterior, se observa que de las cuatro estaciones que monitorean las concentraciones de partículas menores a 10 micras, sólo la estación de Apetatitlán no presenta valores por arriba del límite permisible para este contaminante.

Figura 2.3 *Días por arriba del valor límite permisible por estación de monitoreo de PM_{10}.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

En la figura 2.3, se observa que tres estaciones de PM_{10} rebasan el valor límite permisible establecido por la norma, cada una de ellas en una sola ocasión.

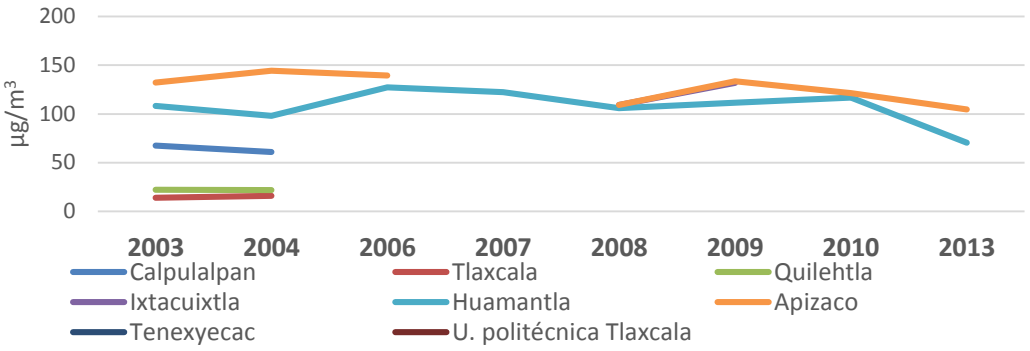
Tabla 2.17 *Concentración promedio anual por estación de monitoreo de PST, ($\mu g/m^3$).*

Año	Calpulalpan	Tlaxcala	Quilehtla	Ixtacuixtla	Huamantla	Apizaco	Tenexyecac	UPTx
2003	68	14	22	S/D	108	132	S/D	S/D
2004	61	16	22	S/D	98	144	46	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	46	127	140	S/D	S/D
2007	S/D	S/D	S/D	S/D	122	S/D	S/D	S/D
2008	S/D	S/D	S/D	109	106	109	S/D	S/D
2009	S/D	S/D	S/D	132	111	134	S/D	S/D
2010	S/D	S/D	S/D	S/D	117	122	S/D	S/D
2013	S/D	S/D	S/D	68	71	105	S/D	69

S/D: Sin dato

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Figura 2.4 *Concentración promedio anual por estación de monitoreo de PST (µg/m³).*



Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De la tabla 2.17 y la figura 2.4 se observa que las estaciones que presentan los niveles más altos de PST presentes en el aire son Apizaco, Huamantla e Ixtacuixtla, siendo las estaciones de Calpulalpan, Quilehtla y Tlaxcala las que presentan los niveles más bajos de partículas suspendidas totales.

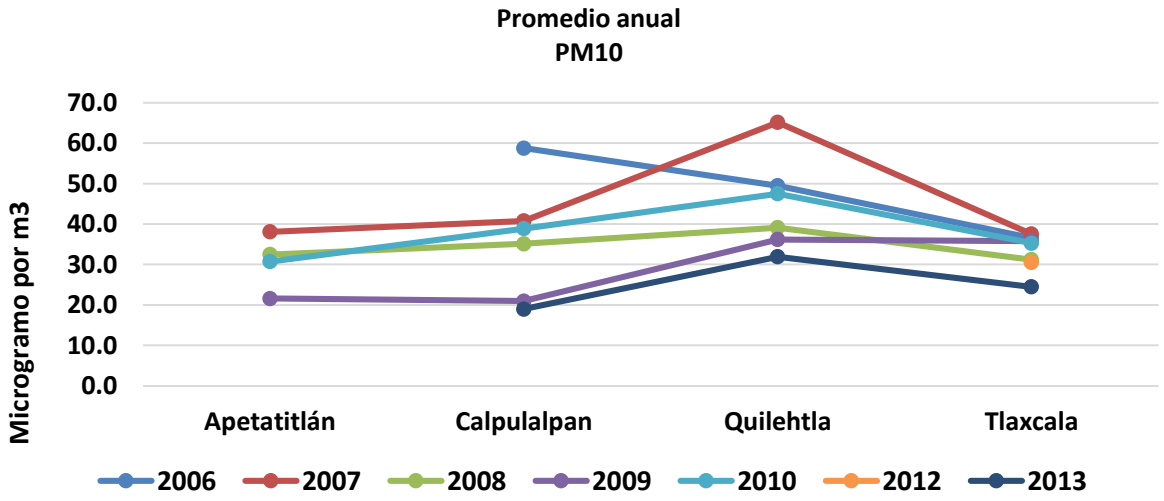
Tabla 2.18 *Concentración promedio anual de PM_{10}, (µg/m³).*

Año	Apetatitlán	Calpulalpan	Quilehtla	Tlaxcala
2006	SD	59	50	37
2007	38	41	65	38
2008	32	35	39	31
2009	22	21	36	36
2010	31	39	48	35
2012	SD	SD	SD	31
2013	SD	19	32	25

SD: Sin Datos

Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

Figura 2.5 *Tendencia anual por estación de monitoreo de PM_{10}.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de la UATx, INECC y CGE.*

De acuerdo con la tabla 2.18 y la figura 2.5 en el año 2007 se presentaron los niveles más altos de PM_{10} en los cuatro sitios de muestreo, siendo Quilehtla el sitio que sobresale en todos los años por arriba del resto de las estaciones; las cuales presentan niveles similares durante el periodo de monitoreo.

Conclusión

Si bien es cierto que el monitoreo no se realiza de manera constante, se concluye que el Estado de Tlaxcala presenta indicios de niveles moderados de contaminación del aire, en cuanto a material particulado se refiere. Si bien los niveles no resultan alarmantes sí se presentan días con concentraciones por arriba del valor límite permisible establecido en las normas. En este sentido y con base en lo anterior expuesto, resulta necesario instaurar sistemas continuos de monitoreo atmosférico que permitan realizar el diagnóstico permanente de la calidad del aire, ampliando el monitoreo al análisis de todos los gases criterio y no limitándose a partículas suspendidas. Lo anterior, nos permitirá mantener informada a la población, así como a confirmar o reorientar las políticas públicas en la materia.

2.4 Diagnóstico del Programa de Verificación Vehicular (PVV)

En el Estado de Tlaxcala se efectúa la regulación de las emisiones generadas por los vehículos automotores a través de la aplicación del Programa de Verificación Vehicular. Mediante su operación se otorgan los hologramas estatales (tipo 1), así como el cero y doble cero, debido a que se cuenta con convenio de homologación con el Distrito Federal y el Estado de México. Un paso importante dentro de las políticas de calidad del aire, es la conformación de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME), la cual tiene como uno de sus objetivos establecer la homologación de las políticas públicas de regulación de las fuentes emisoras de contaminantes al aire de la región centro país. Tlaxcala se encuentra trabajando en este sentido de manera coordinada con los estados de Puebla, Edo. de México, Distrito Federal, Morelos e Hidalgo.

En la siguiente figura se muestran los centros de verificación vehicular en el Estado de Tlaxcala, es importante mencionar que se cuenta con 30 centros que otorgan la verificación estatal y 1 centro que otorga los hologramas “0” y “00”. Se cuenta además, con un sistema de video vigilancia que permite verificar en tiempo real y de manera remota la adecuada operación de los centros; llegando la información de manera visual (videos), así como archivos con la información de los resultados de la prueba de verificación. Toda esta información se concentra en el centro de control de verificación vehicular instalado en la Coordinación General de Ecología.

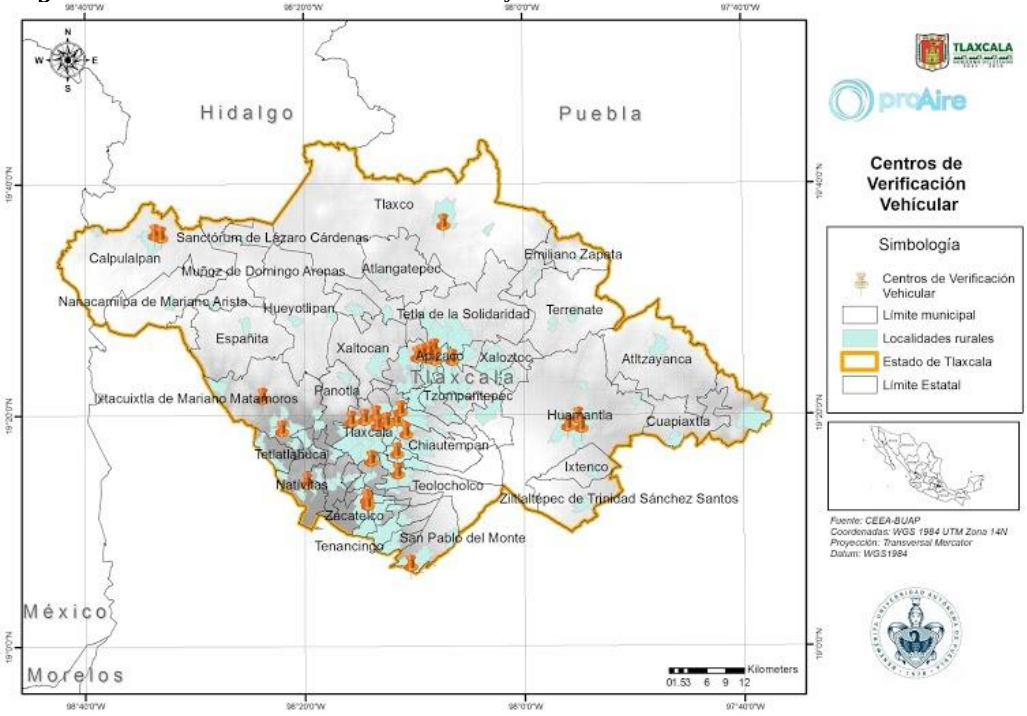
En la figura 2.6 se representa de manera gráfica la estructura bajo la cual se realiza la aplicación y operación del Programa de Verificación Vehicular.

Figura 2.6 *Áreas de operación del departamento de verificación vehicular.*

Fuente: *Elaboración propia con datos de la CGE.*

En el Estado de Tlaxcala, en el año 2012 se llevó a cabo la modernización de los centros de verificación vehicular, mediante la adquisición de equipos analizadores de gases con tecnología de punta, esto permitió una mejor operación y supervisión del programa de verificación vigente.

Figura 2.7 *Ubicación de centros de verificación vehicular del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *http://www.cge-tlaxcala.gob.mx/verif.html.*

De la figura anterior se desprende que la mayoría de los centros de verificación se encuentran concentrados en la parte central del Estado de Tlaxcala, distribuidos tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.19 *Localización de centros de verificación.*

Municipio	No. de centros
Apetatitlán de Antonio Carvajal	1
Apizaco	7
Calpulalpan	2
Chiautempan	3
Huamantla	3
Ixtacuixtla	2
Nativitas	1
Teolocholco	1
Tepeyanco	1
Tlaxcala	3
Tlaxco	1
Totolac	1
Xocohtzinco	1
Yauhquemecan	1
Zacatelco	1
La Magdalena Tlaltelulco	1
San Pablo del Monte	1

Fuente: *Elaboración propia con datos de la CGE.*

Los centros de verificación otorgan los hologramas "1", "0" y "00". Sin embargo, 30 de los centros otorgan el holograma "1" y uno otorga los hologramas "0" y "00". Ver tabla 2.20.

Tabla 2.20 *Características generales de los CVV del Estado de Tlaxcala*

Número de centros	31
No. de centros dinámicos	1
No. de centros estáticos	30
No. de líneas de verificación dinámicas	1
No. de líneas de verificación estáticas	30

Fuente: *Elaboración propia con datos de la CGE.*

Con respecto al porcentaje de cumplimiento por parte de la ciudadanía al programa de verificación vehicular, éste ha presentado una tendencia a la baja en los últimos 3 años, por lo que se requiere de programas de apoyo tales como la supervisión en vía pública y programas de difusión y comunicación de los beneficios que tiene como resultado la aplicación de estos programas de regulación de emisiones a la atmósfera. En la tabla 2.21 se presenta el cumplimiento al programa para el periodo de 2011 a 2013.

Tabla 2.21 *Cumplimiento al Programa de Verificación Vehicular (%).*

Año	Porcentaje de cumplimiento (%)
2011	50.72
2012	44.36
2013	39.70

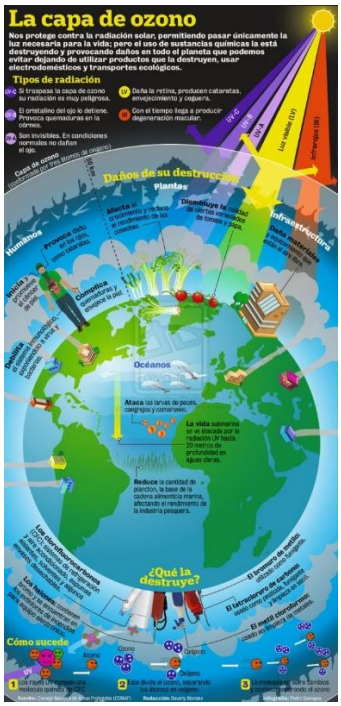
Fuente: *Elaboración propia con datos de la CGE.*

2.5 Vinculación de la calidad del aire con sustancias agotadoras de la capa de ozono, cambio climático y contaminantes tóxicos

2.5.1 Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono

Las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO) son aquellas que reaccionan con el Ozono Estratosférico, provocando un adelgazamiento en la capa de ozono y la posterior aparición del agujero en la capa de ozono en los polos que alcanzó casi 30 millones de km^2 en el año 2000, valor que es considerado un máximo histórico. El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno (O_3), es un gas incoloro y muy activo; reacciona fácilmente con otras sustancias. Se produce naturalmente en pequeñas trazas que ascienden en la atmósfera superior. El ozono a esta altitud protege la vida en la Tierra de los rayos ultravioleta (UV) del sol.

Figura 2.8 Imagen del agujero de ozono en la Antártida.



Fuente: *NASA, Goddard Space Flight Center, august 2014.*

El ozono se destruye cuando reacciona con moléculas que contienen nitrógeno, hidrógeno, cloro, o bromo. Debido al aumento y acumulación de las concentraciones de gases antropogénicos, como los clorofluorocarbonos (CFC) han provocado un aumento de las tasas de destrucción de ozono, alterando el equilibrio natural de la capa de ozono. Esta reducción de ozono ha aumentado la cantidad de radiación ultravioleta que alcanza la superficie de la Tierra.

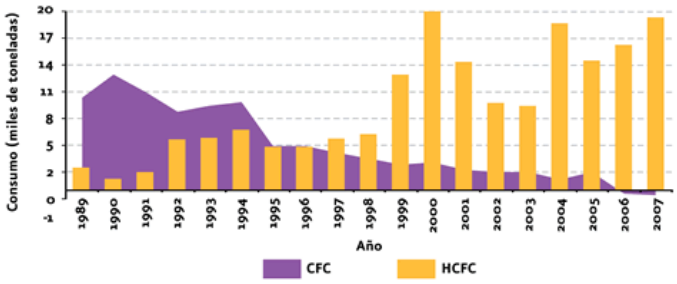
Con la intención de preservar la capa de ozono, se adoptó el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan el ozono en 1987. Este acuerdo busca la adopción de "*medidas preventivas para controlar equitativamente el total de emisiones mundiales de las sustancias que la agotan, con el objetivo final de eliminarlas, sobre la base de los adelantos en los conocimientos científicos, considerando aspectos técnicos, así como económicos y teniendo siempre presentes las necesidades que en materia de progreso tienen los países en desarrollo*".

Entre las SAO listadas en los anexos del Protocolo de Montreal se encuentran los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), halones, hidrobromofluorocarbonos (HBFC), bromoclorometano, metilcloroformo, tetracloruro de carbono, y el bromuro de metilo. Las SAO se cuantifican en función de su Potencial de Agotamiento del Ozono (PAO), que es la capacidad que tiene para destruir moléculas de ozono, en comparación con el Triclorofluorometano (CFC-11), cuyo PAO se considera igual a uno.

El protocolo fue ratificado por México, que ha logrado reducir su producción de SAO en un 90% hasta la fecha. Esto fue posible gracias al cierre de la producción de CFC en 2005, la reducción del uso de CFC en equipos de refrigeración domésticos e industriales así como en propelentes para aerosoles; y la reducción de SAO en la producción de solventes y espumas.

Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que los SAO en México no han sido retirados del todo, sino sustituidos por otros menos dañinos al ozono, y que éstos son Gases de Efecto Invernadero con un alto Potencial de Calentamiento Global, que puede alcanzar el orden de miles de veces el potencial del dióxido de carbono.

Figura 2.9 *Consumo nacional de HCFC como sustancias alternativas a los CFC, 1989 – 2007.*



Nota:
[1]El consumo es el resultado de la producción más la importación menos la exportación de SAO. Algunos datos de consumo son negativos debido a que la exportación fue mayor a la producción e importación.

Fuente: *SEMARNAT, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental Unidad Protectora de la capa de ozono, México.*

Actividades en el Estado de Tlaxcala que generan sustancias agotadoras de la capa de ozono

Existen actividades en el Estado de Tlaxcala que utilizan todavía halones, que tiene una estructura semejante a la de los CFC, pero que contienen átomos de bromo en vez de cloro. Los

halones se usan como extintores de incendios, destruyen más ozono que los CFC. Otros compuestos de cloro y bromo, como el tetracloruro de carbono, el metil cloroformo y el bromuro de metilo, también son dañinos para la capa de ozono.

El tetracloruro de carbono, usado para combatir incendios, y para los pesticidas, la limpieza en seco y los fumigantes para cereales, es algo más destructivo que el más dañino de los CFC. El metilcloroformo muy usado para la limpieza de metales, no es tan perjudicial, pero igualmente representa una amenaza. El bromuro de metilo se utiliza como un fumigante de múltiples aplicaciones. Los óxidos nitrosos, liberados por los fertilizantes nitrogenados y por la quema de combustibles fósiles, destruyen el ozono y tienen larga vida, pero sólo llegan a la estratosfera en proporciones muy pequeñas.

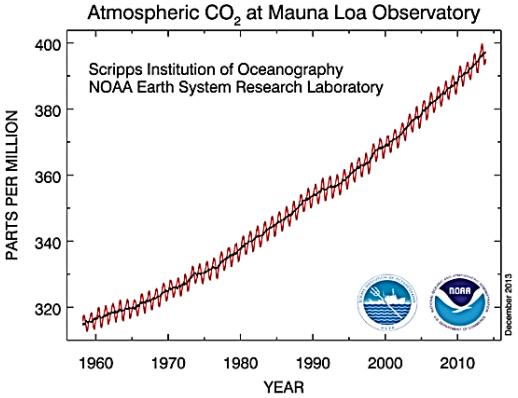
Las SAO más conocidas son clorofluorocarbonos (CFC), también destacan los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), halones, bromuro de metilo (MBR), tetracloruro de carbono (TET) y metil cloroformo (MCF). Estas sustancias son empleadas en sistemas de refrigeración, aire acondicionado, espuma rígida de poliuretano, solventes, insecticidas, aerosoles y extintores, etc.

En nuestro país se ha impulsado la sustitución de sustancias de alto impacto sobre la capa de ozono por otras menos dañinas; por ejemplo, mientras el consumo de clorofluorocarbonos (CFC) usado en la refrigeración y aire acondicionado ha disminuido, pero el consumo de sustancias alternativas como los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) se ha incrementado. En este sentido, en necesario continuar fomentando en el Estado de Tlaxcala el uso de sustancias que no afecten la capa ozono.

2.5.2 Cambio climático

Se denomina Cambio Climático a la variabilidad del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera planetaria y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (*Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Artículo 1 párrafo 2*).

Figura 2.10 Promedios anuales de dióxido de carbono en el observatorio de Mauna Loa, Hawaii. Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/) and Dr. Ralph Keeling, Scripps.

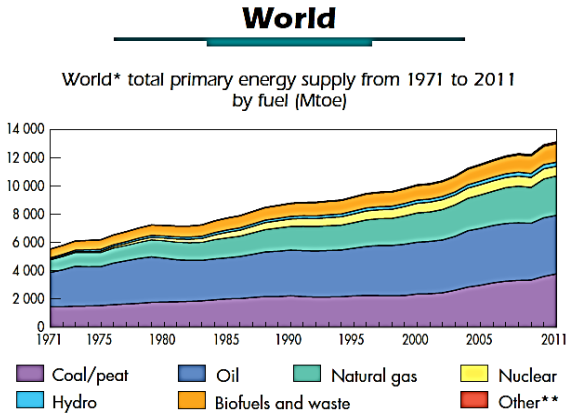


Fuente: *Institution of Oceanography (scrippsco2.ucsd.edu/)*

Durante los últimos 50 años, la comunidad científica mundial ha registrado una serie de eventos que perciben un cambio inusual en el clima alrededor de nuestro planeta, entre ellos están el derretimiento del hielo de los polos, el incremento en el nivel medio del mar, el incremento en la temperatura promedio de la atmósfera y el aumento de eventos meteorológicos considerados extremos[13].

En 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), para dar seguimiento a las potenciales evidencias del cambio climático mundial. Su objetivo es analizar de forma exhaustiva y objetiva, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del potencial riesgo que supone el cambio climático provocado fundamentalmente por las actividades humanas, sus posibles repercusiones, las posibilidades de adaptación y mitigación del mismo[14].

Figura 2.11 *Producción mundial de energía 1971-2011.*



Fuente: *Tomado de Key World Energy Statistics 2013, IEA.*

La principal causa del cambio climático es el consumo de combustibles fósiles para cubrir la demanda energética, que en 2011 representó casi el 90% de la demanda energética neta mundial.

La quema de estos combustibles de origen fósil liberan a la atmósfera gases de efecto invernadero (GEI), éstos tienen la capacidad de absorber radiación solar y emitirla en forma de calor.

Es importante señalar que la presencia de GEI en la atmósfera es natural, por lo que la temperatura media global sea de 15°C; sin estos gases la temperatura sería de -18°C, sin embargo las concentraciones de GEI en la atmósfera han ido en aumento en fechas recientes debido a las emisiones antropogénicas.

Entre los principales GEI anropogénicos están el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Ya que cada GEI produce un

[13] *http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/comprendercc/queeselcc/evidenciasdelcc.html*

[14] *http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#.UqnjbdIW3iQ*

calentamiento en la atmósfera en diferente proporción, según su poder calorífico (GWP por sus siglas en inglés) a cada uno, tomando como base al dióxido de carbono.

Tabla 2.22 *Potenciales de Calentamiento Global de los principales GEI.*

GEI	GWP
CO_2	1
CH_4	25
NO_2	298

Fuente: *IPCC, AR4:212.*

De acuerdo con el IPCC, las concentraciones de GEI en la atmósfera se han elevado hasta provocar una interferencia peligrosa con el sistema climático. Lo anterior ha provocado un aumento en la temperatura media global del planeta (calentamiento global), derritiendo los grandes glaciares e incrementando así el nivel del mar (IPCC 2007:2)[15].

Según el IPCC: se tienen cambios en la variabilidad climática (El Niño), lo que provocará un aumento en el riesgo de muchos eventos extremos, incluyendo inundaciones, sequías, olas de calor e incendios, con crecientes niveles de efectos adversos; el riesgo de que un aumento de 1-2 °C en el calentamiento global (frente a la temperatura en la actualidad) daría lugar a un gran aumento del nivel del mar debido a, por lo menos el deshielo parcial de ambas capas de hielo, un gran aumento en la intensidad de los ciclones tropicales con niveles crecientes de impactos adversos mientras la temperatura aumenta, el riesgo de que la retroalimentación positiva de calentamiento pueden causar la liberación de CO_2 o el metano (CH_4) de la biosfera y el suelo terrestre (IPCC 2007:101)"[16].

Para contrarrestar los efectos del Cambio Climático, se adoptó en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo es alcanzar la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que evite la interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático, ésta fue ratificada por 194 países industrializados[17]. Refiriéndonos a todo lo antes expuesto, es importante señalar que el Estado de Tlaxcala no está exento de los potenciales efectos del Cambio Climático.

[15] Climate Change 2007: Syntesis Report. Summary for policy makers. Página 2.
[16] Fourth Assessment Report, IPCC, 2007. Página 101.
[17] Definida por el IPCC (AR4) como impactos inaceptables en el sistema climático, producción de alimentos, ecosistemas o desarrollo económico sustentable.

Figura 2.12 *Temperatura normal proyectada 1950-2000.*

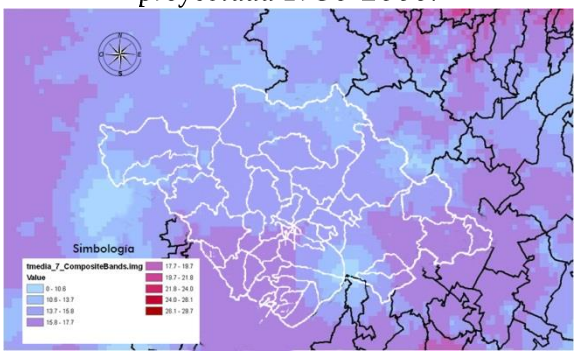
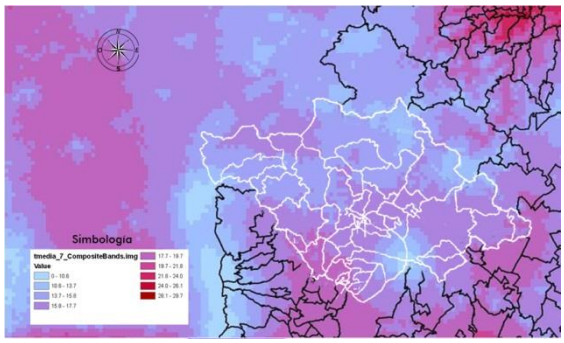


Figura 2.13 *Temperatura Escenario A2 a 2030.*



Fuente: *Elaboración propia FCFM – CEEA – BUAP.*

Los mapas expuestos en las figuras 2.12 y 2.13 describen una diferencia en cuanto a temperatura media que se registró en el periodo 1950 -2000, con respecto a los escenarios esperados para 2030, presencia de colores más cálidos, esto con base al modelo ensamble (REA) del IMTA (Montero & Lobato) que integra los modelos aprobados por parte del IPCC. Lo que quiere decir que existe una posibilidad alta de que se presente una variabilidad del clima en un futuro próximo, lo que traería graves consecuencias a los ecosistemas locales.

Derivado de lo anterior, las emisiones globales empiezan desde el ámbito local, por lo que una buena política en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, contribuirá "directamente" en las medidas de mitigación de gases de efecto invernadero. Asimismo es importante señalar, que el Estado de Tlaxcala ha elaborado su "*Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) del Estado de Tlaxcala*", por lo que se deben coordinar las acciones de ambos programas para fortalecer las capacidades y recursos en la materia.

El PEACC del Estado de Tlaxcala está vinculado a las necesidades del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en el Eje 4. Sustentabilidad Ambiental; 4.6 Cambio climático, mediante el objetivo 10: Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el objetivo 11 Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

Con base al PEACC, en 2009 las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO_2 eq) para Tlaxcala fueron de 3,732.1 Gg. La contribución por categorías en términos de CO_2 eq es la siguiente: energía 70% (2,609.4 Gg); desechos 14% (516.5 Gg), agricultura 9% (335.6 Gg), uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura6% (230.4 Gg) y procesos industriales 1% (40.0 Gg). En relación a las toneladas de CO_2 eq per-cápita en el periodo 2005-2009, el incremento en las emisiones de GEI fue de 13.8%, con una tasa de crecimiento anual de 3.4%, con 2.9 y 3.3 Ton CO_2 eq en 2005 y 2009 respectivamente.

2.5.3 Contaminantes tóxicos

Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA), los contaminantes tóxicos del aire (Hazardous Air Pollutants) son aquellos que se sabe o se sospecha son causa de cáncer u otros problemas serios de salud tales como efectos en la reproducción, defectos teratogénicos o que tienen efectos adversos en el ambiente. Los efectos que los contaminantes tóxicos tienen sobre

la salud, dependen de diversos factores como lo son el tiempo y la frecuencia de la exposición, la concentración del contaminante, la edad y el estado de salud del individuo, etc.

Basado en lo anterior, puede diferenciarse entre las exposiciones crónicas (aquellas que son muy frecuentes y a bajas concentraciones de contaminantes, desarrollan efectos a largo plazo) y las agudas (la exposición suele suceder en una sola ocasión a concentraciones muy altas de contaminantes, sus efectos son inmediatos).

Las fuentes fijas contribuyen a las emisiones de contaminantes tóxicos mediante el uso de solventes para limpieza de superficies industriales, el desengrasado de piezas, los servicios de impresión y fabricación de papel, además de emplearlos también como materias primas para sus procesos de producción. Los principales contaminantes emitidos son el tolueno, metil etil cetona, xilenos (isómeros y mezclas) y metanol.

Las fuentes de área emiten contaminantes tóxicos debido al uso de solventes en los ámbitos doméstico y comercial, limpieza de superficies industriales, recubrimientos arquitectónicos e industriales, y debido a los rellenos sanitarios. Los principales contaminantes emitidos por estas fuentes son tolueno, tricloroetano, metanol, tricloroetileno, m-xileno y percloroetileno.

Las emisiones de contaminantes tóxicos también proceden de la vegetación (fuentes biogénicas) que de manera natural producen algunas sustancias tóxicas como el acetaldehído, el butadieno, compuestos de cianuro, etileno, fenol, formaldehído, metanol, isoprenos, etc. mismos que son liberados a la atmósfera cuando son presa de incendios forestales o como parte de su ciclo natural para combatir plagas. La presencia de sustancias tóxicas en el aire conlleva además su deposición en acuíferos debido al arrastre causado por la lluvia, luego de lo cual pueden llegar al ser humano mediante la ingesta de agua o de los seres vivos que allí crecen, como en el caso del mercurio.

Los sectores industrial y artesanal hacen uso del plomo y sus derivados para la elaboración de sus productos y el esmaltado o vidriado de artesanías. La exposición a este contaminante tóxico es principalmente debido al material particulado emitido a la atmósfera que posteriormente se deposita en el suelo, contaminando los cuerpos de agua como consecuencia del lavado de suelos contaminados.

La presencia de empresas minero-metalúrgicas, del ramo petrolero, así como zonas industriales entre otras fuentes de contaminantes tóxicos, ha permitido identificar 5 sitios que representan un riesgo potencial a la población en las comunidades de San Pablo del Monte, La Trinidad Tenexyecac, Tetla de la Solidaridad, Xalostoc y Santiago Xochimilco (Sánchez-Alarcón, Gómez - Olivares, Waliszewki-Stefan, Montiel-González, Valencia - Quintana, 2012). También se han identificado 34 sitios considerados como peligrosos debido a la presencia de industrias y tiraderos municipales.

Posteriormente, un examen de plomo en la sangre mostró que un 85% de la población en la comunidad de La Trinidad Tenexyecac superó el valor de intervención ambiental establecido por la EPA (Sánchez-Alarcón, García - Nieto, Juárez-Santacruz, García - Gallegos, Gómez - Olivares & Valencia-Quintana). Empero, existen paradigmas al respecto, como lo es el caso de San Luis Potosí, donde ya se han identificado diez sitios considerados como peligrosos y elaborado programas de restauración para cuatro de ellos, y de inspección para los seis restantes.

Sustancias sujetas a reporte del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

Se publica en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 24 de enero del año 2014, la Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013, que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Por otra parte, el artículo 109 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), establece para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, la obligación de integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente[18].

En este tenor, la presente Norma Oficial Mexicana (NOM) establece la lista que consta de 200 sustancias químicas que integrarán el RETC, con sus respectivos umbrales de reporte, estas se consideran prioritarias para nuestro país por tener el potencial de ocasionar daños al ambiente, cuando son emitidas o transferidas[19].

[18] *NOM – 165 – SEMARNAT – 2013, DOF - 24 de enero 2014*
[19] *ITEM.*

3

Inventario de emisiones y balance energético Estatal

3. Inventario de emisiones y balance energético Estatal

En este capítulo se presenta el inventario de emisiones a la atmósfera del Estado de Tlaxcala por tipo de fuente, distinguiendo de manera cualitativa y cuantitativa la aportación de cada una de ellas. Por otra parte, se presenta también el balance energético estatal. Esto permite asegurar la confiabilidad de la información presentada.

Inventario de emisiones a la atmósfera del Estado de Tlaxcala

Los contaminantes presentes en el aire son el resultado de una gran cantidad y diversidad de fuentes emisoras. En zonas urbanas como algunos de los municipios del Estado de Tlaxcala, tienen principalmente un origen antropogénico. No obstante, también existen fuentes de origen natural pero de menor importancia.

Los contaminantes se presentan en forma de gases, aerosoles y material particulado. Entre los gaseosos encontramos a los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO_2) y compuestos orgánicos volátiles (COV´s) entre otros.

En referencia al material particulado, éste considera a los sólidos presentes en el aire, los cuales se clasifican en partículas suspendidas totales, partículas de diámetro aerodinámico menor a 10 micras, y partículas suspendidas de diámetro aerodinámico inferior a 2.5 micras.

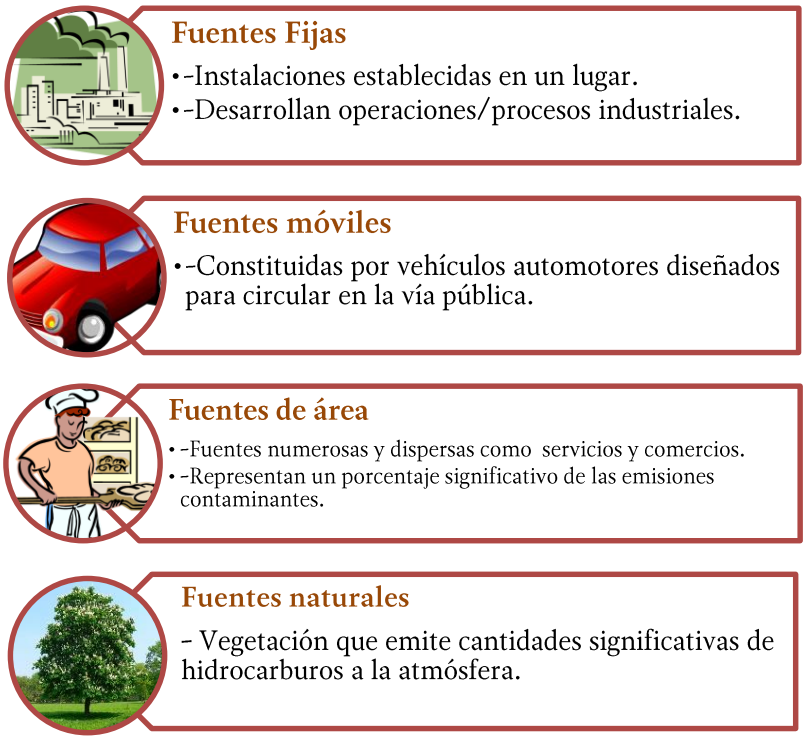
Los inventarios de emisiones son una herramienta que se utiliza para conocer la carga de contaminantes producida por las actividades propias de la población de un municipio, estado o país; actualmente los inventarios tienden a integrarse por regiones o cuencas considerando las aportaciones de contaminantes por las diferentes fuentes.

En este capítulo se presentan las emisiones por fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles y naturales; las fuentes fijas que se consideran son las industrias de competencia federal y estatal y de los diferentes giros y municipios; cabe destacar que la fuente de información fue SEMARNAT Y la Coordinación de Ecología para las fuentes fijas federales y estatales.

La información se completó y validó con las bases de datos de la SEDECO y el DENUE. Para las fuentes de área, los datos de población y vivienda obtenidos por INEGI, así como la información empresarial del DENUE, se utilizaron para el cálculo de la emisión de contaminantes.

El presente Inventario del Estado de Tlaxcala está elaborado para el año base 2011, por lo que todas las emisiones fueron calculadas con estas consideraciones. En este sentido, las emisiones se agruparon en las cuatro fuentes, mismas que se presentan a continuación.

Figura 3.1 *Fuentes del inventario de emisiones a la atmósfera.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Los contaminantes considerados para este inventario de emisiones son los denominados "*contaminantes criterio*" para los cuales existen normas de calidad del aire en función de sus efectos e impactos a la salud de la población y la capacidad de establecer criterios de regulación y control:

- Partículas de diámetro aerodinámico menor a 10 y 2.5 micras (PM_{10} y $PM_{2.5}$);
- Bióxido de azufre (SO_2);
- Monóxido de carbono (CO);
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x);
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) y
- Amoniaco (NH_3).

Método de cálculo

Para la elaboración del presente inventario se tomó como base la metodología descrita por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) y la Western Governors' Association.

En las cuales se describen los procedimientos a seguir para las categorías y subcategorías de cada una de las fuentes que conforman el inventario de emisiones a la atmósfera. Para el caso del análisis de cada una de las fuentes, existen metodologías específicas, las cuales consideran niveles de actividad y factores de emisión, algunos de ellos acoplados a las condiciones particulares de México.

Descripción de fuentes

Fuentes fijas:

Son aquellas como las industrias y sus emisiones. Dichas emisiones son producidas principalmente por los procesos de combustión necesarios para generar energía o vapor. Dependen de la composición de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento de equipos y de la utilización de equipos de control al final del proceso (filtros, precipitadores, lavadores de gases, entre otros). Los principales contaminantes generados en la combustión son dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido y monóxido de carbono, así como hidrocarburos. En este tipo de fuentes se generan emisiones por proceso, que dependen del giro de la empresa y las operaciones necesarias para la fabricación del producto final.

Fuentes de área:

Las fuentes de área son demasiado numerosas y al mismo tiempo dispersas para ser incluidas como fuentes fijas. Sin embargo, de manera colectiva y en volumen son emisores significativos de contaminantes al aire. Así mismo tienen esta denominación, en función de que muchas de ellas no cuentan con una salida conducida o puntual. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros. A diferencia de las fuentes fijas que distinguen las emisiones de los establecimientos individuales y los equipos emisores, los inventarios de fuentes de área colocan a las emisiones de fuentes similares dentro de categorías.

Fuentes móviles:

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte tales como automóviles, camiones y aviones, etc. La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV´s).

Fuentes naturales:

Este tipo de fuentes son los volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas. Las emisiones incluyen óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metanogénicos, metano, dióxido y monóxido de carbono y compuestos nitrogenados y azufrados.

El inventario de 2011, cuenta con una emisión total de 372 mil 132 toneladas. Con respecto a la aportación por fuente, el inventario actual es comparable con las aportaciones del INEM 2005, con una aportación de alrededor del 80% en el caso de las fuentes móviles. A continuación se presenta el inventario de emisiones a la atmósfera con año base 2011.

Tabla 3.1 *Inventario de emisiones a la atmósfera del Estado de Tlaxcala, año base 2011.*

Fuente	Toneladas al año						
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	VOC	NH_3
Fijas	155.5	39.0	1337.3	234.6	687.7	62.0	12.9
Móviles	276.7	188.9	289.0	285040.3	7302.5	22147.2	201.9
Área	1181.5	833.2	81.8	3619.0	3615.1	7936.2	20309.7
Naturales	35.55	4.39	NA	NA	6605.6	10999.9	NA

NA: No aplica

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Tabla 3.2 *Inventario de emisiones a la atmósfera por subcategoría, año 2011.*

Fuentes Fijas							
Categoría / subcategoría	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	COV	NH_3
Industria alimenticia	1.06	0.43	0.37	22.37	64.70	5.76	1.09
Metal básica	14.02	7.35	11.34	38.68	91.75	10.29	2.38
Metal mecánica	0.06	0.03	0.04	2.35	5.53	0.65	0.14
Fabricación de artículos y productos de minerales no metálicos	0.70	0.34	0.39	25.34	61.17	6.92	1.43
Celulosa y papel	4.33	3.39	35.93	18.65	46.30	5.07	1.07
Fabricación de artículos y productos de plástico.	0.73	0.31	0.30	18.42	49.86	4.85	0.95
Industria textil	0.11	0.06	0.07	4.53	10.65	1.25	0.26
Química	2.95	1.38	1.52	98.90	244.14	26.82	5.50
Proovedoras de autopartes	0.02	0.01	1.52	0.30	1.04	0.07	0.01
Industria textil pequeña	131.50	25.74	1,285.80	3.98	109.98	0.00	0.00
Otros	0.03	0.01	0.02	1.04	2.54	0.28	0.06
Total Fuentes fijas	**155.51**	**39.05**	**1,337.29**	**234.58**	**687.67**	**61.96**	**12.88**
Fuentes Móviles							
Categoría / subcategoría	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	COV	NH_3
Autobuses de transporte urbano	36.84	33.43	26.55	1,174.28	851.38	132.44	1.12
Autos particulares (tipo sedan)	111.42	68.57	150.36	190,113.77	3,332.51	14,759.96	138.20
Camionetas de transporte público de pasajeros (Combis)	4.69	2.68	3.58	3,866.12	157.74	335.70	12.11
Camionetas Pick-up	29.59	19.49	38.32	37,873.28	710.53	3,008.25	26.14
Microbuses	46.53	32.93	36.86	30,491.14	1,373.26	1,972.15	13.87
Motocicletas	3.23	1.94	1.87	1,892.67	33.13	246.17	0.66
Taxis	1.41	0.75	1.81	2,081.25	59.92	217.76	4.36
Vehiculos privados y comerciales con peso <3 Toneladas (incluye SUV)	17.67	14.59	13.15	6,284.46	170.18	608.07	3.16

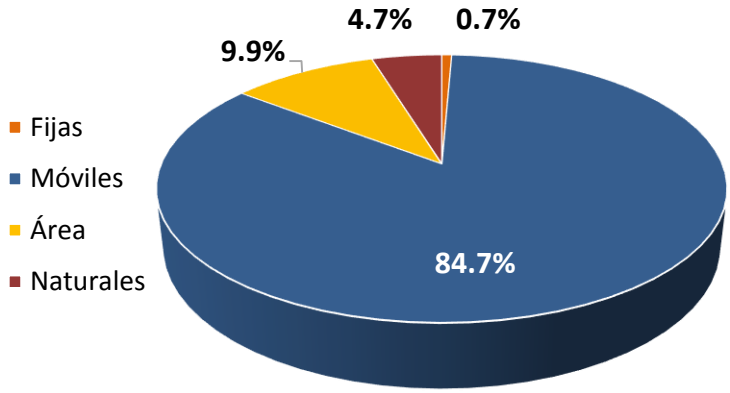
Vehiculos privados y comerciales con peso > 3 Toneladas	25.29	14.53	16.52	11,263.37	613.83	866.66	2.24
Total Fuentes móviles	**276.67**	**188.91**	**289.02**	**285,040.34**	**7,302.48**	**22,147.16**	**201.86**
Fuentes de Área							
Categoría / subcategoría	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NOx**	**COV**	**NH_3**
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,666.00
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	137.10	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	647.90	NA
Asados al carbón	119.20	95.10	NA	237.30	4.40	32.00	NA
Asfaltado	200.00	NA	NA	1,500.00	1,800.00	800.00	NA
Baño públicos	5.34	NA	0.24	5.72	63.30	0.16	NA
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,252.00
Emisiones ganaderas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,384.67
Fuentes domésticas	852.00	734.48	74.67	1,809.61	1,715.69	59.15	NA
Incendios en construcciones	0.30	0.30	-	4.00	0.10	0.30	NA
Incendios forestales	3.86	3.29	6.70	58.00	1.70	10.10	7.00
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	218.90	NA
Limp sup indust (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	NA	2,120.20	NA
Panaderías	0.18		0.04	1.38	8.15	0.27	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	248.80	NA
Pintura para señalización vial	NA	NA	NA	NA	NA	16.30	NA
Recub de superf arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	3,197.50	NA
Recub superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	446.70	NA
Tintorerias	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NA
Tortillerias	0.68	NA	0.15	3.00	21.75	0.83	NA
Total Fuentes de área	**1,181.54**	**833.17**	**81.80**	**3,619.01**	**3,615.10**	**7,936.21**	**20,309.67**
Fuentes Naturales							
Categoría / subcategoría	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NOx**	**COV**	**NH_3**
Biogénicas	35.55	4.39	NA	NA	6,605.63	10,999.85	NA
Total Fuentes naturales	**35.55**	**4.39**	**NA**	**NA**	**6,605.63**	**10,999.85**	**NA**
Total Inventario	**1,520.40**	**1,039.76**	**598.92**	**289,382.20**	**19,428.31**	**41,266.78**	**20,524.36**

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Análisis de la información

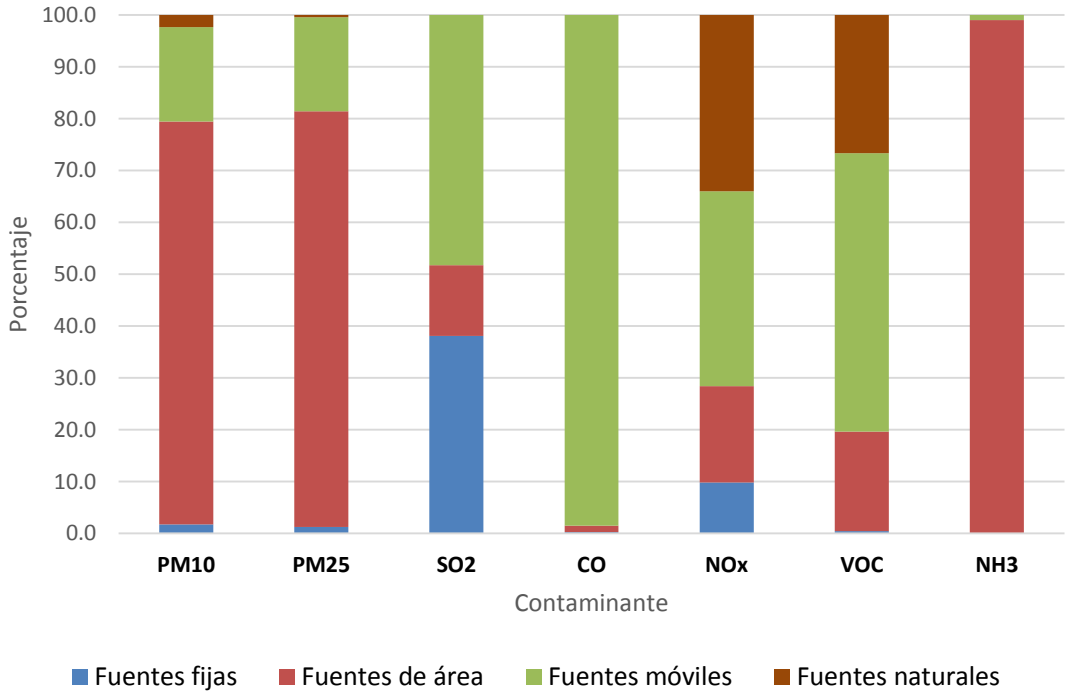
Las fuentes móviles generan la mayor aportación de emisiones en el Estado de Tlaxcala, emitiendo grandes cantidades de CO, NOx y COV. La subcategoría más representativa son los autos particulares, seguidos de las camionetas pick–up y los microbuses, otra de las categorías importantes es la aplicación de fertilizantes en las tierras de cultivo del Estado.

Figura 3.2 *Aportación por fuente de emisión en el Estado de Tlaxcala, inventario 2011.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Figura 3.3 *Contribución porcentual por contaminante en el Estado de Tlaxcala, inventario 2011.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Tal como se muestra en la figura 3.3 las partículas son generadas principalmente por las fuentes de área, seguidas por las fuentes móviles y en una proporción muy pequeña por las fuentes fijas y naturales. Para el caso del SO_2 son generadas tanto por las fuentes fijas como por las fuentes móviles. El CO y los compuestos orgánicos volátiles se generan en una cantidad importante por las fuentes móviles debido al consumo de combustibles como gasolina y diésel por el parque vehicular en circulación del Estado de Tlaxcala. Finalmente la principal aportación de NH_3 son las fuentes de área, las cuales generan casi el 98% de las emisiones de este contaminante.

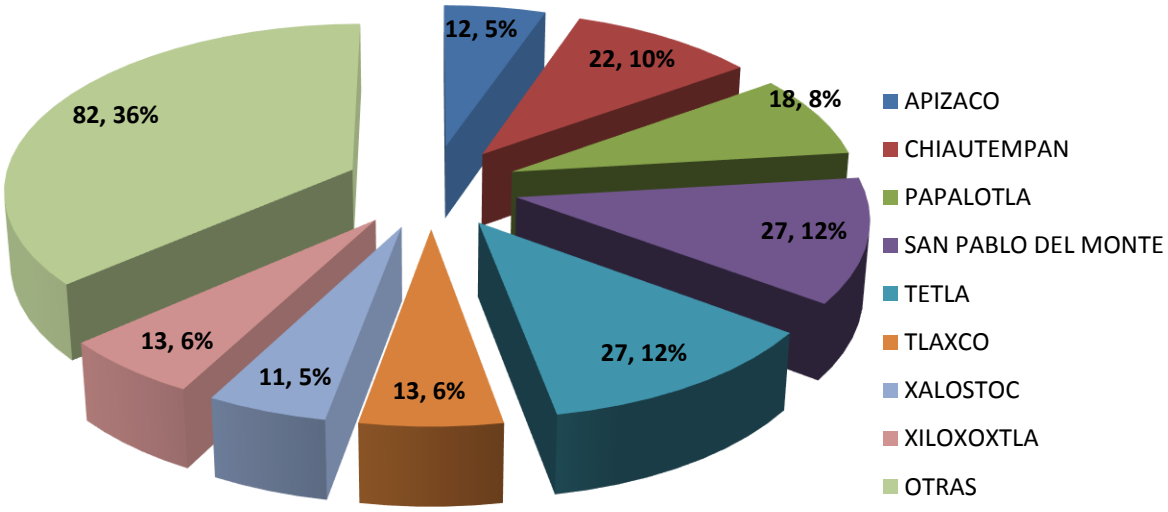
Hasta aquí se ha realizado un análisis del inventario de emisiones en general, sin embargo resulta conveniente estudiar más a detalle las emisiones generadas por cada una de las cuatro fuentes, las cuales se explican a continuación.

3.1 Inventario de fuentes fijas

El Estado de Tlaxcala, a pesar de ser pequeño en extensión, tiene una importante cantidad de industrias de diferentes giros. La industria química, metal básica y metal mecánica son de las más importantes de competencia federal y la industria textil, aunque se ha reducido, en los municipios de Apetatitlán y Chiautempan en donde se ubican alrededor de 44 industrias pequeñas.

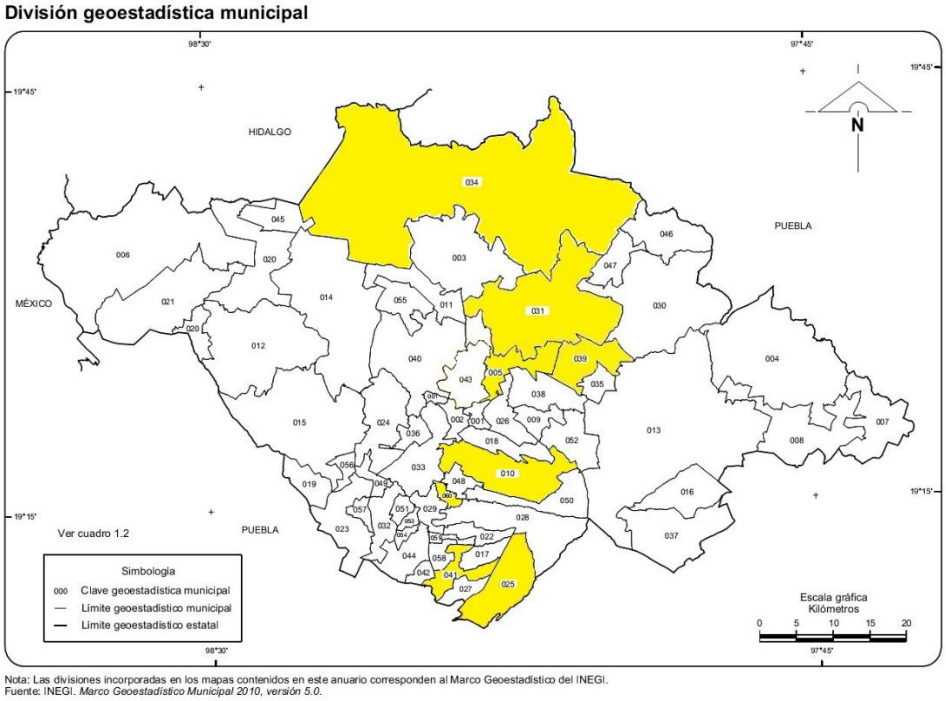
De las industrias (pequeña, mediana y grande) identificadas de acuerdo con los registros de SEMARNAT; Coordinación de Ecología del Estado; DENUE y SEDECO so obtuvieron datos de ubicación de 225 industrias de las cuales 27 son grandes; 39 medianas y 159 micro y pequeñas industrias; de estas son 156 de competencia estatal y 71 de competencia federal y los municipios que tienen más industrias son: Apizaco, Chiautempan; Papalotla; San Pablo del Monte; Tetla; Tlaxco; Xaloxtoc y Xiloxoxtla.

Figura 3.4 *Municipios con mayor cantidad de industrias en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Figura 3.5 *Municipios con mayor cantidad de industrias en el Estado de Tlaxcala.*

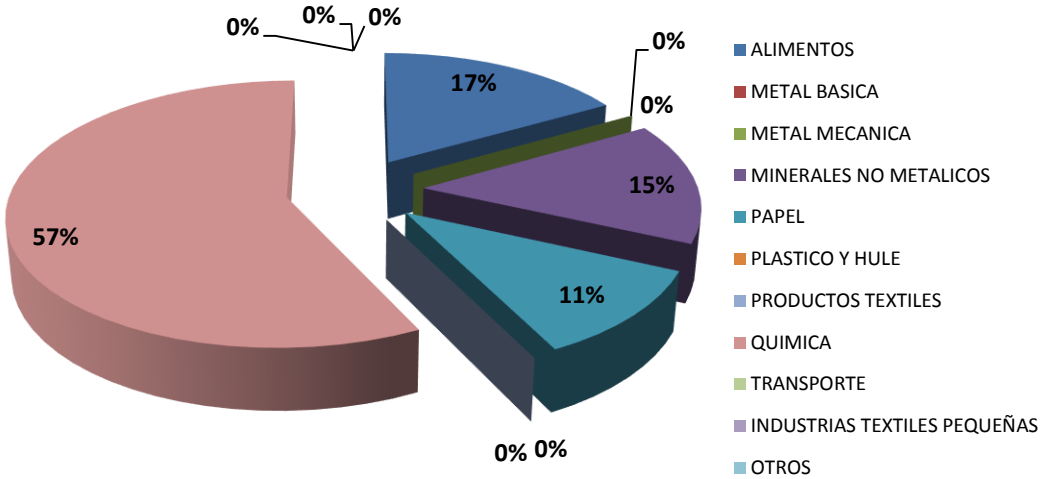


Nota: Las divisiones incorporadas en los mapas contenidos en este anuario corresponden al Marco Geoestadístico del INEGI.
Fuente: INEGI. *Marco Geoestadístico Municipal 2010, versión 5.0.*

Fuente: *INEGI. Marco Geo estadístico municipal 2010.*

Las fuentes fijas consideradas corresponden a industrias de competencia estatal y federal ubicadas en el Estado de Tlaxcala; De estas se tienen diferentes giros.

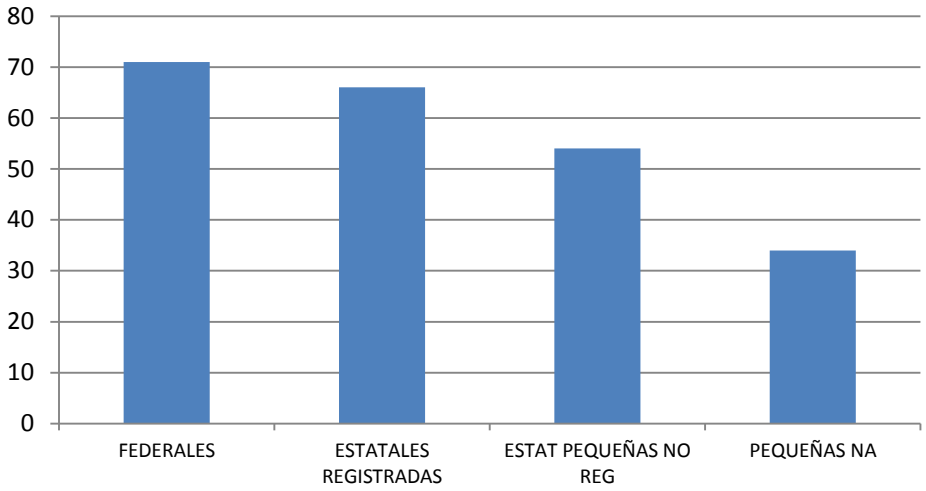
Figura 3.6 *Giros industriales en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *SEDECO 2012.*

Estos giros orientan la competencia de las empresas de tal manera que se ubican 71 empresas de competencia federal y 154 de competencia estatal; por el tamaño de las 159 pequeñas existe un potencial de 54 pequeñas empresas generadoras de emisiones.

Figura 3.7 *Número de industrias por competencia en el Estado de Tlaxcala.*

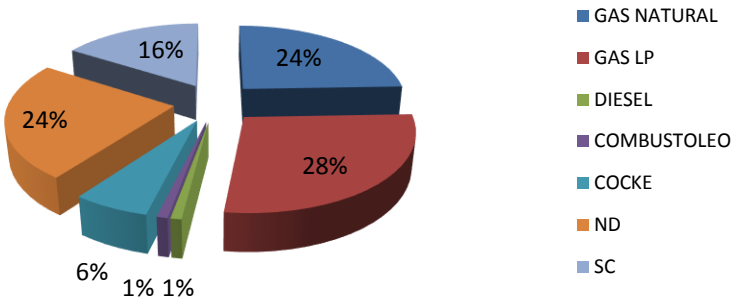


Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por SEMARNAT y CGE.*

La SEMARNAT obtiene a través de la Cédula Anual de Operación la base de datos de las actividades de las empresas correspondientes a su competencia; la Coordinación General de Ecología también obtiene información por este conducto, sin embargo, no se cuenta con un padrón completo por lo que se recurrió a información de DENUE y SEDECO pudiéndose detectar 54 pequeñas empresas principalmente del ramo textil en los municipios de Apetatitlan y Chiautempan que si bien son artesanales, deben contar con calderas pequeñas para la elaboración de sus productos.

Las fuentes fijas en su mayoría utilizan combustibles fósiles para el desarrollo de sus procesos sin embargo, se tienen ubicadas empresas del giro metal básico (fundición) que usan energía eléctrica y coke. En el Estado de Tlaxcala se observa un importante consumo de gas natural ya que se tienen establecidos parques industriales que disponen de este combustible y cuando no se dispone de gas natural, se opta por el consumo de gas LP.

Figura 3.8 *Consumo de combustibles por las fuentes fijas en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por SEMARNAT y CGE.*

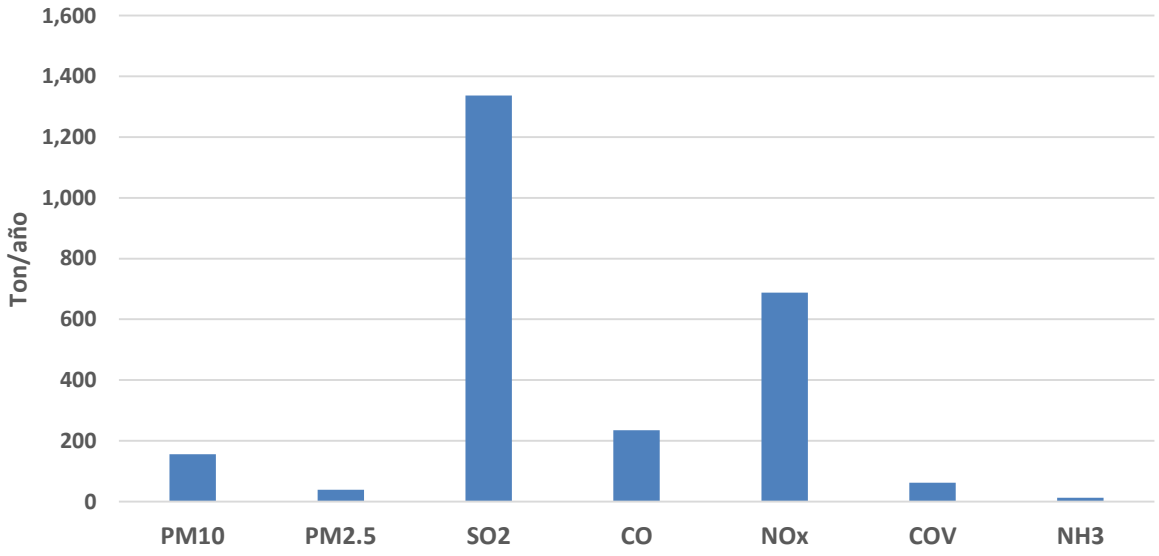
El cálculo de las emisiones se determinó con la información obtenida de las cédulas de operación; el consumo de combustibles y la actividad de las empresas; en el caso de los datos faltantes de las empresas no registradas, se hizo una estimación con base a datos estadísticos por tamaño y giro de la empresa. En la tabla siguiente se presentan las emisiones de las fuentes fijas por giro industrial.

Tabla 3.3 *Inventario de emisiones a la atmósfera de fuentes fijas del Estado de Tlaxcala, año 2011.*

Fuentes Fijas							
Categoría / subcategoría	**PM 10**	**PM 2.5**	**SO_2**	**CO**	**NOx**	**COV**	**NH_3**
Industria alimenticia	1.06	0.43	0.37	22.37	64.70	5.76	1.09
Metal básica	14.02	7.35	11.34	38.68	91.75	10.29	2.38
Metal mecánica	0.06	0.03	0.04	2.35	5.53	0.65	0.14
Fabricación de artículos y productos de minerales no metálicos	0.70	0.34	0.39	25.34	61.17	6.92	1.43
Celulosa y papel	4.33	3.39	35.93	18.65	46.30	5.07	1.07
Fabricación de artículos y productos de plástico.	0.73	0.31	0.30	18.42	49.86	4.85	0.95
Industria textil	0.11	0.06	0.07	4.53	10.65	1.25	0.26
Química	2.95	1.38	1.52	98.90	244.14	26.82	5.50
Proovedoras de autopartes	0.02	0.01	1.52	0.30	1.04	0.07	0.01
Industria textil pequeña	131.50	25.74	1,285.80	3.98	109.98	0.00	0.00
Otros	0.03	0.01	0.02	1.04	2.54	0.28	0.06
Total Fuentes fijas	**155.51**	**39.05**	**1,337.29**	**234.58**	**687.67**	**61.96**	**12.88**

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Figura 3.9 *Emisión de contaminantes de fuentes fijas en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

La emisión de contaminantes desagregado por municipio se presenta en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 *Emisiones de fuentes fijas desglosadas por municipio en toneladas al año.*

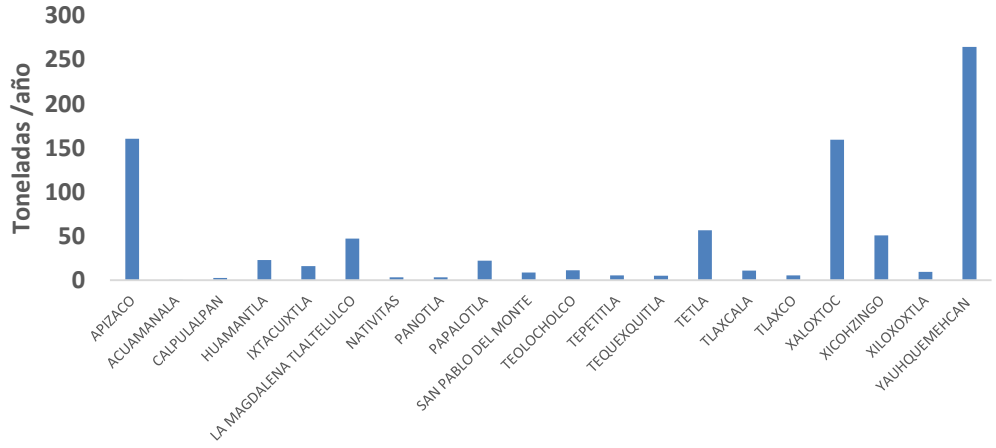
Municipio	PM	PM10	PM2.5	SO_2	NOx	CO	TOC	NH_3
Apizaco	8.22	0.54	1.08	0.65	101.63	43.25	11.89	2.49
Acuamanala	0.03	0.00	0.00	0.00	0.40	0.17	0.05	0.01
Calpulalpan	0.06	0.02	0.06	0.01	2.07	0.35	0.06	
Huamantla	0.67	0.17	0.49	0.09	18.27	3.71	0.71	0.06
Ixtacuixtla	0.67	0.08	0.21	0.06	11.29	3.57	0.89	0.16
La Magdalena Tlaltelulco	2.42	0.16	0.32	0.19	29.98	12.76	3.51	0.73
Nativitas	0.08	0.03	0.08	0.01	2.69	0.46	0.07	N/A
Panotla	0.08	0.03	0.08	0.01	2.69	0.46	0.07	N/A
Papalotla	0.97	0.10	0.26	0.09	15.22	5.17	1.32	0.25
San pablo del monte	10.50	8.61	6.88	0.00	0.32	0.05	0.01	N/A
Teolocholco	0.57	0.04	0.08	0.05	7.10	3.02	0.83	0.17
Tepetitla	0.29	0.02	0.04	0.02	3.55	1.51	0.42	0.09
Tequexquitla	0.27	0.02	0.04	0.02	3.36	1.43	0.39	0.08
Tetla	2.57	0.25	0.60	0.22	38.34	13.65	3.55	0.68
Tlaxcala	0.48	0.05	0.13	0.04	7.59	2.54	0.65	0.12
Tlaxco	0.29	0.02	0.04	0.02	3.55	1.51	0.42	0.09
Xaloxtoc	102.45	14.65	32.25	0.59	94.54	38.02	9.35	2.10
Xicohzingo	2.61	0.17	0.34	0.21	32.34	13.76	3.78	0.79
Xiloxoxtla	0.45	0.04	0.09	0.04	6.26	2.39	0.64	0.13
Yauhquemehcan	13.49	0.90	1.81	1.07	167.80	71.01	19.50	4.07
Otros	75.76	13.59	110.57	1333.85	117.20	16.00	0.00	0.00

NA: No aplica

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

De la tabla 3.4, se observa que el municipio con mayor emisión de contaminantes generados por fuentes fijas es el de Yauhquemehcan, seguido por el de Xaloxtoc y Apizaco. Siendo 15 municipios los que aportan la mayor cantidad de las emisiones a la atmósfera.

Figura 3.10 *Emisiones de fuentes fijas desglosadas por municipio en toneladas al año.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Los puntos importantes de emisiones están relacionados con los parques industriales y en el caso de partículas, con el municipio de San Pablo del Monte es en donde se localizan varias fundidoras. La ubicación de industrias en parques y corredores industriales permite localizar los

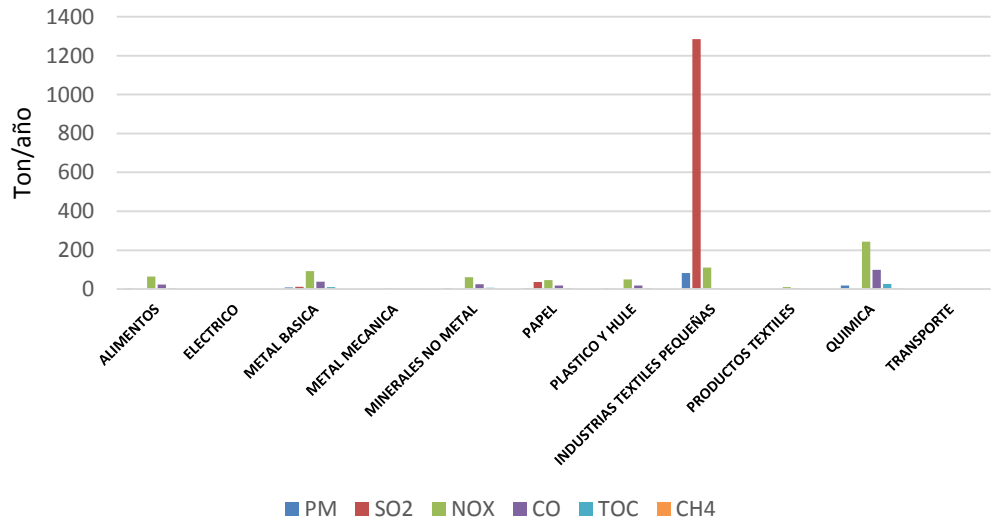
puntos de emisión por fuentes fijas; no obstante, algunas zonas industriales principalmente de actividades textiles, quedaron dentro de las ciudades debido al crecimiento de la población y por ende de las zonas habitacionales.

Los casos más notables ocurren en los municipios de Santa Ana Chiautempan y San Pablo Apetatitlán en donde se tiene un área de comercio textil muy importante, de tal manera que existen fábricas de micro a grandes que elaboran cobertores y colchas así como chamarras y diferentes prendas de vestir invernales, de manera artesanal hasta con desarrollos tecnológicos importantes ; en los negocios que tienen acabado u otros procesos textiles, requieren de energía térmica suministrada en la mayoría de los casos por calderas o calentadores de aceite térmico de ahí que se tenga el consumo de combustibles.
Cuando mencionamos a pequeñas industrias emisoras de contaminantes, nos referimos a aproximadamente 90 pequeñas empresas de las cuales 54 son susceptibles de manejo de combustibles y que estamos considerando tienen características similares lo que permite calcular cual sería el consumo de combustibles y por lo tanto la generación de contaminantes por cada una de ellas.

Contaminantes desagregados por giro

La industria química establecida en los parques industriales, principalmente en Xalostoc y Apizaco, son los puntos en donde se tiene el mayor consumo de combustibles y por tanto el mayor número de fuentes puntuales y generación de contaminantes; se puede observar en el tema de emisiones de partículas, que a pesar de que el número de empresas de fundición es pequeño, son grandes aportadores de este contaminante.

Figura 3.11 *Generación de contaminantes por giro industrial en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Es importante mencionar, que las empresas de giro metal básica, emiten partículas por procesos industriales no por procesos de combustión. El rubro que aparece como “Industrias Textiles Pequeñas”, se refiere a las empresas que aunque no están registradas, si contribuyen potencialmente a la generación de contaminantes, principalmente en el caso de SO_2, debido al uso de combustóleo en sus procesos.

En resumen, el Estado de Tlaxcala tiene bien ubicados sus polos de crecimiento industrial ya que cuenta con parques y corredores industriales definidos para la vocación que se estableció ya que cuentan con los suministros adecuados para mantener su operación. En el caso de los corredores industriales establecidos hace más de 30 años, se tiene la problemática de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano no controlado que ha permitido que en los municipios de Papalotla, Xicohtzingo, Teolocholco y La Magdalena, prácticamente hayan rodeado los establecimientos industriales.

Se puede mejorar mucho la cantidad y calidad de la información proporcionada a través de la COA (cédula de operación anual) estatal incrementando el padrón de empresas invitando, persuadiendo y capacitando a los empresarios para que desarrollen y usen la información que se requiere en ese instrumento. Es posible fortalecer los grupos de inspección y verificación de fuentes fijas de emisión para mantener la dinámica de llenado correcto de las COAs. Por último resulta importante que se conozca el número y características de operación de las pequeñas empresas textiles y de alimentos ubicadas en manchas urbanas como Chiautempan.

3.2 Inventario de fuentes móviles

En el Estado de Tlaxcala la necesidad de movilidad de la población ha ocasionado mayores distancias de recorrido debido a que nuevos complejos habitacionales son construidos a las afueras de las ciudades. Todo esto añadiendo la cercanía con la ciudad de Puebla en la cual muchos de los habitantes tienen sus centros de trabajo, lo cual genera grandes cantidades de contaminantes por fuentes móviles que son emitidos al ambiente.

Los contaminantes procedentes de las fuentes vehiculares, contienen en mayor cantidad monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, los cuales son liberados directamente a la atmósfera en grandes cantidades, los cuales generan el esmog. Dicha contaminación produce efectos nocivos tanto para la salud humana, los animales y el ambiente en general.

Es por esto que las emisiones de fuentes móviles requieren grandes medidas de control para que los vehículos automotores generen la menor cantidad posible de contaminantes, mediante programas de verificación vehicular.

Para conocer la cantidad de contaminantes que se están generando por los vehículos, se realizan los inventarios de emisiones de fuentes móviles, con la finalidad de tener un control sobre estas. Para el caso particular de las emisiones por fuentes móviles, se cuenta con el software Mobile 6.2 creado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USA-EPA por sus siglas en inglés), el cual fue adaptado para México con colaboración del Instituto Nacional de Ecología (INE).

Haciendo referencia a las clasificaciones vehiculares de los Estados Unidos y México, estas son diferentes, por los cuales fueron adaptadas como se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.5 *Correspondencia vehicular EEUUA-México.*

Categoría vehicular Mobile 6.2 - México	Correspondencia con las categorías de Mobile 6.2	
	Vehículos a gasolina	Vehículos a diésel
Automóvil Particular	LDGV	LDDV
Taxi	LDGV	LDDV
Van de transporte urbano	LDGT1	--
Microbús	HDGV3	HDDV3
Pick Up	LDGT2	LDDT12
Vehículos con peso bruto vehicular menor a 3 toneladas	LDGT3 LDGT4	LDDT34
Autobuses	HDGB	HDDBT HDDBS
Vehículos con peso bruto vehicular mayor a 3 toneladas	HDGV2B HDGV4 HDGV5 HDGV6 HDGV7 HDGV8A	HDDV2B HDDV4 HDDV5 HDDV6 HDDV7 HDDV8A
Motocicletas	MC	--

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

El software Mobile 6.2 – México nos proporciona los factores por contaminante para el cálculo de las emisiones de fuentes móviles. Dichos contaminantes que son de interés para este inventario de emisiones son los que se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 *Contaminantes analizados.*

Contaminante	Descripción
CO	Monóxido de carbono
COV	Compuesto Orgánico Volátil
HC	Hidrocarburos
NOx	Óxidos de nitrógeno
PM 2.5 y 10	Partículas de 2.5 y 10.0 micrómetros (μ)
SO_2	Bióxido de azufre
NH_3	Amoniaco
CO_2	Bióxido de carbono

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Fuentes de información

La información para la elaboración de este inventario comprende la flota total vehicular presente y los kilómetros recorridos diarios por vehículo, así como las condiciones geográficas y meteorológicas del Estado de Tlaxcala. En cuanto a la flota vehicular, se reportaron 237,707 vehículos automotores en el año 2011, los cuales están clasificados por categorías como se muestra en la tabla 3.7.

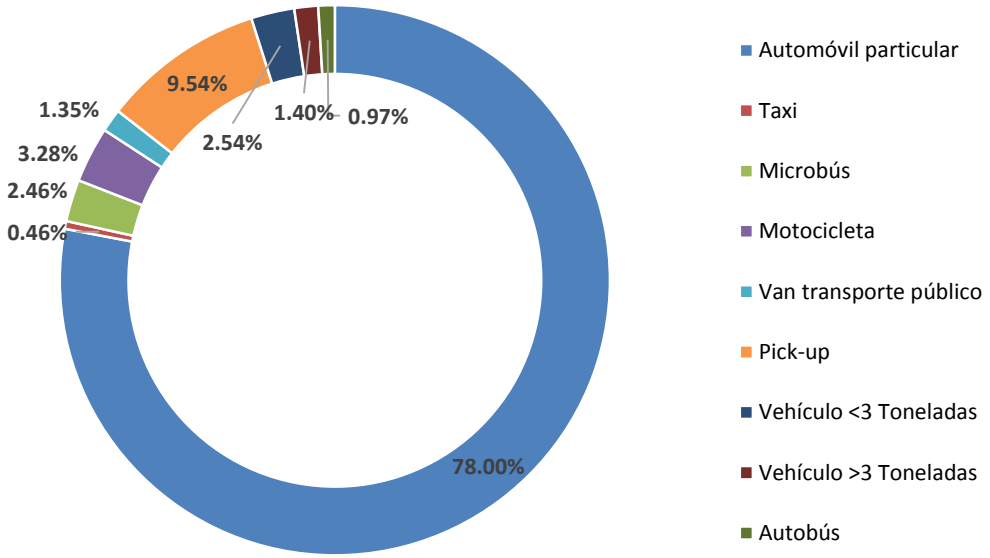
Tabla 3.7 *Flota vehicular del Estado de Tlaxcala.*

Categoría	Número de Vehículos	Kilómetros Recorridos por Vehículo al día (KRV)
Automóvil particular	185,412	40
Taxi	1,083	190
Microbús	5,854	190
Motocicleta	7,793	35
Van transporte público	3,216	190
Pick-up	22,677	40
Vehículo PBV<3 toneladas	6,048	65
Vehículo PBV>3 toneladas	3.327	65
Autobús de transporte urbano	2,297	55
Total	237,707	

Fuente: *INEGI y SCT (2011).*

En la figura 3.12, se muestran la distribución porcentual por categoría vehicular presente en la flota del Estado de Tlaxcala, se observa que los automóviles particulares son los principales vehículos con un 78 % del total, seguido por las camionetas "pick-up" con el 9.54 %.

Figura 3.12 *Flota Vehicular del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaborado con datos de INEGI y SCT (2011).*

Las condiciones climatológicas que se reportaron para el año 2011 en el Estado de Tlaxcala se muestran en la tabla 3.8, todas ellas reportadas para el mes de enero, esto debido a que Mobile 6.2 requiere las condiciones climatológicas para dicho mes.

Tabla 3.8 *Condiciones climatológicas del Estado de Tlaxcala en enero 2011.*

Condición climatológica	Valor
Temperatura mínima (°C)	3.0
Temperatura máxima (°C)	22.8
Temperatura media (°C)	11.5
Humedad relativa (%)	71.1
Velocidad media del viento (Km/h)	3.1
Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)	8.2
Visibilidad media (km)	10.4

Fuente: *www.conagua.gob.mx*

Otro dato requerido es la altura promedio del Estado de Tlaxcala, es un dato importante y requerido por el software (tabla 3.9).

Tabla 3.9 *Altura promedio del Estado de Tlaxcala*

Topografía	Valor
Altura promedio Estado de Tlaxcala	2394 msnm

Fuente: *www.inegi.org.mx*

Como datos adicionales se proporcionaron las propiedades de los combustibles, en este caso Mobile 6.2 sólo proporciona factores para vehículos automotores a gasolina y diésel. Dichos datos se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 *Propiedades de los combustibles.*

Propiedad para Gasolina	Valor
Presión de Vapor de Reíd (lb/pulg^2)	10
Contenido de Azufre (ppm)	300 promedio y 500 como máximo. Enero 2009: 30 promedio y 80 como máximo.
Aromáticos (% volumen)	35
Olefinas (% volumen)	12.5
Oxígeno (% volumen)	2.7
Propiedad para Diésel	Valor
Azufre total (ppm)	500 máximo Septiembre 2009: 15 máximo

Fuente: *SEMARNAT, NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.*

Ruta crítica

A continuación se presenta la ruta crítica para la elaboración del Inventario de Fuentes Móviles para el Estado de Tlaxcala:

Flota Vehicular: Categoría, Año modelo, Tipo de combustible, Velocidad promedio, Actividad Vehicular, Días de circulación. **Geográficas:** Altura, Presión Barométrica**Meteorológicas:** Temperaturas mínima/máxima, Humedad Relativa, Hora salida y puesta de sol. **Características de combustibles:** Cantidad de sulfuro, Aromáticos, Olefinas, Benceno.

Redacción del archivo (.in) requerido por MOBILE6.2 para ejecutar el proceso de obtención de factores de emisión con los datos compilados en el paso anterior.

Organizar los factores de emisión generados por MOBILE6.2 por tipo de contaminante, año modelo y categoría vehicular.

Obtener las emisiones por contaminante mediante la ecuación:
Emisiones = Número de vehículos*Factor de emisión*Actividad vehicular

Obtener y analizar el total de emisiones por contaminante de todas las categorías vehiculares y de todos los años modelo.

Resultados

La tabla 3.11 presenta los resultados de emisiones de fuentes móviles para el Estado de Tlaxcala, con año base 2011. Se muestran por contaminantes y por categoría vehicular.

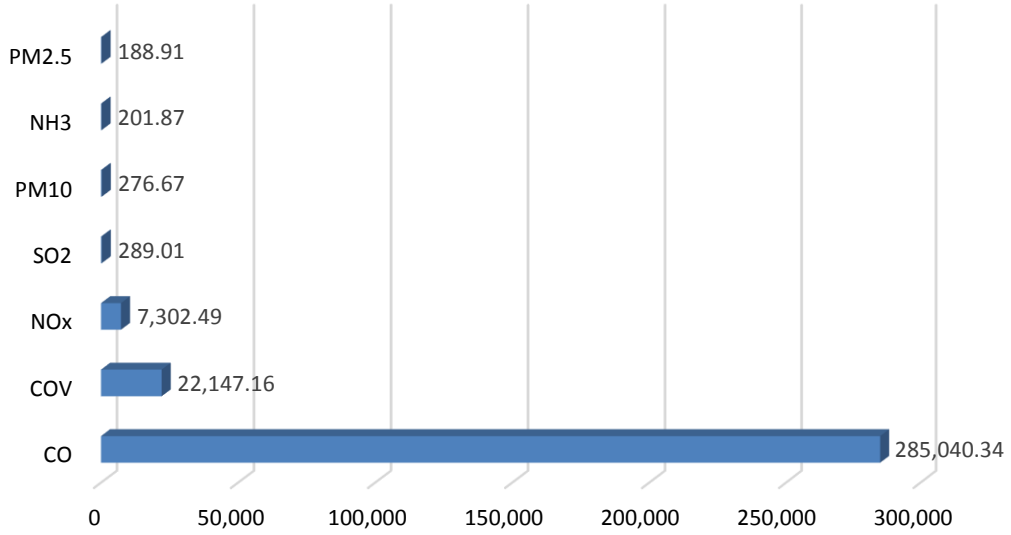
Tabla 3.11 *Emisiones de Fuentes Móviles para el Estado de Tlaxcala (ton/año).*

Categoría Vehicular	PM10	PM2.5	SO_2	CO	NOx	COV	NH_3
Autos particulares	111.42	68.57	150.36	190,113.77	3,332.51	14,759.96	138.20
Taxis	1.41	0.75	1.81	2,081.25	59.92	217.76	4.36
Microbuses	46.53	32.93	36.86	30,491.14	1,373.26	1,972.15	13.87
Motocicletas	3.23	1.94	1.87	1,892.67	33.13	246.17	0.66
Van transporte público	4.69	2.68	3.58	3,866.12	157.74	335.70	12.11
Pick-up	29.59	19.49	38.32	37,873.28	710.53	3,008.25	26.14
Vehículos <3 ton.	17.67	14.59	13.15	6,284.46	170.18	608.07	3.16
Vehículos >3 ton.	25.29	14.53	16.52	11,263.37	613.83	866.66	2.24
Autobuses transporte urbano	36.84	33.43	26.55	1,174.28	851.38	132.44	1.12
Total	**276.67**	**188.91**	**289.01**	**285,040.34**	**7,302.49**	**22,147.16**	**201.87**

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Como podemos observar en la figura 3.13, el monóxido de carbono (CO) es el contaminante principal de este tipo de fuente de emisión, seguido por los compuestos orgánicos volátiles COV y de los óxidos de nitrógeno (NOx).

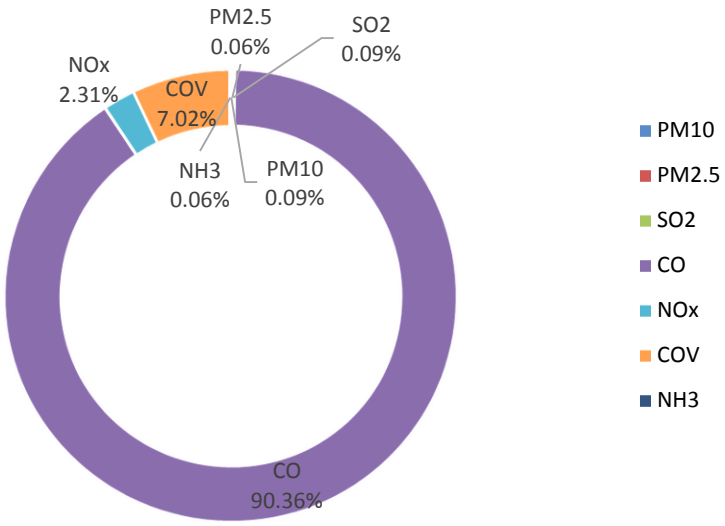
F*igura 3.13* *Resultados de los contaminantes en fuentes móviles (ton/año).*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

La figura 3.14 es la distribución porcentual por contaminante del total de las emisiones de fuentes móviles, se observa que el monóxido de carbono por sí solo, aporta el 90.36 %, seguido por los compuestos orgánicos volátiles con 7.02 % y de los óxidos de nitrógeno con 2.31 %.

Figura 3.14 *Distribución porcentual por contaminante en fuentes móviles del Estado de Tlaxcala.*

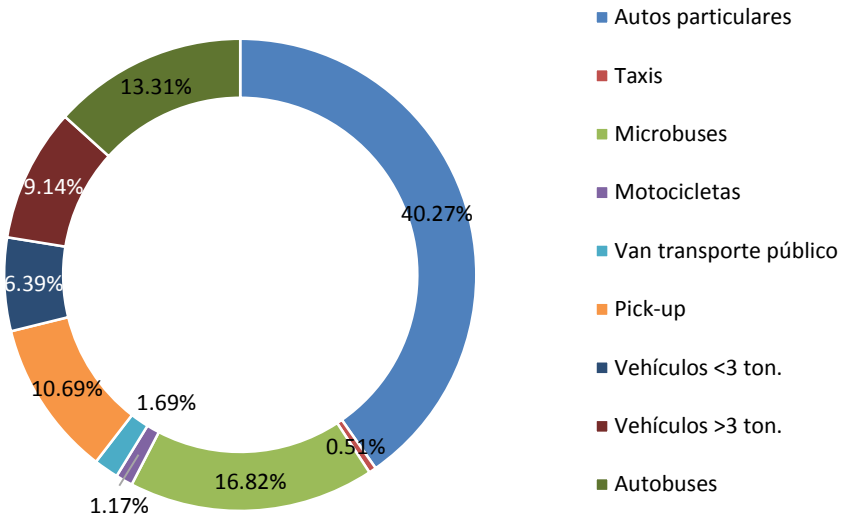


Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Caracterización de los contaminantes

Para las partículas con diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micras (PM_{10}) el 40.27 % de las emisiones de este contaminante provienen de los automóviles particulares, seguido de los microbuses con el 16.82 % y de los autobuses con el 13.31 % (figura 3.15).

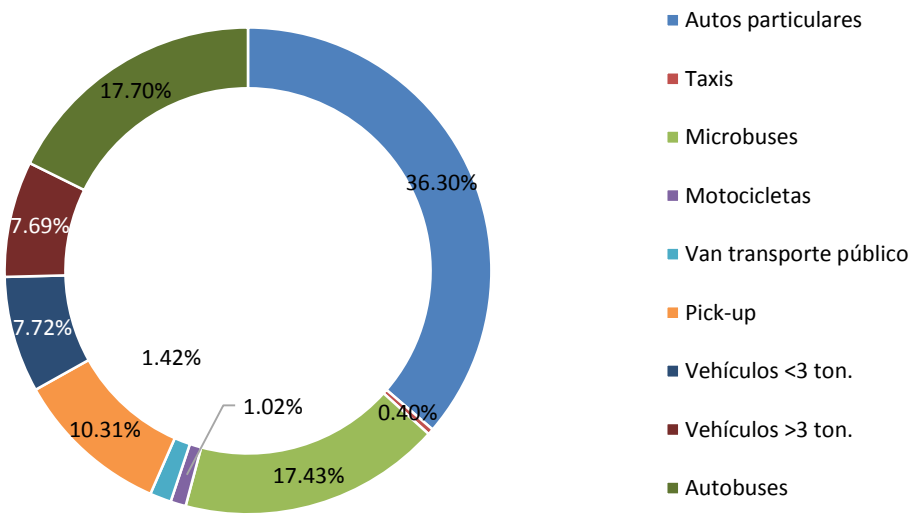
Figura 3.15 *Distribución porcentual de partículas PM10 por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

En la figura 3.16 se muestra la distribución porcentual de las partículas con diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 micras. En la cual se muestra que el 36.3 % del total de las emisiones de este contaminante es generado por los automóviles particulares, seguido de los autobuses con el 17.7 % y de los microbuses con el 17.43 %.

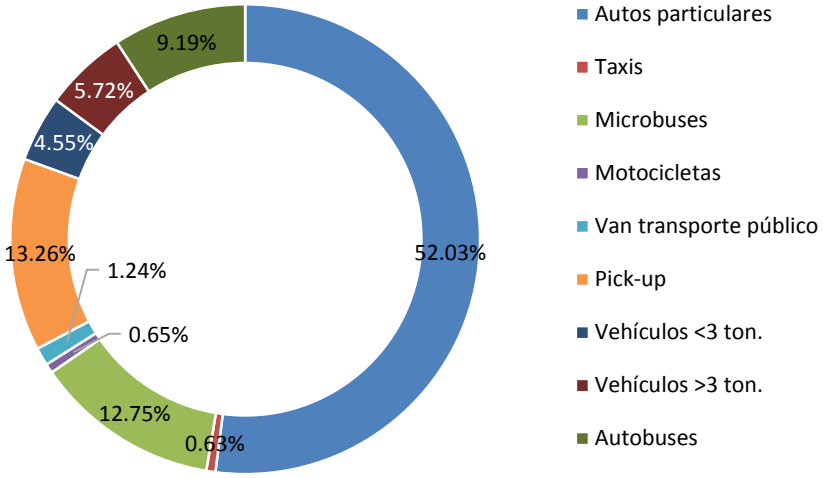
Figura 3.16 *Distribución porcentual de partículas PM2.5 por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Los automóviles particulares son los principales emisores de dióxido de azufre (SO_2) con un 52 % del total de este contaminante, seguido por el 13.26 % generado por los vehículos tipo "pick-up", y de los microbuses con el 12.75 %; esto se puede observar en la figura 3.17.

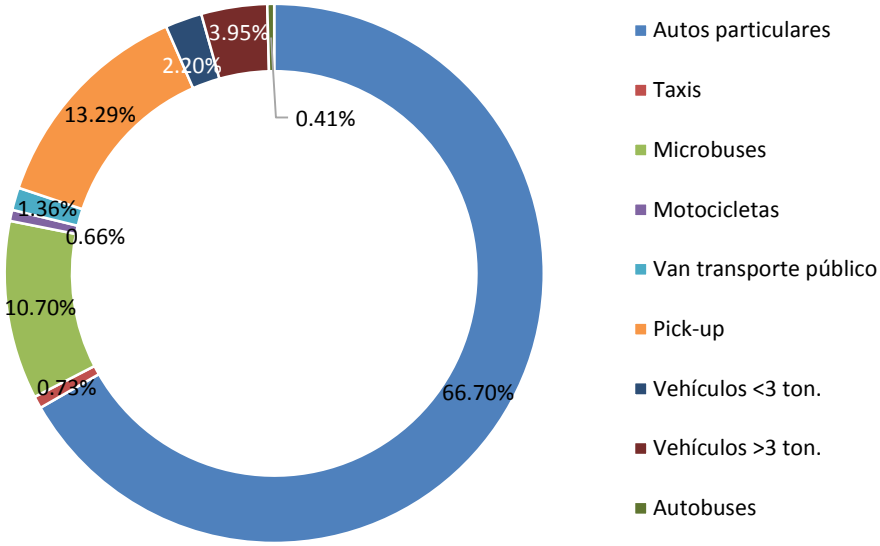
Figura 3.17 *Distribución porcentual de contaminante SO_2 por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

El monóxido de carbono (CO), como pudimos observar con anterioridad, es el contaminante principal de las fuentes móviles, el cual es generado en un 66.7 % por los automóviles particulares, seguido por los vehículos tipo "pick-up" con el 13.29 %, seguido por los microbuses con el 10.7 %. Ver figura 3.18.

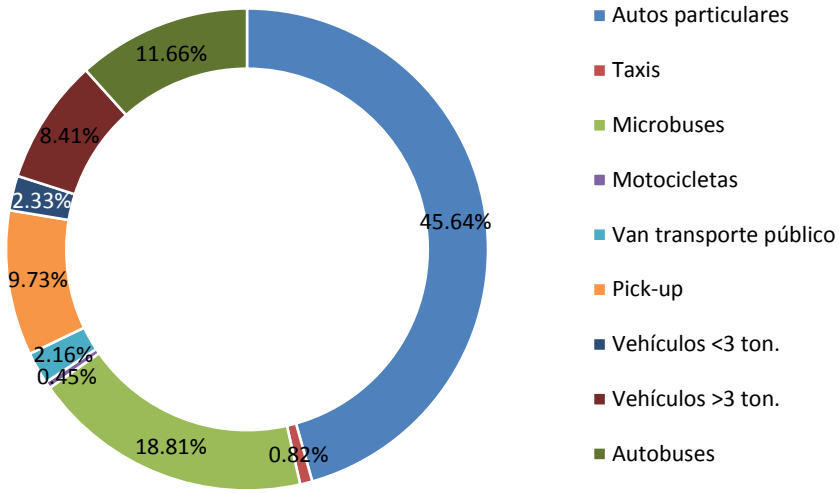
Figura 3.18 *Distribución porcentual de contaminante CO por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), son generadas por los automóviles particulares (45.64 %), seguido por los microbuses (18.81 %) y de los autobuses (11.66 %), como se muestra en la figura 3.19.

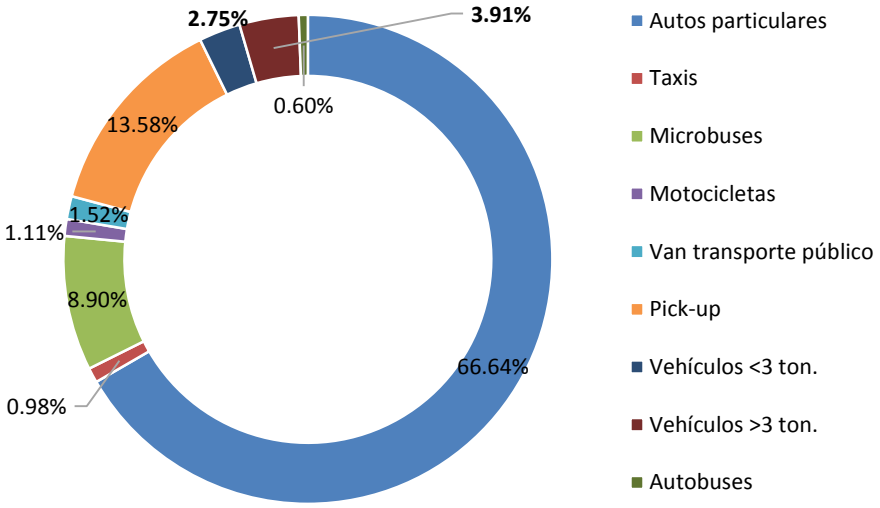
Figura 3.19 *Distribución porcentual de contaminante NOx por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

En la figura 3.20 se muestra la distribución porcentual de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), en el cual la categoría vehicular que principalmente las genera son los automóviles particulares con el 66.64 % del total de las emisiones de este contaminante, seguido de los vehículos "pick-up" con el 13.58 % y de los microbuses con el 8.9 %.

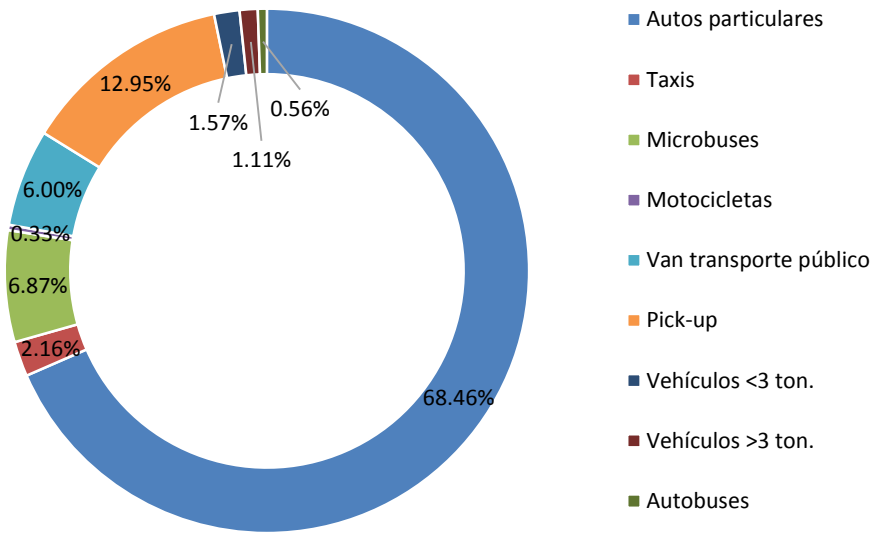
Figura 3.20 *Distribución porcentual de contaminante COV por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Para el caso de las emisiones de amoniaco (NH_3), la figura 3.21 muestra que los automóviles particulares son los principales emisores de dicho contaminante con un 68.46 %, seguido por los vehículos tipo "pick-up" con 12.95 % y de los microbuses con 6.87 %.

Figura 3.21 *Distribución porcentual de contaminante NH_3 por categoría vehicular.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Como observamos con anterioridad, **315,446.45 toneladas de contaminantes al año** son emitidas por las fuentes móviles en el Estado de Tlaxcala, lo que equivale a **863.64 toneladas al día** de contaminantes emitidos al ambiente.

Siendo que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó que para el año 2010 dicho estado contaba con una población total de 1,169,936 personas, tenemos que las emisiones de fuentes móviles **per cápita** son **0.2696 toneladas al año.**

Para el caso de los vehículos, se tiene que las emisiones de fuentes móviles **por cada vehículo automotor son de 1.327 toneladas al año de contaminantes.**

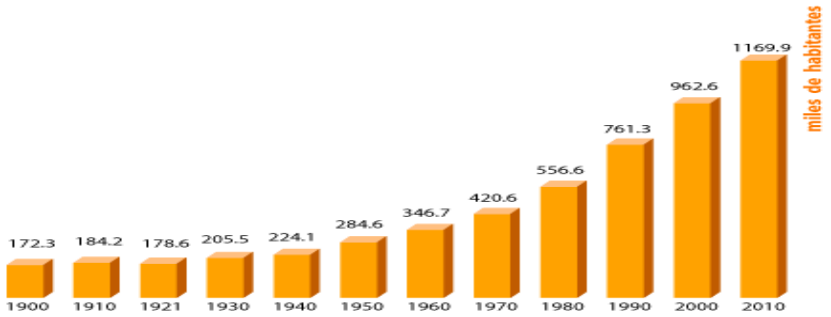
3.3 Inventario de fuentes de área

Respecto a las emisiones generadas por fuentes de área, estas son las representadas por fuentes demasiado numerosas y dispersas para ser incluidas como fuentes fijas; colectivamente sin embargo son emisores significativos de contaminantes al aire ya que incluyen empresas de servicio; fuentes domésticas y actividades antropogénicas no industriales. Algunas de estas emisiones son:

- Combustión en fuente estacionaria (e. g., combustión doméstica)
- Fuentes móviles que no circulan por carreteras (e. g., trenes y equipo móvil)
- Uso de solventes (e. g., operaciones de recubrimiento de superficies)
- Almacenamiento, transporte y distribución de productos (e. g., gasolina)
- Fuentes industriales ligeras y comerciales.
- Agricultura (e. g., corrales de engorda, quema agrícola)
- Manejo de residuos (e. g., rellenos sanitarios)
- Fuentes de área misceláneas (e. g., incendios forestales, erosión eólica, caminos no pavimentados).

La base para el desarrollo de los inventarios de fuentes de área es la información de la población en cada uno de los municipios; los padrones de comercios y servicios y la actividad de estas empresas así como la actividad antropogénica no industrial como agricultura y ganadería; construcción aplicaciones de pintura entre otras. La población total en el Estado (INEGI 2010) es de 1,169,900 habitantes; el histórico es el siguiente:

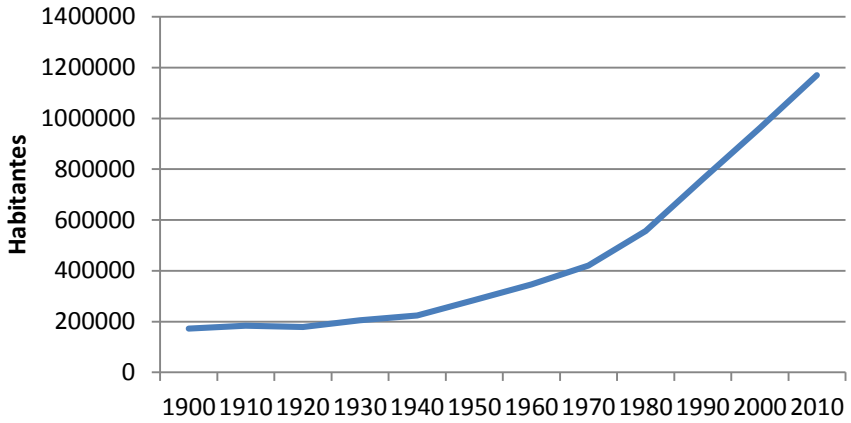
Figura 3.22 *Población del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *INEGI 2010.*

Proyectado a 2011 seria:

Figura 3.23 *Población del Estado de Tlaxcala proyectada a 2011.*



Fuente: *INEGI 2010.*

La tasa de crecimiento de la población de 1980 a 1990 fue del 36.8 %; de 1990 a 2000 fue del 26.44 y de 2000 a 2010 del 21.53; esto nos indicaría una tasa de crecimiento anual del 2.4 % lo que significaría que para 2011 se tendría una población de1,198,446 habitantes.

Los datos de población además de usarse para determinar las emisiones domésticas, se utilizan para determinar los servicios percápita también se utilizó el apoyo de la información de DENUE para ubicar el número de establecimientos por municipio. Esta categoría incluye pequeños establecimientos industriales que si bien algunos de ellos tienen conducidas sus emisiones, no se clasifican como fuentes fijas ya que son fuentes demasiado numerosas y dispersas e incluyen actividades diversas, como panaderías, tortillerías, baños públicos, el lavado en seco y el uso comercial y doméstico de solventes además del uso doméstico de combustibles tanto en áreas urbanas como en áreas rurales.

Para efectos de este inventario se consideran servicios, comercios, obras, actividades urbanas y actividades domésticas que se desarrollan en el Estado de Tlaxcala, mismas que de manera individual generan bajos niveles de contaminantes a la atmósfera, pero que en su conjunto, el volumen de emisiones es considerable.

Metodología

Para el cálculo de las emisiones se utilizan factores por nivel de actividad y mediciones directas, así como programas computacionales realizados para estimar emisiones de contaminantes a condiciones del Estado de Tlaxcala. La herramienta de mayor utilidad en el desarrollo de inventarios de emisiones para fuentes de área es la población y el número de viviendas; debido a que la línea base utilizada para el inventario es 2011 y el dato publicado de población por parte del INEGI es 2010, se establece una proyección de población de 1,198440 habitantes para 2011 con un promedio de habitantes de 4.3.

Tabla 3.12 *Población por municipio del Estado de Tlaxcala.*

N°	Cabecera municipal	Población	Vivienda	N°	Cabecera municipal	Población	Vivienda
1	Amaxac de Guerrero	10,110	2,351	**31**	Tetla	29,445	6,848
2	Apetatitlán	13,679	3,181	**32**	Tetlatlahuca	12,705	2,955
3	Atlangatepec	6,161	1,433	**33**	Tlaxcala de Xicohténcatl	91,933	21,380
4	Altzayanca	16,314	3,794	**34**	Tlaxco	40,890	9,509
5	Apizaco	78,313	18,212	**35**	Tocatlán	5,722	1,331
6	Calpulalpan	45,874	10,668	**36**	San Juan Totolac	21,116	4,911
7	El Carmen Tequexquitla	16,314	3,794	**37**	Zitlaltepec	8,420	1,958
8	Cuapiaxtla	13,997	3,255	**38**	Tzompantepec	14,959	3,479
9	Cuaxomulco	5,187	1,206	**39**	San Cosme Xalostoc	22,287	5,183
10	Santa Ana Chiautempan	67,724	15,750	**40**	Xaltocan	10,010	2,328
11	Muñoz	4,387	1,020	**41**	Papalotla	27,640	6,428
12	Españita	8,599	2,000	**42**	Xicohtzinco	12,547	2,918
13	Huamantla	87,002	20,233	**43**	San Dionisio Yauhquemecan	33,869	7,876
14	Hueyotilpan	14,228	3,309	**44**	Zacatelco	39,574	9,203
15	Villa Mariano Matamoros	35,999	8,372	**45**	Benito Juárez	5,822	1,354
16	Ixtenco	6,953	1,617	**46**	Emiliano Zapata	4,245	987
17	Mazatecochco	9,972	2,319	**47**	Lázaro Cárdenas	2,835	659
18	Contla	35,919	8,353	**48**	La Magdalena Tlaltelulco	17,235	4,008
19	Tepetitla	19,171	4,458	**49**	San Damián Texoloc	5,185	1,206
20	Sanctórum	8,676	2,018	**50**	San Francisco Tetlanohcan	10,115	2,352
21	Ciudad de Nanacamilpa	17,036	3,962	**51**	San Jerónimo Zacualpan	3,666	853
22	Acuamanala	5,847	1,360	**52**	San José Teacalco	5,795	1,348
23	Natívitas	24,183	5,624	**53**	San Juan Huactzingo	6,983	1,624
24	Panotla	25,726	5,983	**54**	San Lorenzo Axocomanitla	5,165	1,201

25	Villa Vicente Guerrero	71,273	16,575	**55**	San Lucas Tecopilco	2,900	675
26	Santa Cruz Tlaxcala	18,396	4,278	**56**	Santa Ana Nopalucan	7,020	1,633
27	Tenancingo	12,043	2,801	**57**	Santa Apolonia Teacalco	4,453	1,035
28	Teolocholco	22,187	5,160	**58**	Santa Catarina Ayometla	8,182	1,903
29	Tepeyanco	11,311	2,630	**59**	Santa Cruz Quilehtla	6,446	1,499
30	Terrenate	14,103	3,280	**60**	Santa Isabel Xiloxoxtla	4,542	1,056

Fuente: *INEGI 2010.*

Para el inventario se evalúan 38 subcategorías de fuentes de área; sin embargo, para el caso específico del inventario en el Estado de Tlaxcala, no se incluyen, por no aplicar, algunas subcategorías. Las emisiones se reportan en forma anual en este inventario y se incluyen fuentes como las emisiones domésticas en zonas rurales por consumo de leña. Las sub categorías están relacionadas con emisiones originadas por actividades específicas principalmente de servicios y algunas actividades domésticas.

Las fuentes de área se agrupan en las siguientes categorías:

- Combustión en fuentes estacionarias.
- Uso de solventes.
- Almacenamiento y transporte de productos del petróleo.
- Fuentes de área misceláneas.
- Manejo y tratamiento de residuos.

Las categorías anteriores están integradas por subcategorías, las cuales se subdividen en modalidades, como se presenta en la tabla 3.13.

Tabla 3.13 *Categorías y subcategorías de fuentes de área.*

Uso de solventes (comercial y doméstico)	Almacenamiento y transporte de productos del petróleo
Uso comercial y doméstico de solventes	Distribución de gas LP
Productos en Aerosol	Descarga de carro tanque en estaciones de servicio
Productos Domésticos	Descarga a tanques estacionarios
Productos del cuidado personal	Distribución y venta de recipientes portátiles
Productos del cuidado automotriz	Almacenamiento y distribución de gas LP
Adhesivos y Selladores	Terminales de almacenamiento masivos gas LP
Pesticidas comerciales y domésticos	Almacenamiento
Productos misceláneos	Descarga de semi-remolques
Limpieza de superficies en la industria	Recarga de auto tanques
Recubrimientos de superficies arquitectónicas	Llenado de recipientes portátiles
Recubrimiento de superficies industriales	Fugas de gas LP en uso doméstico
Lavado en seco	Fugas en instalaciones domésticas
Artes gráficas	Fugas en calentadores
Pintura automotriz (pintado de carrocerías)	HCNQ por combustión de gas LP residencial
Pintura de tránsito	Estufas
Combustión en fuentes estacionarias	Calentadores
Combustión habitacional	Distribución y venta de gasolina
Combustión comercial-institucional: Panaderías, tortillerías, etc.	Pipas en tránsito
Fuentes de área misceláneas	Llenado de tanques subterráneos
Incendios forestales	Respiración de tanques subterráneos
Manejo y Tratamiento de Residuos	Carga de combustibles en vehículos
Tratamiento de aguas residuales	Derrames

Fuente: *SEMARNAT, programa nacional de inventarios de emisiones.*

Los métodos de cálculo que se utilizan para obtener y procesar la información referente a la zona de estudio, están sustentadas en información obtenida de INEGI (población y vivienda); DENUE (información comercial y de servicios) y padrones Municipales; las metodologías que se utilizan para cada categoría considerada en el inventario involucran el dato de actividad o per cápita multiplicado por el factor de emisión o medido para cada contaminante en particular.

Tabla 3.14 *Metodología aplicada en el cálculo de emisiones.*

Sector	Técnicas de estimación						
	PM10	PM2.5	SO_2	CO	NO_X	COT	CH_4
Combustión en fuentes estacionarias	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE
Uso de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	FE	NA
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	NA	NA	NA	NA	NA	FE	NA
Fuentes de área miscelánea	FE	FE	FE	FE	FE	N/E	N/E
Aplicación de pinturas y recubrimientos	NA	NA	NA	NA	NA	FE	NA
Incendios forestales	MD, FE	MD, FE	MD, FE	MD, FE	MD, FE	MD, FE	ND

ND No determinado, FE factor de emisión MD, medicion directa, N/E: No estimado; N/A: No aplica

Fuente: *SEMARNAT.*

- **Emisiones por categoría**

La metodología para la estimación de emisiones de las fuentes de área, se agrupan por categorías.

- **Emisiones por combustión de fuentes estacionarias**

La combustión de fuentes estacionarias se divide en las siguientes dos subcategorías:

- **Combustión Comercial / Institucional**

En esta categoría se incluyen emisiones generadas por la quema de combustibles en diversos servicios como lo son: hoteles, panaderías, tortillerías, restaurantes, entre otros.

Tabla 3.15 *Emisiones por combustión comercial del Estado de Tlaxcala.*

	Ton SO_2	Ton NOx	Ton NOx	Ton CO	Ton Part	Ton VOC´s	Ton CO_2
Panaderías	0.036	8.152	0.371	1.383	0.247	0.272	5,443
Tortillerías	0.675	18.007	0.15	3.00	21.751	0.825	20,101

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

- **Combustión doméstica**

Se consideran las emisiones de contaminantes generados principalmente por la quema de gas LP, en los equipos de estufas y boilers (calentadores de Agua[20]) en las casas habitación y leña en rurales.

Tabla 3.16 *Emisiones por combustión doméstica del Estado de Tlaxcala.*

	Ton SO2	Ton NOx	Ton N_2O	Ton CO	Ton Part	PM10	PM2.5	Ton VOCs	Ton CO2
Gas lp	1.23	276.12	12.55	46.86	8.37			9.20	184,357
Leña	73.45	1439.58	38.19	1762.75	969.51	852.00	734.48	49.94	572,893
Total	**74.67**	**1715.69**	**50.74**	**1809.61**	**977.88**	**852.00**	**734.48**	**59.15**	**757,251**

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Emisiones por uso de solventes

Muchas de las actividades que utilizan solventes pueden ser demasiado pequeñas o numerosas, para ser incluidas en el inventario de fuentes puntuales, por lo que deben ser incluidas en un inventario de fuentes de área.

Tabla 3.17 *Emisiones por uso de solventes del Estado de Tlaxcala.*

Artes gráficas	Lavado y desengrase	Consumo de solventes	Lavado en seco	Superficies arquitectónicas	Pintura automotriz	Pintura de tránsito

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

En resumen, se puede fortalecer la información de los establecimientos comerciales y de servicios mediante los padrones de licencias de funcionamiento por giros municipales y los datos de DENUE. El establecimiento de COAs municipales, permite obtener información más precisa en consumos de combustibles y materias primas y en actividad representada en horas de operación al año.

Por otra parte, el suministro de estufas ahorradoras de leña permite llevar un control de unidades funcionando y el consumo de leña por estos equipos; de igual manera se debe fomentar la eficiencia energética de los equipos de consumo de combustibles en las empresas de servicio y comercio. Finalmente resulta necesario definir los ámbitos de competencia de las microempresas, empresas de servicio y comercios para establecer que información es pertinente incluir en sus respectivas COAs.

Tabla 3.18 *Resumen de contaminantes emitidos por fuentes de área en el Estado de Tlaxcala.*

CATEGORÍAS	Ton de contaminante al año							
	PM10	PM2.5	SO_2	CO	NOx	COV	NH_3	CO_2
Artes gráficas	-	-	-	-	-	647.9	-	
Asfaltado	200	-	-	1500	1800	800	-	
Lavado en seco	-	-	-	-	-	218.9	-	
Pintado automotriz	-	-	-	-	-	248.8	-	
Pintura para señalización vial	-	-	-	-	-	16.3	-	
Recub de superf arquitectónicas	-	-	-	-	-	3,197.50	-	
Recub superficies industriales	-	-	-	-	-	446.7	-	
Limp sup indust (desengrasado)	-	-	-	-	-	2,120.20	-	
Asados al carbón	119.2	95.1		237.3	4.4	32	-	
Aplicación de fertilizantes	-	-	-	-	-	-	15,666	

Aplicación de plaguicidas	-	-	-	-	-	137.1	-	
Corrales de engorda			-	-	-	-	-	
Emisiones ganaderas de amoniaco	-	-	-	-	-	-	3,384.7	
Labranza			-	-	-	-	-	
Aguas residuales	-	-	-	-	-		-	
Incendios en construcciones	0.3	0.3	-	4	0.1	0.3	-	200
Incendios forestales	3.86	3.29	6.7	58	1.7	10.1	7	2905
Emisiones domésticas de amoniaco	-	-	-	-	-	-	1,252.00	
Esterilización material hospitalario	-	-	-	-	-		-	
Terminales de autobuses								
Quemas agrícolas								
Panaderías	0.175		0.036	1.383	8.152	0.272		5,443
Tortillerias	0.675		0.15	3	21.751	0.825		20,101
Fuentes domésticas	852.00	734.48	74.67	1809.61	1715.69	59.15		757,251
Baño públicos	5.34		0.24	5.72	63.30	0.16		1,859
Hospitales								
Deportivos y balnearios								
Tintorerias								

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

3.4 Inventario de fuentes Biogénicas

La formación de ozono constituye en problema de contaminación muy grave en las ciudades del mundo, por lo cual se realizan importantes y diversos esfuerzos de mitigación para reducir y controlar dicho problema, dichos esfuerzos están centralizados especialmente en actividades antropogénicas, Un vacío existente en estas primeras estrategias de control fue que, inicialmente sólo se consideraron en los modelos de emisión atmosféricos a las especies químicas de origen antropogénico (Sharkey et al., 1997).

Posteriormente, se descubrió que procesos naturales tan sencillos como el olor agradable de los pinos, estaban constituidos por una mezcla de compuestos muy reactivos (isoprenoides: isopreno y monoterpenos) que al ser liberados a la atmósfera reaccionan con los otros compuestos formando parte activa en la química de la atmósfera.

Grandes cantidades de compuestos orgánicos volátiles (COV´s) son emitidos a la atmósfera ya sea por fuentes antropogénicas o naturales. Las fuentes de emisión naturales más importantes son: la vegetación, los océanos y las aguas superficiales continentales, los suelos, los sedimentos, descomposición microbiana de material orgánico, depósitos geológicos de hidrocarburos y los volcanes (Fehsenfeld et al., 1992).

La importancia de la vegetación como una fuente de emisión de COV´s a la atmósfera fue inicialmente reconocida por Went (1960), quien estimó que la emisión anual global de estos compuestos era del orden de 175 Tg (1012 g)/año. Posteriormente fueron identificados el isopreno y los monoterpenos como especies químicas liberadas desde las hojas (Rasmussen y Went 1965; Rasmussen 1972).

Actualmente, los COV´s constituyen una parte fundamental de los inventarios de emisión, debido a que estos compuestos:

1) Forman parte de la química global troposférica.
2) Pueden interactuar con las emisiones provenientes de la actividad humana produciendo así efectos nocivos a la atmósfera, la formación de oxidantes fotoquímicos (principalmente ozono) nivel regional.
3) Participan en el balance del ciclo global del carbono, y
4) En la producción de ácidos orgánicos que contribuyen a la deposición ácida en zonas rurales.

Los inventarios de emisión son necesarios para poder valorar el papel que desempeñan las emisiones biogénicas y antropogénicas en la producción y/o formación de contaminantes fotoquímicos. Esta información es útil, para poder establecer estrategias de control efectivas (Lamb et al., 1987; 1993).

Metodología

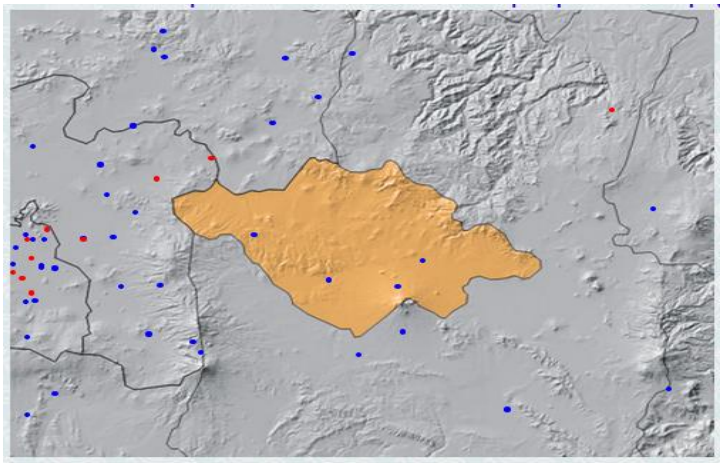
Para la realización de estos inventarios de emisión es necesario contar con factores de emisión específicos por especie vegetal. Un factor de emisión representa la velocidad de emisión de un determinado compuesto con respecto a la biomasa considerada, otros factores considerados en este estudio son: el índice de área, la temperatura foliar y la radiación solar.

Para modelar las emisiones biogénicas de COV y las emisiones edáficas de NOx se estimaron con un modelo biogénico desarrollado por la Comisión para la Calidad Ambiental de Texas (Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ) Este modelo, denominado Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, versión 3 (Global Biosphere Emission and Interactions System, GloBEIS3), se basa en modelos previos elaborados por la EPA, y es el más avanzado para la estimación de emisiones biogénicas que puede utilizarse en una computadora personal.

Los conjuntos de datos para la modelación son:

1) definición de dominio.- Cada uno de los municipios del Estado de Tlaxcala.
2) datos meteorológicos.- A Partir de las estaciones de monitoreo disponibles en el Estado de Tlaxcala SMN (Servicio Meteorológico Nacional).

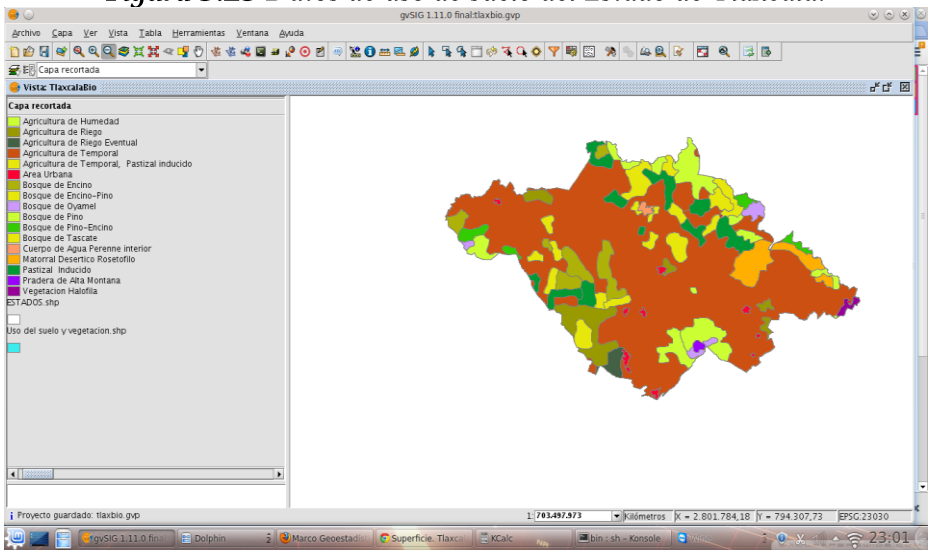
Figura 3.24 *Estaciones meteorológicas del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Servicio Meteorológico Nacional.*

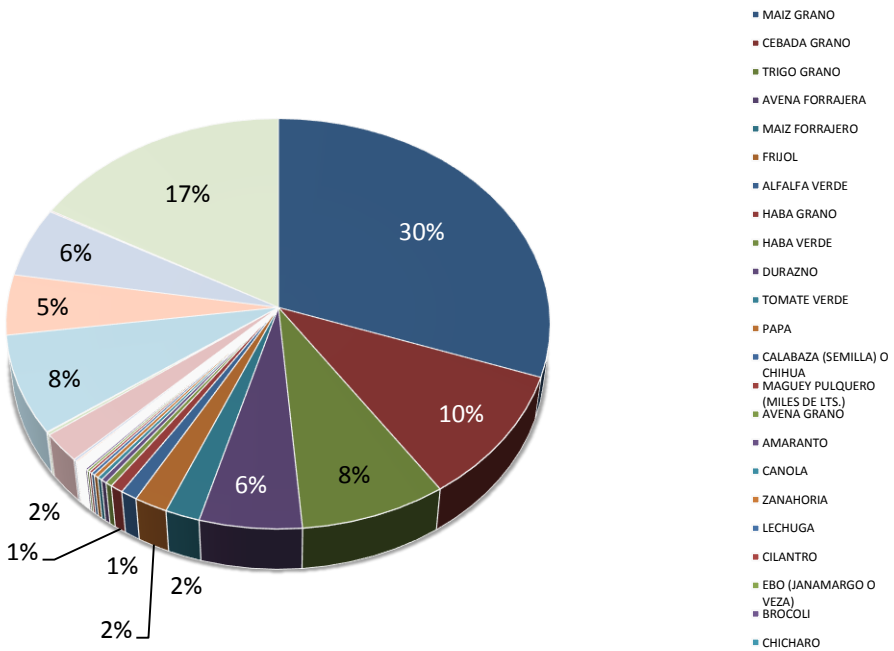
3) datos de uso del suelo.- Uso de suelo y vegetación INEGI.

Figura 3.25 *Datos de uso de suelo del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *INEGI, Cartas de uso de suelo y vegetación.*

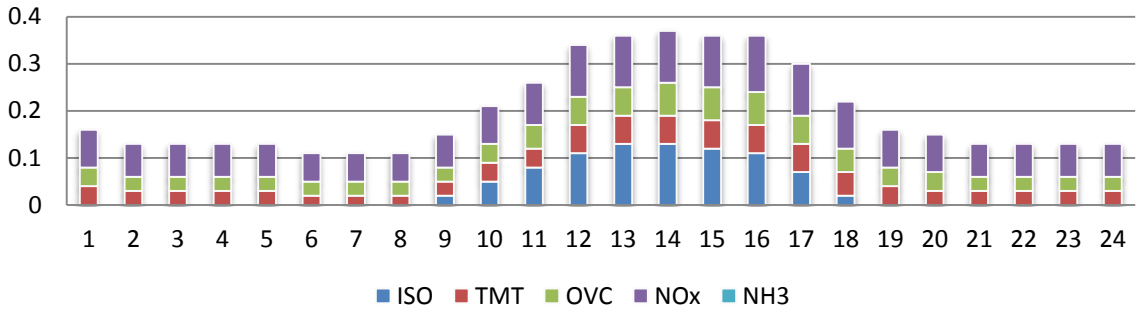
Figura 3.26 *Uso de suelo general Estado de Tlaxcala (hectáreas),* total de Ha sembradas 248,776.75.



Fuente: Cultivos por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Resultados.

Figura 3.27 *Emisiones horarias de fuentes biogénicas en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Tabla 3.19 *Emisiones generadas por fuentes biogénicas en el Estado de Tlaxcala.*

Contaminante	Resultado Ton/Año
Isoprenos	3,784.97
Monoterpenos	3,439.59
COV´s	3,775.29
NOx	6,605.63
NH_3	0
Total	**17,605.48**

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

COV'S

COV'S constituyen una parte fundamental en las emisiones a la atmósfera, ya que estos compuestos pueden interactuar con los componentes provenientes de la actividad tropogénica, produciendo Ozono a escala regional.

NOx

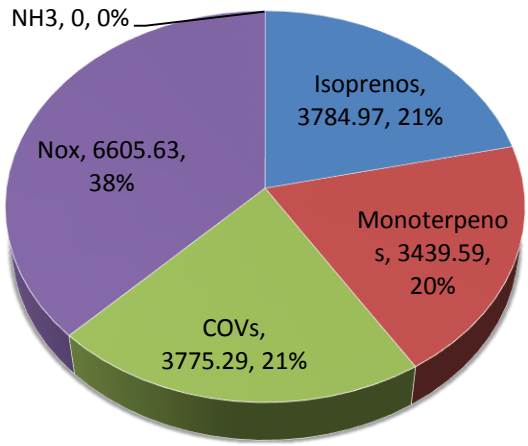
Los óxidos de nitrógeno que son producidos por las industrias, también son producidos en los procesos de nitrificación y desnitrificación de los árboles, esté participa de forma activa en la formación de ozono.

Monoterpenos

En el caso de los Monoterpenos pueden reaccionar con el vapor de agua para dar lugar a ácidos orgánicos débiles que son depositados en la superficie del suelo con el agua de lluvia afectando la química del suelo.

A nivel internacional se ha reconocido que el total de emisiones de COV'S, generadas por fuentes biogénicas contribuyen hasta en 20% del total, además por el tipo de compuestos que emiten, participan en la formación de smog fotoquímico (O_3) en las zonas urbanas, en presencia de óxidos de nitrógeno, radiación solar (Comisión Ambiental Metropolitana México, 2001).

Figura 3.28 *Emisiones de fuentes biogénicas en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Erosión del Suelo

La incidencia de la erosión del suelo ocasionada por la velocidad del viento, se ve influenciada casi siempre por la disminución de la cubierta vegetal, originado por el sobrepastoreo o a causa de la eliminación de la vegetación para usos domésticos o agrícolas.

De acuerdo con la SEMARNAT (1999)[1], los principales procesos de degradación que se presentan en los suelos del país son, la erosión hídrica, que afecta el 57 % del territorio y la erosión eólica presente en el 23 % de la superficie nacional. La erosión eólica es una fuente generadora de partículas suspendidas y, en particular, las PM10 son un contaminante de gran importancia en Estado de Tlaxcala.

Las partículas se originan de una gran variedad de fuentes antropogénicas fijas y móviles, pero también son de origen geológico, estas últimas pueden contribuir del orden de 70% a 90% a las emisiones de PM10 y con 50% a 80% de PM2.5 (Watson y Chow, 2000), cabe mencionar que están asociadas al uso de suelo y condiciones climáticas del lugar. Debido a esto, en el presente documento se estimaron las PM10 y PM2.5 originadas por la erosión eólica.

Metodología

Los usos de suelo predominantes se clasifican en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y área urbana (INEGI,2000)[2].

Los suelos dominantes son: cambisoles, litosoles, andosoles, regosoles, gleysoles, fluvisoles, vertisoles, salenchakes, ranker, rendzinas, serosoles e histosoles.

Corresponden a los cambisoles aquellos suelos de sedimentos piroplásticos translocados, con frecuencia con horizontes duripan o tepetate. Los suelos litosoles, son extremadamente delgados, la roca se encuentra a menos de 10 cm. de profundidad. Los suelos de tipo gleysoles, son de sedimentos aluviales influenciados por aguas subterráneas, poco desarrollados, profundos. Los suelos andosoles, son de sedimentos piroplásticos, por lo general bien desarrollados, de profundidad media a profundos muy sueltos.

Las emisiones de PM_{10} generadas por la erosión de suelos se calcularon con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México (Radian International, 1997), con la ecuación modificada de erosionabilidad del suelo, desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (EPA, 1997 en Radian International, 1997). En lo que se refiere a las $PM_{2.5}$, se estimaron con base en el perfil de especiación de material particulado propuesto por CEIDARS, donde se considera que las $PM_{2.5}$ representan aproximadamente el 11% de las partículas totales (PST).

Ecuación modificada de Erosionabilidad del Suelo:

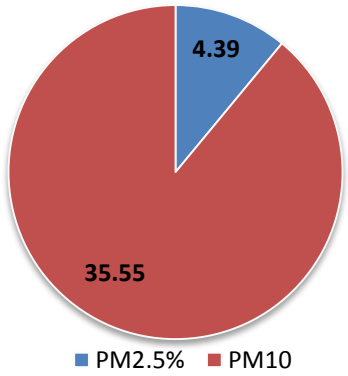
$$E = (FS)\ I\ C\ K\ L'\ V'$$

Donde:

E = Factor de emisión de partículas suspendidas en [ton/acre/año]
FS = Fracción de las pérdidas totales por erosión del viento medidas como partículas suspendidas [adimensional].
I = Erosionabilidad del suelo [ton/acre/año].
C = Factor climático [adimensional].
K = Factor de rugosidad del suelo [adimensional].
L' = Factor de amplitud del campo sin protección [adimensional].
V' = Factor de cobertura vegetal [adimensional].

Resultado:

Figura 3.29 *Emisiones de partículas generadas por fuentes biogénicas, toneladas al año.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Conclusiones del inventario de emisiones a la atmósfera del Estado de Tlaxcala

Los puntos importantes a resaltar dentro del inventario de emisiones a la atmósfera del Estado de Tlaxcala, son, en primer lugar, las emisiones de CO y COV que se generan en una cantidad importante por las fuentes móviles debido al consumo de combustibles como gasolina y diésel. Estas emisiones provienen fundamentalmente del parque vehicular en circulación. Si bien, existe un programa de verificación vehicular obligatorio, resulta necesario un fortalecimiento del mismo con la finalidad de incrementar el cumplimiento por parte de la ciudadanía.

En segundo lugar están las emisiones por las fuentes de área, donde destacan las de NH_3 generadas por la aplicación de fertilizantes en suelos agrícolas, así como las de origen ganadero; ya que gran parte de la población del estado viven en zonas rurales o semi-rurales.

En cuanto a las fuentes fijas es importante poner atención al municipio de San Pablo del Monte, donde se localizan varias fundidoras; así como a las pequeñas industrias textiles que quedaron dentro de las ciudades debido al crecimiento de la población y por ende de las zonas habitacionales. En este sentido los municipios más notables son Santa Ana Chiautempan y San Pablo Apetatitlán, en donde se tiene un área de comercio textil muy importante, lo que conlleva a que se conozca el número y características de operación de las pequeñas empresas textiles y de alimentos ubicadas en manchas urbanas. Por otra parte, las fuentes naturales representan un porcentaje importante en la generación de emisiones, debido a que en el Estado de Tlaxcala se cuenta con una superficie considerable dedicada a la agricultura de temporal y de riego, así como una gran superficie de áreas forestales dentro del estado.

3.5 Balance energético Estatal línea base 2011

Este capítulo contiene los conceptos, la estructura, el método y los resultados finales de los dos estudios elaborados para el Estado de Tlaxcala: **El Balance Energético Estatal 2006 - 2011.**

El Balance de Energía cubre el periodo 2006 - 2011, brindando así una perspectiva de análisis en cuanto a evolución y tendencias de los consumos y suministros de energía.
Los resultados se presentan en arreglos matriciales anuales, en columnas que corresponden a las fuentes de energía y cuyas filas son los procesos convencionales de suministro, transformación, pérdidas y consumo. La información integrada se muestra en *diagramas Sankey*.

El documento finaliza con las conclusiones generales, un glosario y las referencias consultadas. Asimismo se incluye un índice de tablas, figuras y anexos.

Balance energético estatal 2006–2011

El *Balance Energético Estatal* muestra la estadística anual correspondiente a los procesos que determinan la cantidad de energía disponible y los sectores de consumo de la misma. En esta edición se presenta información detallada para el periodo 2006 - 2011.

Este estudio se adapta a la estructura empleada en el Balance Nacional de Energía publicado por SENER, con la finalidad de permitir la comparación con el contexto energético nacional. No obstante, algunas partes de dicha estructura han sido modificadas para permitir mayor detalle en la presentación de la información, y con ello aportar más elementos para la toma de decisiones propias de la información, y con ello aportar más elementos para la toma de decisiones propias de un contexto local.

Estructura

Se analizan 10 fuentes de energía primaria y 9 de energía secundaria.

Energía primaria: Carbón mineral, Petróleo crudo, Condensados, Gas natural, Energía nuclear, Hidroenergía, Geoenergía, Energía eólica, Bagazo de caña y Leña.

Energía secundaria: Coque de carbón, Coque de petróleo, Gas licuado, Gasolinas y naftas, Querosenos, Diesel, Combustóleo, Gas seco y Electricidad.

Estas fuentes de energía son cuantificadas para un total de 13 procesos. Para su análisis, estos procesos se clasifican en 4 secciones, como se enlista a continuación. Con signo positivo (+) se indica si aumenta la cantidad de energía disponible, y con signo negativo (-) si la cantidad de energía disponible disminuye:

1. ***Energía disponible:*** Producción (+), Entradas (+), Variación de inventarios (±), Salidas (-) y Energía no aprovechada (-).
2. ***Total de transformación*** *(±):* Coquizadoras, Refinerías y despuntadoras, Plantas de gas y fraccionadoras, Centrales eléctricas.
3. ***Consumo del sector energético*** *(-): Consumo propio* y *Pérdidas.*
4. ***Consumo final total*** *(-): Consumo final no energético* y *Consumo final energético clasificado por sector.*

Estos procesos se ajustan a la siguiente ecuación: Para una descripción detallada de la obtención de información y los cálculos realizados, se puede consultar el Anexo B10- Método del Balance Energético Estatal.

Unidad de Energía

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización establece al Sistema General de Unidades de Medida como el único instrumento legal, de uso obligatorio en México, donde se determina que la energía debe ser medida en ***Joule (J)***. Al unificar los datos estadísticos en esta unidad, se hace posible comparar los procesos de diferentes fuentes de energía y analizar posibles sustitutos.

Poder calorífico bruto (PCB) y Poder calorífico neto (PCN)

El PCB es definido como la cantidad total de calor que se libera en un proceso de combustión. El PCN excluye del PCB la cantidad de calor no recuperable; equivale al calor del proceso de combustión que se aprovecha.

Con base en el *Balance Nacional de Energía*, para el carbón mineral y los combustibles líquidos, se considera que el PCN es 5% menor que el PCB. Para el gas natural y sus diversas modalidades la diferencia entre PCB y PCN es de 10%.

El Balance Energético Estatal utiliza los PCN reportados en el Balance Nacional de energía de 2010 para convertir cantidades de masa o volumen de combustible en cantidades de energía.

Fuentes de energía

Energía primaria

Las fuentes de energía primaria son aquellas que se obtienen directamente de la naturaleza o después de un proceso de extracción. Se listan a continuación.

Carbón mineral

Combustible fósil sólido formado principalmente en el periodo carbonífero por la descomposición de plantas sumergidas en el agua. Al descomponerse, las moléculas orgánicas pierden hidrógeno y oxígeno, quedando un depósito con elevado porcentaje de carbono. El Estado de Tlaxcala no cuenta con producción de este combustible, sin embargo se calcula el consumo en la rama cementera del sector industrial.

Las Coquizadoras emplean carbón siderúrgico, con bajo contenido en cenizas, para su transformación en coque o carbón metalúrgico. Las centrales eléctricas, por otra parte, utilizan carbón de alta temperatura como combustible para la generación. En Tlaxcala, ambos procesos de transformación son inexistentes.

1. *Petróleo crudo*

Mezcla líquida aceitosa de color oscuro, compuesta por hidrocarburos y derivados de éstos. El petróleo crudo es procesado en refinerías para obtener combustibles y materias primas con propiedades y usos específicos. En Tlaxcala no se presenta producción ni transformación de esta fuente de energía.

Condensados: Compuestos líquidos que se recuperan en los campos productores de gas asociado. Se incluyen en la cuantificación los productos que se condensan en ductos durante el transporte de gas natural. Contienen principalmente pentano y otros líquidos más pesados. Son empleados para su transformación en plantas de gas y en refinerías. El Estado de Tlaxcala no cuenta producción ni transformación de condensados.

2. *Gas natural*

Mezcla de hidrocarburos ligeros cuyo principal constituyente es el metano. También contiene etano y propano, gases inorgánicos tales como nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico en pequeñas cantidades. Se le puede encontrar asociado a los yacimientos de petróleo crudo o independientemente en pozos de gas no asociado. En el Estado de Tlaxcala no existe producción ni transformación de esta fuente de energía.

3. *Nucleoenergía*

Energía producida mediante la fisión de átomos de uranio. La energía térmica liberada se emplea para evaporar agua dentro de un ciclo termodinámico típico de generación eléctrica, basado en turbinas impulsadas por este vapor. En Tlaxcala no existen centrales que aprovechen este recurso.

4. *Hidroenergía*

Energía potencial presente en un depósito hidráulico. El agua contenida o conducida artificialmente acciona turbinas generadoras de electricidad. El Estado de Tlaxcala no cuenta con este tipo de centrales eléctricas.

5. *Geoenergía*

Calor presente en la corteza terrestre que procede del núcleo incandescente de la Tierra. Dicho calor evapora agua que es aprovechada para impulsar turbinas generadoras. México ocupa actualmente el tercer lugar en capacidad instalada de generación geotermoeléctrica. En el Estado de Tlaxcala no existe generación de energía geotérmica.

6. *Energía eólica*

El viento se puede considerar como una forma indirecta de energía solar (ya que ésta es la principal causa del flujo de aire en la atmósfera terrestre), empleado para impulsar turbinas. No existen centrales que empleen este recurso en el Estado de Tlaxcala.

7. *Bagazo de caña*

Material sólido pulposo, remanente de la extracción del jugo de caña en los ingenios azucareros. Es empleado como combustible para la generación eléctrica en los propios ingenios, o como materia prima para la elaboración de aglomerados, papel y alimento para ganado.
En Tlaxcala no existen ingenios azucareros.

8. *Leña*

Fuente de energía obtenida de los recursos forestales y empleada en Tlaxcala en el sector residencial para la cocción de alimentos y calefacción, principalmente en zonas rurales.

Energía secundaria

Productos energéticos obtenidos a partir del procesamiento de fuentes de energía primaria en centros de transformación. Poseen las características necesarias para su consumo en sectores específicos. En el estado no existen centros de transformación que generen energía secundaria, por lo que la entidad debe cubrir la demanda con entradas provenientes de otros Estados.

1. *Coque de carbón*

Combustible duro y poroso que resulta de la destilación destructiva del carbón mineral. Se emplea principalmente como agente reductor en la fundición de hierro y como combustible en minería. Se calcula cierto consumo de esta fuente de energía en la rama siderúrgica del sector industrial.

2. *Coque de petróleo*

Combustible sólido y poroso obtenido como residuo de la destilación del petróleo. El coque producido en refinerías es conocido como coque verde o coque sin calcinar y es empleado como fuente de energía, dado su alto contenido de compuestos volátiles.
El coque calcinado se utiliza como materia prima en la elaboración de pilas secas y de electrodos. En el Estado de Tlaxcala se calcula un consumo de este energético en varias ramas del sector Industrial.

3. *Gas LP*

Mezcla combustible obtenida en refinerías mediante la destilación del petróleo a temperaturas inferiores a 40° C, así como en plantas de gas a partir del tratamiento de los líquidos del gas natural. Se compone principalmente de propano y butano, y es utilizado en los sectores residencial, comercial y transporte. Ingresa al Estado de Tlaxcala a través de comercializadoras que distribuyen el producto a todos los sectores mencionados.

4. *Gasolinas y naftas*

Líquidos ligeros, volátiles e inflamables, obtenidos de la destilación del petróleo en refinerías, plantas de gas y fraccionadoras, con un rango de ebullición de 30 a 200° C, así como del procesamiento en plantas de gas. Incluye la gasolina de aviación (gasavión), empleada en aviones con motor de pistón; la gasolina automotriz; la gasolina natural, obtenida del gas natural; y las naftas, obtenidas del petróleo y del gas natural. Los dos últimos productos se emplean también como materia prima en la elaboración de disolventes para pinturas, barnices y limpiadores industriales. En Tlaxcala se presenta consumo energético en el sector de transporte, y se calcula cierto consumo como materia prima.

5. *Querosenos*

Combustibles líquidos obtenidos de la destilación del petróleo entre 150 y 300° C, llevada a cabo en refinerías, así como del procesamiento en plantas de gas y fraccionadoras. Incluye la turbosina, empleada en aviación para impulsar motores de turbina; y el queroseno común, empleado para cocción de alimentos, alumbrado, motores, refrigeración y como disolvente para asfaltos e insecticidas domésticos.

6. *Diésel*

Combustible líquido obtenido de la destilación del petróleo crudo en refinerías, entre 200 y 380° C. Es empleado en los sectores de transporte (automotriz, ferroviario y marítimo) e industrial. En Tlaxcala no se cuenta con consumo para el transporte marítimo, pero sí en los sectores industrial, residencial, comercial, agropecuario, autotransporte y ferroviario.

7. *Combustóleo*

Combustible residual de la refinación del petróleo y del procesamiento en plantas de gas y fraccionadoras. Es empleado en calderas, plantas de generación eléctrica y motores de navegación. En Tlaxcala se consume combustóleo en varias ramas del sector industrial.

8. *Gas seco*

Combustible obtenido del gas natural en refinerías y en plantas de gas, mediante la extracción de productos licuables. Está compuesto por metano y, en menor medida, por etano. Se utiliza como combustible en los sectores industrial y residencial, así como en centrales eléctricas. También es empleado como materia prima en la industria petroquímica. En Tlaxcala se calcula un cierto consumo de este combustible en el sector industrial.

9. *Electricidad*

Flujo de cargas eléctricas por conductos como cables metálicos (por ejemplo cobre). Esta energía es generada por el Sistema Eléctrico Nacional utilizando diversas fuentes. En Tlaxcala no existen centrales de transformación eléctrica.

Procesos energéticos

Delante de cada proceso detallado a continuación, se indica con signo positivo (+) si incrementa la cantidad de energía disponible, y con signo negativo (-) si la disminuye.

1. *Energía disponible*

Está conformada por la suma algebraica de los procesos de producción, variación de inventarios, energía no aprovechada e intercambios previos al consumo.

Producción (+)

Cantidad de energía primaria que es extraída dentro de los límites estatales. En el caso de la energía secundaria, se define la *Producción bruta de energía secundaria,* resultado del proceso de transformación.

Entradas (+)

Cantidad de energía primaria y secundaria que se produce fuera del Estado de Tlaxcala, e ingresa a éste para su consumo.

Salidas (-)

Cantidad de energía primaria y secundaria generada y destinada para su consumo fuera del territorio estatal. El Estado de Tlaxcala no tiene salidas.

Variación de inventarios (±)

Acumulación o reducción en las reservas estatales de las fuentes de energía primaria y secundaria que es posible almacenar. Es contabilizada como la diferencia entre la existencia inicial (al 1 de enero) y la final (al 31 de diciembre). La reducción en inventarios incrementa la energía disponible, por lo que se reporta como positiva (+); una acumulación se reporta con signo negativo (-).

Energía no aprovechada (-)

Energía que no es actualmente utilizada debido a la disponibilidad técnica o económica. Incluye los derrames de petróleo crudo, la cantidad de gas natural y de condensados enviados a la atmósfera, y el bagazo de caña no utilizado.

Total de transformación (±)

Cuantificación de la energía primaria y secundaria consumida en los centros de transformación para obtener fuentes de energía secundaria con características específicas para su consumo.
Las cifras de consumo se reportan con signo negativo (-) y la cantidad de energía secundaria generada se reporta con signo positivo (+).Los centros de transformación pueden clasificarse en:

Coquizadoras

Plantas donde se obtiene coque de carbón como resultado de la combustión de carbón mineral y otros minerales carbonosos.

Refinerías y despuntadoras

Plantas donde se separa el petróleo crudo en sus diferentes componentes: gas de refinerías, gas LP, gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo y coque de petróleo. En el Estado de Tlaxcala no existen plantas de PR que desempeñen esta actividad, únicamente una Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR).

Plantas de gas y fraccionadoras

Plantas en las que se separan los componentes del gas natural para obtener gas seco, gasolinas y naftas, etano, propano y butano. PGPB no cuenta con plantas en Tlaxcala, únicamente con un ducto que transporta gas seco hacia la entidad.

Centrales eléctricas

Transforman fuentes de energía primaria y secundaria en electricidad. Se clasifican en cinco tipos de acuerdo a la fuente energética empleada.

- Termoeléctricas: funcionan mediante turbinas accionadas por vapor de agua generado mediante la combustión de productos petrolíferos, gas seco o carbón mineral.
- Nucleoeléctricas: funcionan como una termoeléctrica en la que el calor requerido para la generación de vapor se obtiene mediante una reacción nuclear de fisión.
- Hidroeléctricas: las turbinas de estas plantas, conectadas a generadores, son impulsadas por un flujo de agua constante.
- Geotermoeléctricas: El vapor para mover los generadores eléctricos se obtiene directamente del subsuelo.
- Eoloeléctricas: Los generadores eléctricos son impulsados mediante la energía del viento.
  En Tlaxcala no existen centrales eléctricas.

Consumo del sector energético

Incluye el consumo propio del sector energético y las pérdidas dentro de éste.
Consumo propio (-)

Energía primaria y secundaria que el sector energético emplea para el funcionamiento de sus propias instalaciones. En el Estado de Tlaxcala no existe actividad de transformación en el sector eléctrico, sin embargo presenta consumo por transmisión.

Pérdidas (-)

Consisten en mermas energéticas que ocurren en las actividades que van desde la producción hasta el consumo final. En el Estado de Tlaxcala sólo se presentan pérdidas de electricidad debidas a las actividades de transmisión y distribución.

Consumo final total

Energía y materia prima destinadas a los distintos sectores económicos para su consumo. Se clasifica en *consumo energético* y *consumo no energético*. El consumo final de energía primaria es significativo únicamente para carbón, bagazo de caña y leña.

Consumo final no energético (-)

Cantidad de las fuentes de energía empleadas como materia prima para la elaboración de productos que no serán usados con fines energéticos. Se clasifica en dos ramas del sector industrial.

- Consumo en petroquímica de Pemex
- Consumo en la rama química.

En Tlaxcala sólo se presenta consumo no energético en la rama química, pues PPQ no cuenta con plantas en la entidad.

Consumo final energético (-)

Consumo llevado a cabo por los consumidores finales de los siguientes sectores económicos: residencial, comercial y público.

- **Residencial:** energía empleada para cocción de alimentos, calentamiento de agua, iluminación, refrigeración, planchado, entre otros.
- **Comercial:** consumo en locales comerciales, restaurantes, hoteles, entre otros.
- **Público:** incluye alumbrado, bombeo de agua potable y de aguas negras.
- **Transporte:** incluye consumo energético en autotransporte, ferroviario, marítimo y eléctrico.
- **Agropecuario:** consumo energético efectuado por todas las actividades relacionadas directamente con la agricultura y la ganadería, como es el caso de la electricidad para bombeo de agua y riego, el uso de combustibles para maquinaria agrícola, entre otros.
- **Industrial:** se clasifica en 17 ramas. Petroquímica de Pemex, siderúrgica, química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, cerveza y malta, fertilizantes, automotriz, aguas envasadas, construcción, hule, aluminio, tabaco, y otras ramas (SENER, 2011).

Diferencia estadística

Variable de ajuste empleada para compensar las diferencias entre la energía disponible y la demanda energética, debidas a variaciones entre las fuentes de información o a procesos no contemplados en el estudio. En este documento, la diferencia estadística se reporta como *no disponible* (n.d.), al no haber más de una fuente de información para cada proceso.

Matrices y diagramas

De las tablas 3.20 y 3.21 se muestra la información anual en forma de arreglo matricial, correspondiente a los procesos de cada fuente de energía primaria y secundaria para el año 2011. Las fuentes de energía se presentan en columnas y los procesos en filas. El color de fuente gris indica que el proceso no aplica a la fuente de energía señalada. Con color azul se muestran los totales.

La suma algebraica de las cifras de una fuente de energía, es decir, de una columna, da como resultado la diferencia estadística. Esta diferencia estadística se reporta como no disponible (n.d.), cuando se supuso igual a cero para permitir el cálculo de algún proceso específico mediante la ecuación del balance. La figura 3.30 se ilustran gráficamente los flujos de cada fuente de energía durante el periodo de estudio en forma cualitativa y cuantitativa, mediante diagramas de Sankey.

Tabla 3.20 *Balance energético estatal 2011. Energía primaria en petajoules (PJ).*

Petajoules	Carbón	Petróleo crudo	Conden-sados	Gas natural	Nucleo-energía	Hidro-energía	Geo-energía	Energía eólica	Bagazo de caña	Leña	Total de energía primaria
Energía disponible	**0.030**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**2.744**	**2.774**
Producción	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.744	2.744
Entradas	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
Variación de inventarios	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Salidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
No aprovechada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total transformación	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	0.000	0.000	**0.000**
Coquizadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Refinerías y despuntadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Plantas de gas y fraccionadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Centrales eléctricas CFE y LFC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo propio del sector	0.000	0.000	0.000	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
Perdidas (transp., alm. y dist.)	0.000	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
Consumo final total	**-0.030**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**	**-2.744**	**-2.774**
Consumo final no energético	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Petroquímica de Pemex	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Otras ramas económicas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo final energético	-0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.744	-2.774
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.744	-2.744
Transporte	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Agropecuario	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Industrial	-0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.030
	Producción bruta de energía secundaria										
Diferencia estadística	**n.d.**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**n.d.**	**0.000**

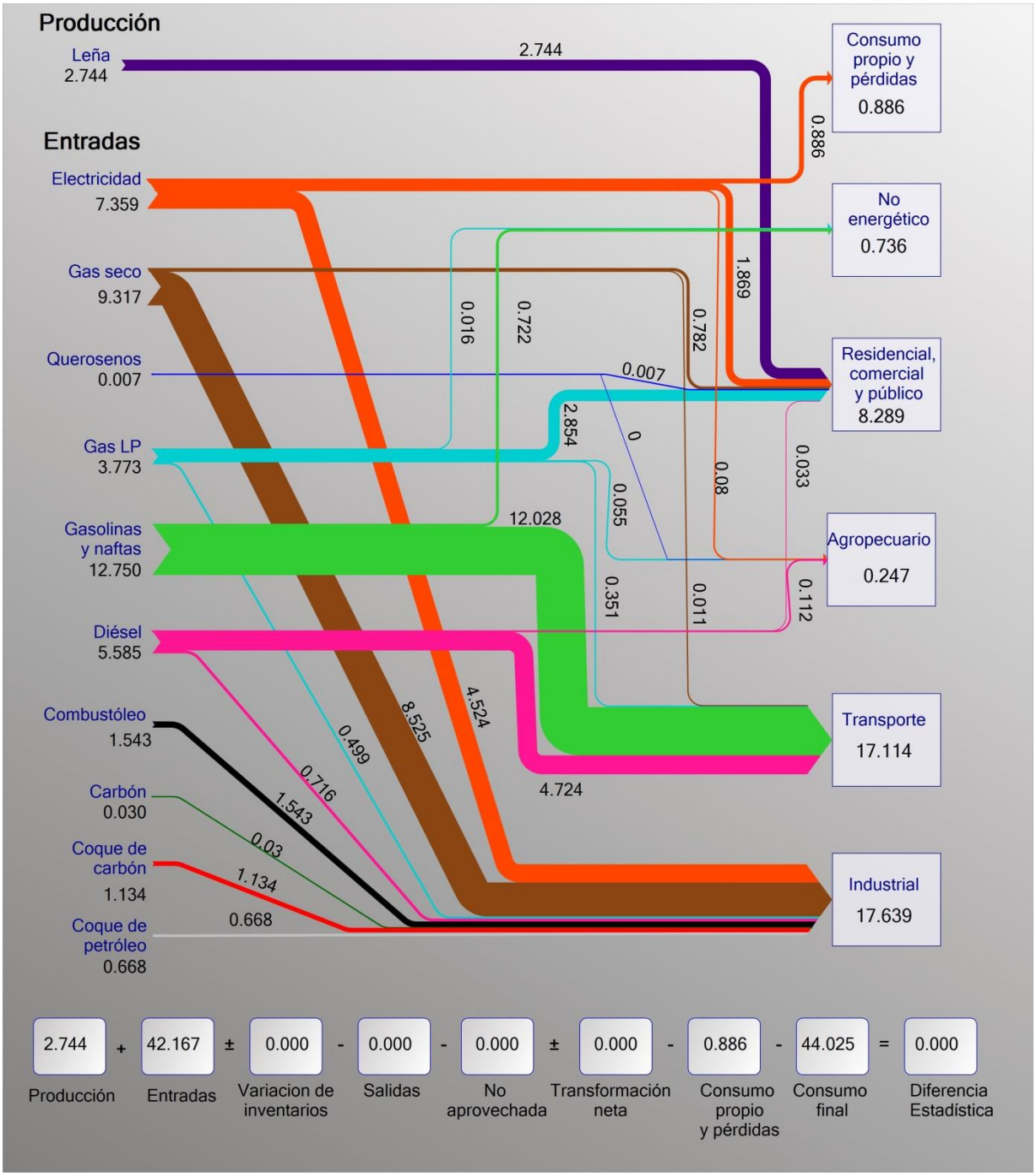
Fuente: *Elaboración propia FCFM –CEEA-BUAP.*

Tabla 3.21 *Balance energético estatal 2011. Energía secundaria en petajoules (PJ).*

Petajoules	Coque de carbón	Coque de petróleo	Gas LP	Gasolinas y naftas	Quero-senos	Diesel	Combus-tóleo	Gas seco	Electrici-dad	Total de energía secundaria	Total
Energía disponible	**1.134**	**0.668**	**3.773**	**12.750**	**0.007**	**5.585**	**1.543**	**9.317**	**7.359**	**42.137**	**44.911**
Producción	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.744
Entradas	1.134	0.668	3.773	12.750	0.007	5.585	1.543	9.317	7.359	42.137	42.167
Variación de inventarios	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Salidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
No aprovechada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total transformación	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
Coquizadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Refinerías y despuntadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Plantas de gas y fraccionadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Centrales eléctricas CFE y LFC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo propio del sector	**0.000**	0.000	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**-0.002**	**-0.002**	**-0.002**
Perdidas (transp., alm. y dist.)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**-0.883**	**-0.883**	**-0.883**
Consumo final total	**-1.134**	**-0.668**	**-3.773**	**-12.750**	**-0.007**	**-5.585**	**-1.543**	**-9.317**	**-6.473**	**-41.251**	**-44.025**
Consumo final no energético	0.000	0.000	-0.014	-0.722	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.736	-0.736
Petroquímica de Pemex	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Otras ramas económicas	0.000	0.000	-0.014	-0.722	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.736	-0.736
Consumo final energético	-1.134	-0.668	-3.759	-12.028	-0.007	-5.585	-1.543	-9.317	-6.473	-40.515	-43.289
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	-2.854	0.000	-0.007	-0.033	0.000	-0.782	-1.869	-5.545	-8.289
Transporte	0.000	0.000	-0.351	-12.028	0.000	-4.724	0.000	-0.011	0.000	-17.114	-17.114
Agropecuario	0.000	0.000	-0.055	0.000	0.000	-0.112	0.000	0.000	-0.080	-0.247	-0.247
Industrial	-1.134	-0.668	-0.499	0.000	0.000	-0.716	-1.543	-8.525	-4.524	-17.609	-17.639
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diferencia estadística	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**0.000**	**0.000**

Fuente: *Elaboración propia FCFM –CEEA-BUAP.*

Figura 3.30 *Balance energético estatal 2011, en petajoules (PJ).*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Análisis

Considerando los procesos existentes en el Estado de Tlaxcala, la descripción energética estatal se basa únicamente en el análisis de los procesos de consumo. Esto permite evaluar la dependencia energética del Estado de Tlaxcala.

Producción

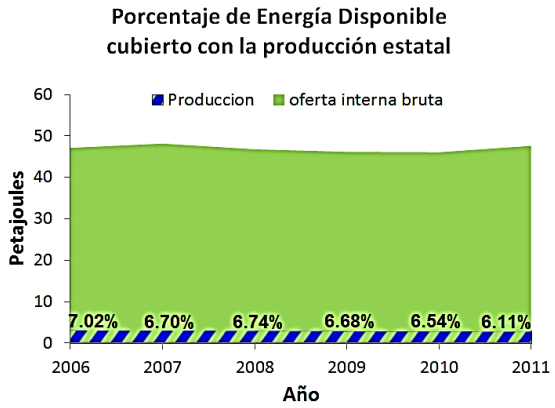
En el Estado de Tlaxcala, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que no se produce energía suficiente para satisfacer su demanda. La tabla 3.22 muestra la comparación anual de la producción y las entradas de energía estatal; con la energía disponible, desglosada por fuente. Se observa que el porcentaje promedio con que la producción estatal contribuyó a la energía disponible es del 6.64%, presentándose la mayor contribución durante el año 2006 con el 7.02%.(Figura 3.31).

Tabla 3.22 *Producción estatal de energía, entradas y total de energía disponible (incluye cuantificación de electricidad).*

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

	Producción de energía						Entradas						Energía disponible					
Petajoules	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón							0.065	0.053	0.059	0.032	0.030	0.030	0.065	0.053	0.059	0.032	0.030	0.030
Petróleo crudo							0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Gas natural							0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hidroenergía													0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Geoenergía													0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bagazo																		
Leña	3.097	3.027	2.960	2.896	2.834	2.744							3.097	3.027	2.960	2.896	2.834	2.744
Coque de carbón							1.412	1.204	1.276	1.200	1.034	1.134	1.412	1.204	1.276	1.200	1.032	1.134
Coque de petróleo							1.864	1.469	1.441	0.843	0.691	0.668	1.864	1.469	1.441	0.843	0.691	0.668
Gas LP							6.522	6.675	3.952	4.511	3.748	3.773	6.522	6.675	3.952	4.511	3.748	3.773
Gasolinas y naftas							9.810	10.894	12.612	12.003	12.528	12.750	9.810	10.894	12.612	12.003	12.528	12.750
Querosenos							0.011	0.010	0.005	0.005	0.007	0.007	0.011	0.010	0.005	0.005	0.007	0.007
Diesel							5.087	5.635	6.016	5.556	5.611	5.585	5.087	5.635	6.016	5.556	5.611	5.585
Combustóleo							2.918	2.296	2.096	1.539	1.013	1.543	2.918	2.296	2.096	1.539	1.013	1.543
Gas seco							6.357	6.359	6.306	8.108	8.945	9.317	6.357	6.359	6.306	8.108	8.945	9.317
Electricidad							6.930	7.533	7.138	6.612	6.831	7.359	6.930	7.533	7.138	6.612	6.831	7.359
Total	3.097	3.027	2.960	2.896	2.834	2.744	40.976	42.127	40.902	40.409	40.437	42.167	44.072	45.154	43.862	43.305	43.270	44.911

Figura 3.31 *Porcentaje de la energía disponible cubierto con producción estatal. La franja azul constituyen la producción, el fondo verde representa el total de energía disponible.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Consumo final total

La tabla 3.22 muestra las cifras anuales de todas las fuentes de energía consumidas en el Estado de Tlaxcala, así como el porcentaje que representa cada una respecto del total. La estructura porcentual anual del consumo energético final total se ilustra en las gráficas de la Figura 3.32. Las fuentes de energía de mayor relevancia son las gasolinas y el diésel, que promedian 50% del consumo final total en conjunto, durante el periodo de estudio.

El consumo de gas seco presenta un aumento constante durante todo el periodo de estudio. Contrario a esto, el consumo de coque de petróleo, leña y combustóleo presentaron una disminución continua a partir de 2007.En el caso del carbón, gasolinas, diésel y electricidad, se presenta un comportamiento semejante, al disminuir en 2009 para después aumentar en 2010. El consumo de gas licuado y coque de carbón presentan un aumento en 2009, para posteriormente disminuir en 2010.

En la figura 3.33 se muestra la evolución anual del consumo final total de cada una de las fuentes de energía. La disminución en el consumo total de energía de 2008 a 2009 se puede deber tanto a la recesión económica[21], como al alza de los precios de los combustibles y a las políticas de ahorro energético[22]. A nivel federal CFE impulsó el reemplazo de refrigeradores y lámparas incandescentes, sin embargo se desconoce el nivel de contribución de estas medidas.

[21] *Reloj de los ciclos económicos de México, INEGI.*

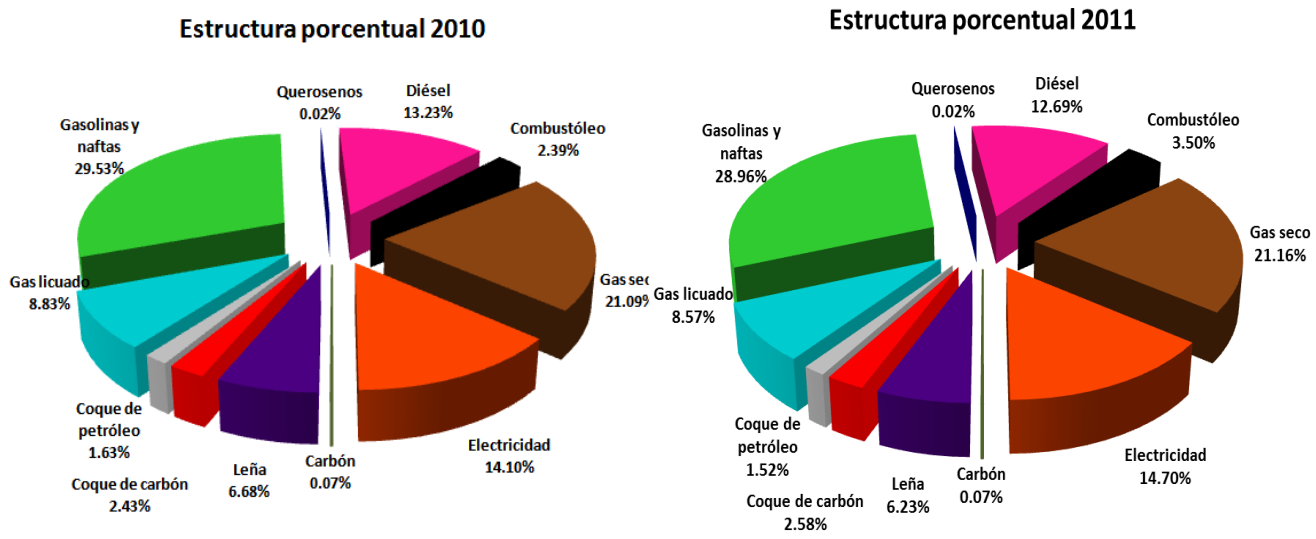
[22] *Balance Nacional de Energía 2009, SENER.*

Tabla 3.23 *Consumo final de energía (PJ).*

Petajoules	Consumo final de energía						Estructura porcentual					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
							%	%	%	%	%	%
Carbón	0.07	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Leña	3.10	3.03	2.96	2.90	2.83	2.74	7.2	6.8	6.9	6.8	6.7	6.2
Coque de carbón	1.41	1.20	1.28	1.20	1.03	1.13	3.3	2.7	3.0	2.8	2.4	2.6
Coque de petróleo	1.86	1.47	1.44	0.84	0.69	0.67	4.3	3.3	3.3	2.0	1.6	1.5
Gas LP	6.52	6.68	3.95	4.51	3.75	3.77	15.1	15.0	9.2	10.6	8.8	8.6
Gasolinas y naftas	9.81	10.89	12.61	12.00	12.53	12.75	22.7	24.6	29.3	28.2	29.5	29.0
Querosenos	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diesel	5.09	5.63	6.02	5.56	5.61	5.59	11.8	12.7	14.0	13.1	13.2	12.7
Combustóleo	2.92	2.30	2.10	1.54	1.01	1.54	6.8	5.2	4.9	3.6	2.4	3.5
Gas seco	6.36	6.36	6.31	8.11	8.94	9.32	14.7	14.3	14.6	19.1	21.1	21.2
Electricidad	6.08	6.74	6.36	5.81	5.98	6.47	14.1	15.2	14.8	13.7	14.1	14.7
Total	**43.2**	**44.4**	**43.1**	**42.5**	**42.4**	**44.0**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

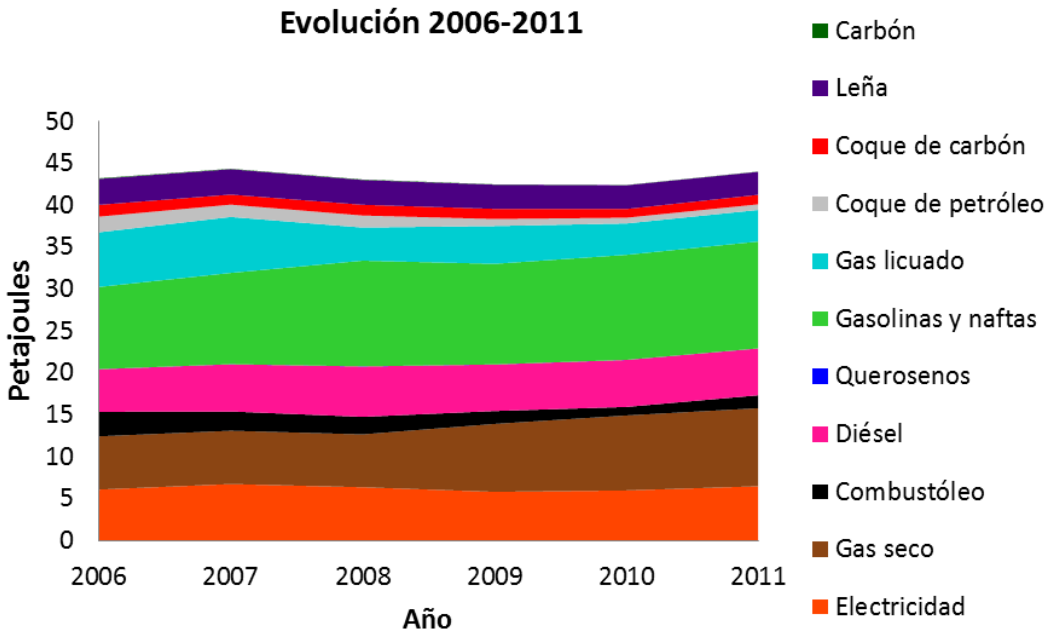
Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Figura 3.32 *Estructura porcentual del consumo energético final total.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Figura 3.33 *Evolución anual del consumo final total de energía.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Consumo en el sector industrial

Con base en el Balance Nacional de Energía, el sector industrial está clasificado en 17 ramas. Estas ramas son: petroquímica de Pemex, siderúrgica, química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, cerveza y malta, fertilizantes, automotriz, aguas envasadas, construcción, hule, aluminio, tabaco, y otras ramas.

En la Tabla 3.24 se listan los consumos anuales de las fuentes empleadas por cada rama industrial. Las gráficas de la Figura 3.34 ilustran la evolución anual en el consumo de cada fuente de energía. El carbón se consume significativamente sólo en la rama cementera, sin embargo el consumo energético de carbón es mínimo; presenta un consumo sostenido de 2006 a 2008 y una disminución en 2009, para volver a aumentar en 2010.

La rama siderúrgica, de gran relevancia estatal, presentó una disminución sostenida de 2007 a 2010 en los consumos de coque de petróleo y combustóleo. En 2009 se produjo un aumento considerable en el consumo de coque de carbón.

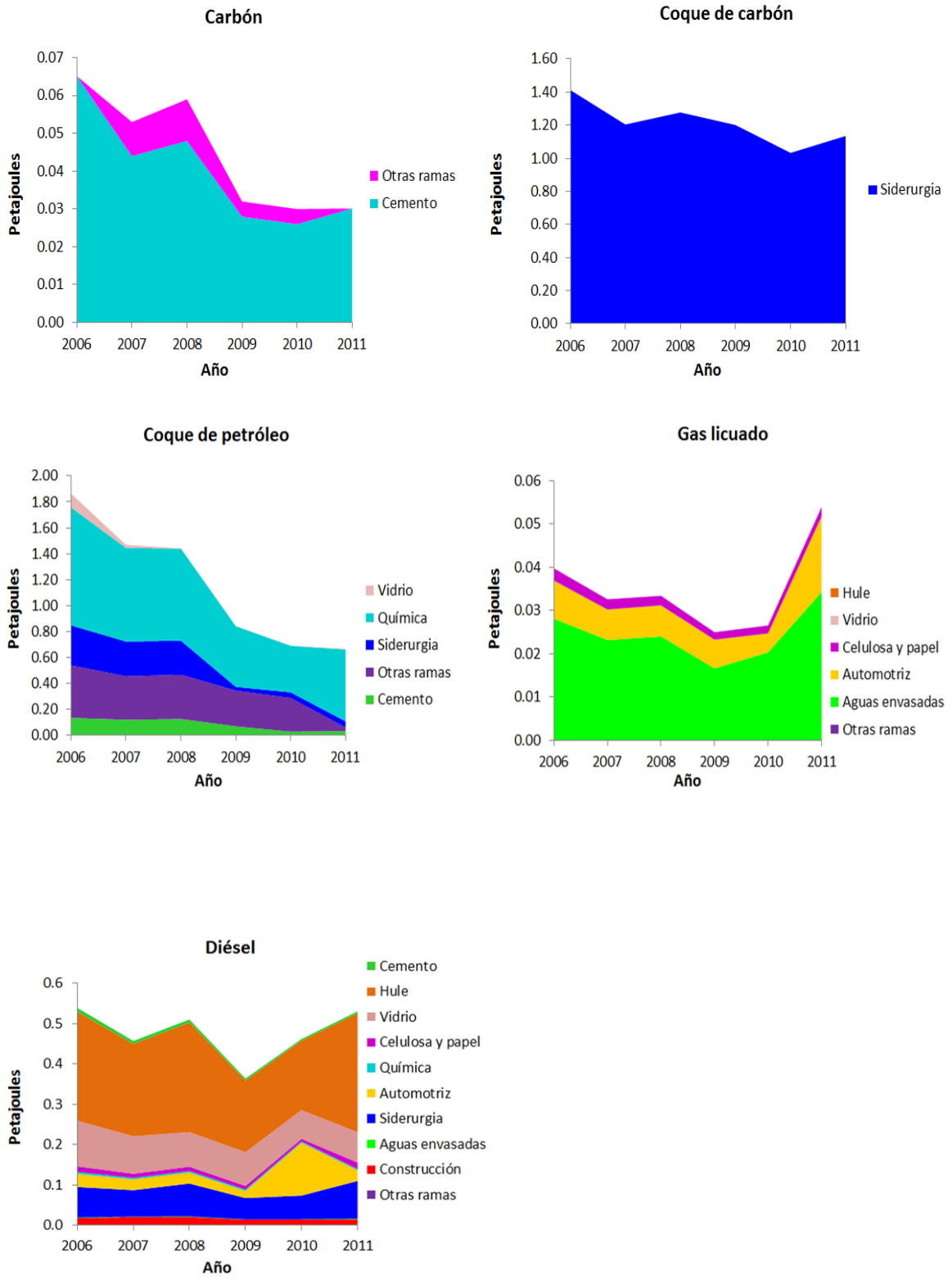
El consumo de gas seco que presentó un aumento sostenido a partir de 2008, contrario a esto, el consumo del combustóleo y coque de petróleo presentó una disminución sostenida durante el periodo del estudio. A excepción de los anteriores combustibles, el sector industrial presentó una disminución en su consumo energético en 2009, para aumentar nuevamente en 2010.

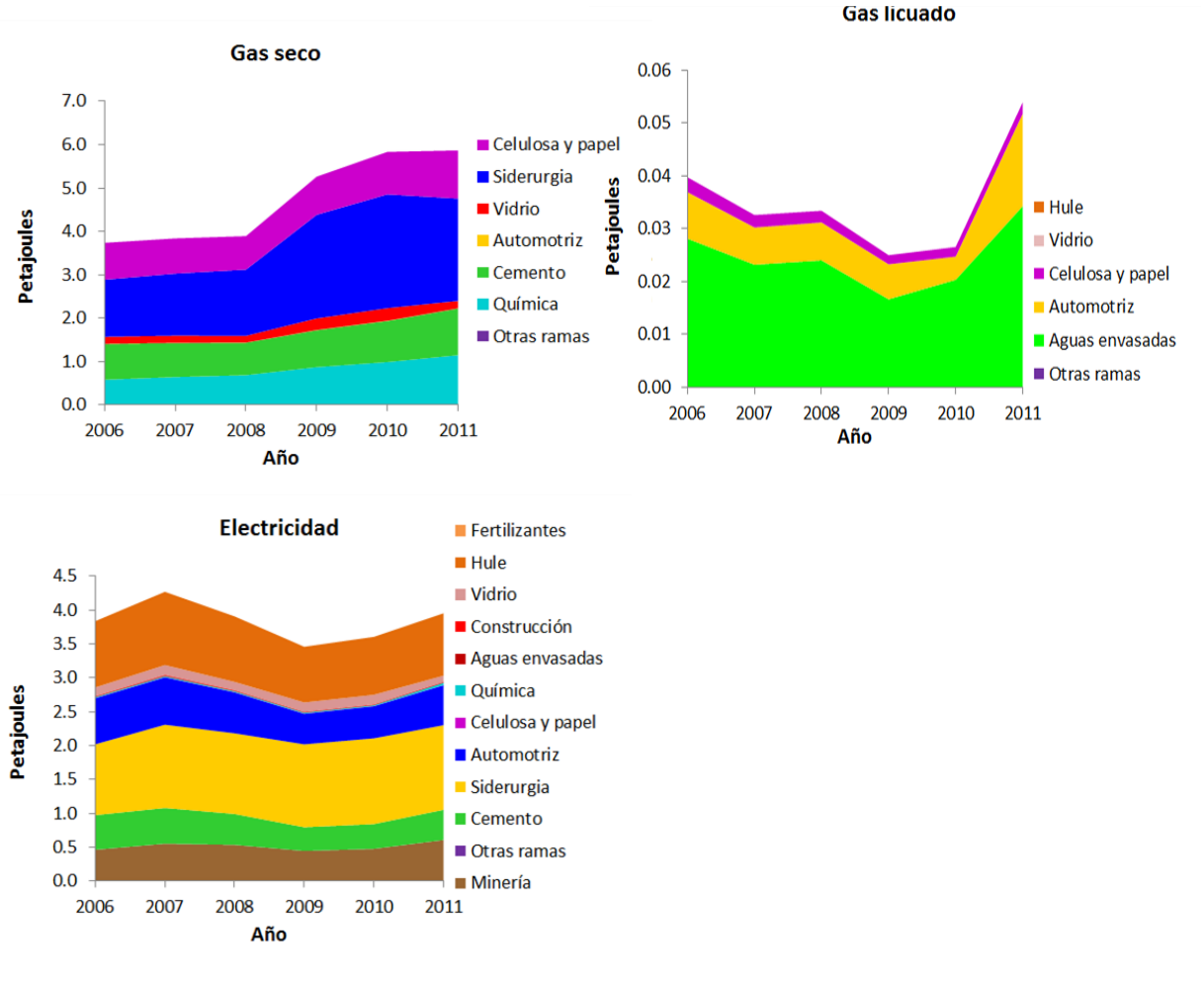
Tabla 3.24 *Consumo energético en el sector industrial en Petajoules.*

Consumo del sector industrial														
Petajoules	2006	2007	2008	2009	2010	2011			2006	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón	0.0651	0.0440	0.0480	0.0280	0.0260	0.0301		Combustóleo	2.9183	2.2961	2.0954	1.5386	1.0123	1.5427
Cemento	0.0651	0.0440	0.0480	0.0280	0.0260	0.0301		Siderurgia	0.1917	0.1692	0.1685	0.1445	0.0905	0.0818
								Química	0.3640	0.2524	0.2075	0.2189	0.1568	0.2038
Coque de carbón	1.4116	1.2036	1.2763	1.2004	1.0323	1.1340		Cemento	0.1645	0.0945	0.0515	0.0324	0.0510	0.0114
Siderurgia	1.4116	1.2036	1.2763	1.2004	1.0323	1.1340		Celulosa y papel	0.6726	0.5862	0.6017	0.4391	0.3485	0.4777
								Vidrio	0.9249	0.7485	0.7198	0.4628	0.2572	0.5099
Coque de petróleo	1.8640	1.4689	1.4414	0.8430	0.6915	0.6680		Aguas envasadas	0.0039	0.0031	0.0029	0.0021	0.0013	0.0019
Siderurgia	0.1357	0.1210	0.1271	0.0705	0.0293	0.0334		Hule	0.0397	0.0326	0.0293	0.0287	0.0174	0.0152
Química	0.3090	0.2682	0.2617	0.0293	0.0440	0.0480		Otras ramas	0.5569	0.4095	0.3142	0.2101	0.0896	0.2410
Cemento	0.9089	0.7215	0.7095	0.4673	0.3583	0.5534		Gas seco	5.6354	5.7370	5.7440	7.5874	8.4033	8.5247
Vidrio	0.1065	0.0235	0.0017	0.0012	0.0009	0.0057		Siderurgia	1.3143	1.4283	1.5245	2.3857	2.6207	2.3566
Otras ramas	0.4040	0.3348	0.3413	0.2748	0.2590	0.0274		Química	0.6404	0.6124	0.5833	0.6809	0.7567	0.8405
								Cemento	0.8524	0.8116	0.7740	0.8801	0.9803	1.1121
Gas LP	0.4860	0.4112	0.4230	0.3443	0.3153	0.4990		Minería	0.0004	0.0006	0.0010	0.0013	0.0017	0.0014
Química	0.0231	0.0170	0.0181	0.0216	0.0199	0.0345		Celulosa y papel	0.5826	0.6433	0.6869	0.8718	0.9879	1.1478
Celulosa y papel	0.0236	0.0221	0.0265	0.0190	0.0197	0.0444		Vidrio	0.8237	0.7843	0.7480	0.8504	0.9473	1.0746
Vidrio	0.0281	0.0232	0.0240	0.0166	0.0203	0.0343		Fertilizantes	0.00348	0.00361	0.00336	0.0058	0.00626	0.0051
Automotriz	0.0088	0.0070	0.0072	0.0066	0.0044	0.0175		Automotriz	0.0170	0.0165	0.0174	0.0265	0.0257	0.0628
Aguas envasadas	0.0028	0.0024	0.0022	0.0017	0.0018	0.0021		Aguas envasadas	0.0125	0.0125	0.0121	0.0153	0.0168	0.0163
Hule	0.0015	0.0011	0.0010	0.0011	0.0017	0.0012		Hule	0.1610	0.1671	0.1553	0.2680	0.2897	0.1707
Otras ramas	0.3981	0.3385	0.3440	0.2777	0.2474	0.3650		Otras ramas	1.2277	1.2567	1.2382	1.6016	1.7702	1.7366
Diesel	0.7108	0.5886	0.6493	0.5106	0.5863	0.7152		Electricidad	4.4937	4.9462	4.4932	3.8961	4.0644	4.5242
Siderurgia	0.0185	0.0210	0.0213	0.0142	0.0145	0.0149		Siderurgia	1.0468	1.2290	1.1905	1.2234	1.2658	1.2488
Química	0.1556	0.1078	0.1187	0.1301	0.1078	0.1646		Química	0.5100	0.5270	0.4555	0.3492	0.3655	0.4454
Cemento	0.0011	0.0007	0.0009	0.0007	0.0007	0.0017		Cemento	0.6789	0.6984	0.6044	0.4513	0.4735	0.5893
Celulosa y papel	0.0757	0.0657	0.0817	0.0529	0.0588	0.0937		Minería	0.0003	0.0006	0.0008	0.0007	0.0008	0.0007
Vidrio	0.0328	0.0267	0.0274	0.0178	0.1311	0.0266		Celulosa y papel	0.4640	0.5536	0.5364	0.4471	0.4772	0.6082
Fertilizantes	0.00461	0.00378	0.00347	0.0034	0.00271	0.00274		Vidrio	0.6560	0.6748	0.5841	0.4361	0.4576	0.5695
Automotriz	0.0138	0.0103	0.0108	0.0089	0.0067	0.0162		Fertilizantes	0.00277	0.00311	0.00262	0.00297	0.00303	0.0027
Aguas envasadas	0.0097	0.0077	0.0074	0.0052	0.0042	0.0048		Automotriz	0.0136	0.0142	0.0136	0.0136	0.0124	0.0333
Construcción	0.0159	0.0234	0.0201	0.0164	0.0162	0.0198		Aguas envasadas	0.0099	0.0108	0.0095	0.0078	0.0081	0.0087
Hule	0.1131	0.0928	0.0858	0.0838	0.0714	0.0752		Construcción	0.0054	0.0098	0.0077	0.0053	0.0054	0.0068
Otras ramas	0.2701	0.2287	0.2717	0.1772	0.1720	0.2949		Hule	0.1282	0.1437	0.1212	0.1375	0.1399	0.0905
								Otras ramas	0.9778	1.0813	0.9669	0.8213	0.8551	0.9203

Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Figura 3.34 *Evolución anual del consumo energético por rama industrial.*





Fuente: Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.

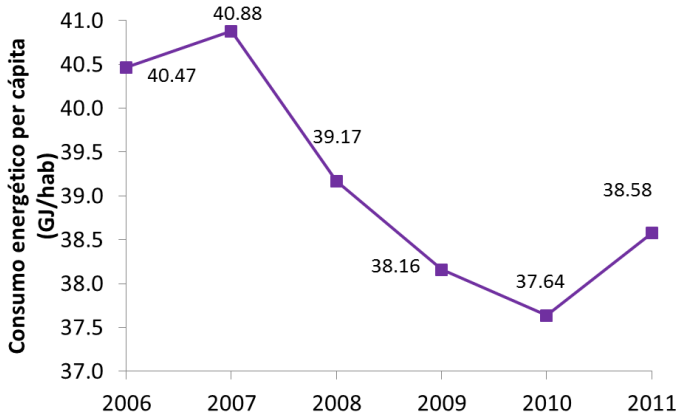
Transformación en centrales eléctricas

El Estado de Tlaxcala no cuenta con centrales para la generación de electricidad, tampoco se reporta generación por permisionarios para en el sector industrial.

Consumo energético per cápita

Durante el periodo analizado, el consumo de energía per cápita en Tlaxcala aumentó de 40.44 GJ/hab en 2006 a 40.64 GJ/hab en 2007, para posteriormente disminuir hasta 36.99 GJ/hab en 2010 (Figura 3.36).

Figura 3.35 *Consumo energético per cápita estatal.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA- FCFM- BUAP.*

Conclusión

El consumo estatal de energía aumentó un 2.46% en el periodo comprendido entre 2006 y 2007. En el periodo 2007 - 2010 disminuyó en un 1.85%.

En Tlaxcala se produjo, en promedio, el 6.7% de la energía consumida anualmente durante el periodo 2006 - 2010, por lo que el Estado tlaxcalteca depende, energéticamente, de otras entidades federativas. De acuerdo al Balance Energético Estatal, el Estado presentó hasta 2008 un crecimiento sostenido en el consumo de gasolinas y diésel. Para posteriormente disminuir durante el periodo 2009 - 2010.

Durante el periodo 2006 - 2007 el sector industrial consumió la mayor cantidad de energía, mientras que de 2008 a 2010 el sector transporte presentó el mayor consumo. El Estado de Tlaxcala presenta además un consumo bajo de leña que disminuyó de forma constante durante el periodo de estudio.

El consumo energético en el Estado de Tlaxcala aumentó 2,46% en el periodo comprendido entre 2006 y 2007, presentando un consumo máximo de 44.36 PJ en 2007. Este valor máximo representó 0.93% del consumo energético nacional efectuado el mismo año (4,795.2 PJ)[23]. Durante dicho periodo, Tlaxcala dependió energéticamente en un 92.97% de la energía proveniente de otros estados de la República. A excepción del consumo de electricidad y gas seco, la información referente a los consumos en el sector industrial fue obtenida casi en su totalidad por medio de cálculos basados en factores económicos.

[23] *Balance Nacional de Energía 2010, SENER.*

4

Modelación de la dispersión, determinación de la cuenca atmosférica y propuesta de ubicación de un sistema de monitoreo atmosférico

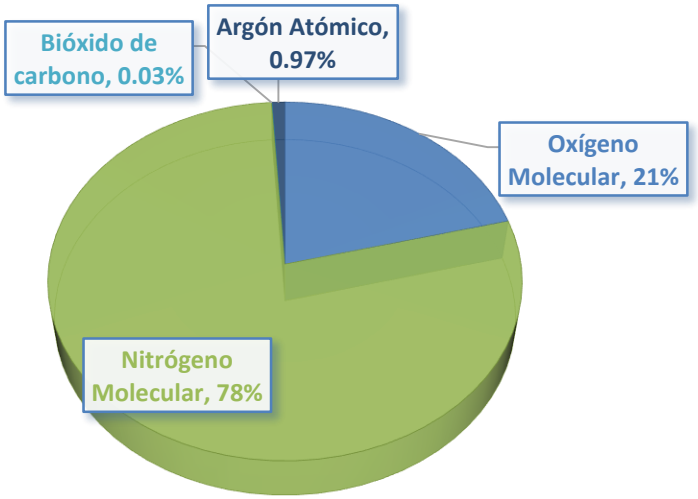
4. Modelación de la dispersión, determinación de la cuenca atmosférica y propuesta de ubicación de un sistema de monitoreo atmosférico

4.1 Modelación de la dispersión

El comportamiento de los contaminantes atmosféricos depende de las condiciones meteorológicas y de las características físico - químicas propias de los contaminantes. Por lo tanto, la forma de conocer la dinámica de la atmósfera es a través de la dispersión atmosférica que se obtiene mediante la modelación. Esto permitirá conocer el potencial efecto sobre los ecosistemas y la salud humana.

La composición del aire (mezcla de gases), se muestra en la figura 4.1.

Figura 4.1 *Composición del aire en porcentaje de volumen.*



Fuente: *Elaboración propia con datos obtenidos de Air Pollution, Sampras Uk, 2012.*

La presencia de contaminantes en la atmósfera está condicionada, en parte, por la práctica antropogénica en la generación de emisiones contaminantes con base en el horario y estacionalidad anual. No es la misma en época de frio, calor, lluvia, sequía, o entre el día y la noche. La dispersión de los diferentes gases contaminantes provoca una sinergia debido a la combinación, adsorción y dilución de diferentes elementos en la atmósfera. La expulsión de los gases contaminantes deriva de una fuente (puntual, móvil, de área, lineal y combinada).

La gran cantidad de variables y parámetros que intervienen en la dispersión, hacen de la atmósfera un sistema complejo, por lo que se debe contar con metodologías específicas para modelar dicha dispersión. Por otra parte, es necesario evaluar las condiciones meteorológicas como la presión, temperatura y estabilidad atmosférica.

A continuación, se presentan las variables que intervienen en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos (tabla 4.1).

Tabla 4.1 *Variables que inciden en la dispersión de los contaminantes.*

Variables	Descripción
Características meteorológicas de la zona	La meteorología es el parámetro más importante en lo que se refiere al transporte de los contaminantes, sus variables tienen una afectación significativa sobre ésta.
Características topográficas y geográficas del lugar	Éste parámetro es muy importante en el comportamiento de la dirección que tomen los contaminantes (después de la variable del viento), así como de las posibilidades de estar en lugares adversos (por ejemplo, zonas urbanas que estar rodeadas de montañas, generando inversiones térmicas donde queda atrapada la contaminación).
Características del contaminante	Cada elemento tiene una capacidad y tiempo de reacción (principalmente la de oxidarse), así como características físicas y químicas que hacen del tipo de contaminante una única variable.
Velocidad de sedimentación del contaminante	Todos los gases y partículas están bajo la influencia de la gravedad y por consiguiente de la caída hacia la superficie de la Tierra o de la estratificación del mismo a cierta altura de la atmósfera, en función de las características de expulsión y sus características físicas.
Expulsión	Es la característica con la cual la emisión es efectuada, como son la potencia, velocidad, dirección, altura (conocido en el método de Gaussiano como la altura efectiva de los gases). Esto está directamente relacionado con las características físicas de los contaminantes como son densidad, peso molecular y volumen. Si las PST tienen un diámetro menor de 20 micrómetros se comportan igual que los gases.
Gradiente térmico	Es la variación de temperatura respecto a la altura, esta se realiza en la tropósfera que es la zona que más nos interesa, en cuestión de la contaminación, y disminuye en 1° C por cada 100 metros de ascensión.
Inversión térmica	Las inversiones térmicas actúan como tapaderas que frenan los movimientos ascendentes del aire caliente y contaminado. En una inversión térmica el aire contaminado queda atrapado por una capa que solo se rompe por la influencia del calor proveniente del Sol.
Radiación	Es la transmisión de energía, generalmente en rayos ultra violeta, infrarrojo, visible y ondas de radio, las cuales produce reacciones fotoquímicas que afectan el comportamiento de los contaminantes, además de alterar el gradiente térmico.
Turbulencia, rugosidad	Alteración del flujo del aire debido a cambios de dirección bruscos. En las ciudades este proceso se puede presentar a causa de las construcciones (> de 15 metros de altura).
Reacción termodinámica, química y física	Al estar en contacto un elemento con otro(s), durante un tiempo determinado, se van estableciendo reacciones y cadenas de diversos tipos, los cuales dan pie a la formación de nuevos elementos.

Fuente: *Instituto Nacional de Ecología y UNAM 2011.*

A través de la modelación de la dispersión, se conoce el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera, por ello se hace necesario identificar y analizar los forzadores que intervienen en la dinámica atmosférica y en la dispersión de los contaminantes. La estabilidad atmosférica es crucial en materia de dispersión, porque está en función de la temperatura, que es lo que se denomina "*gradiente adiabático vertical de temperatura*", y con la velocidad del viento (tabla 4.2).

Tabla 4.2 *Variables que intervienen en la dispersión atmosférica.*

Variable	Descripción
Estabilidad atmosférica	Es la capacidad que tiene la atmósfera de aumentar o suprimir los movimientos convectivos del aire, funciona como un indicador del medio atmosférico, que permite identificar si es turbulento, laminado, estratificado, estático o de inversión. Se representa con líneas adiabáticas de 6 tipos.
Altura de la capa de mezclado	Es la distancia vertical entre la superficie y el estrato en que se realiza el tope o límite de ascensión del contaminante, que es donde permanece la mayor parte de su existencia, efectuando reacciones y cambios físico - químicos en combinación con otros elementos. Esto ocurre por las características meteorológicas, así como por la presencia de otros elementos. Entonces el contaminante no alcanza su límite de ascensión debido a que efectúa reacciones y cambios en su recorrido.
Longitud de mezclado	Debido a la dinámica atmosférica la ascensión de los contaminantes no se realiza totalmente en línea vertical, ya que su recorrido hacia su límite de ascensión es por lo general en forma inclinada. Esta línea crea una proyección sobre la horizontal la cual es conocida como la longitud de mezclado.
Área de mezclado	Es la proyección sobre la superficie de la zona donde se realiza el mezclado. Es de suma importancia al hablar de la lluvia.
Reflexión	Es la característica de los contaminantes de rebotar sobre la superficie; en el programa Gaussiano se establece como de reflexión nula, parcial o total.
Advección	Es el transporte debido al movimiento microscópico de un fluido.
Difusión	Es el transporte debido a gradientes de diversas índoles, es lo inverso de la advección.

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Otra variable importante en la dispersión y reacción de los contaminantes, es la radiación solar. Esta llega con distinta intensidad a nuestro planeta según la latitud en la que nos encontremos; no es la misma en la franja de los trópicos, que en los polos.

Modelos de dispersión atmosférica

Existen, de manera general, dos modelos para la determinación de la dispersión atmosférica. Los modelos físicos (basados en experimentos), y los modelos matemáticos (numéricos y analíticos). De estos últimos, los analíticos tienen como objetivo el cálculo de las emisiones a la atmósfera. Los numéricos se dividen en estadísticos y determinísticos. Los primeros sirven para análisis de diagnóstico (bases de datos) y los determinísticos para la descripción de pronósticos. Los modelos de dispersión, se fundamentan en el balance de masa, que es el diferencial entre lo que entra y lo que sale.

La selección del método, depende de los alcances y profundidad del estudio, así como de la disponibilidad de información. Para el caso del estudio de la dispersión atmosférica en el Estado de Tlaxcala, se seleccionó el modelo de dispersión "*Gaussiano*".

La modelación gaussiana para el análisis de la dispersión, permite conocer los niveles de concentración a una determinada distancia. Esta modelación se define por: La velocidad del viento, altura de la chimenea, tasa de emisión, temperatura de salida del gas, tasa de emisión, temperatura ambiente y estabilidad atmosférica.

A continuación se presenta la ecuación que se obtiene a partir de este modelo.

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\}$$

Donde:

C= Concentración de contaminante en el punto (x,y,z).

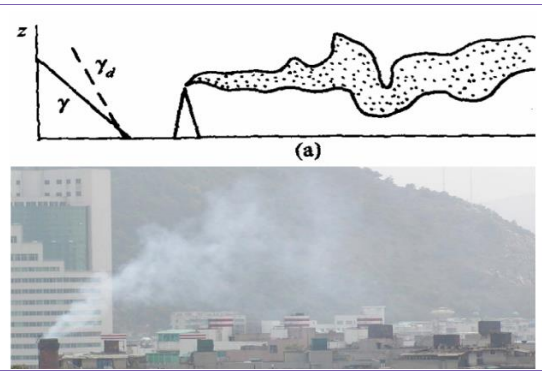
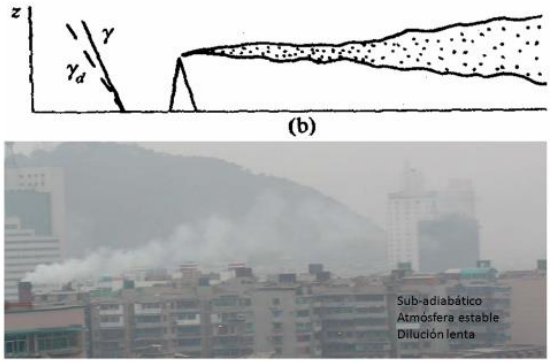
Q= Caudal de emisión del contaminante.

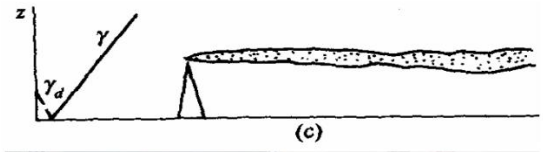
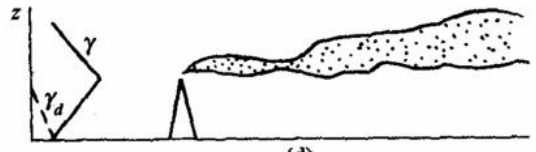
σ_y σz= Desviación estándar en las direcciones "y" & "z" respectivamente.

U= Velocidad del viento.

H= Altura efectiva de la chimenea.

Tabla 4.3 *Niveles de estabilidad atmosférica.*

	**a).- Extremadamente Inestable** Se genera en condiciones de viento inestables, favorable para la dispersión de los contaminantes.
	**b).- Ligeramente estable** Esta pluma se produce de forma principal en días muy nublados o muy soleados y acarrea los contaminantes a poca altura.

 (c) 	**c).- Extremadamente estable** Esta pluma no produce concentraciones elevadas a nivel suelo, pero se genera una pluma de flotación que puede alcanzar largas distancias.
 (d) 	**d).- Mixta.- Inferior estable y superior inestable** Esta pluma produce concentraciones altas a nivel suelo y a corta distancia, pero a mayor distancia alcanza la dispersión vertical.
 (e) 	**e).- Fumigación.- inferior inestable y superior estable** Esta pluma produce concentraciones muy altas a nivel suelo. Esto se puede evitar si la chimenea es lo suficientemente alta, creando plumas de fumigación.

Fuente: *Japon International Cooperation Agency – Japón 2009.*

La estabilidad del aire está determinada por la distribución vertical de la temperatura. Una columna de aire es inestable cuando el aire de la capa inferior es más cálido y menos denso que el aire de arriba, elevándose y desplazando al aire frío de capas altas. Las condiciones más inestables se producen con calentamiento intenso de la superficie. Inversamente, el aire es estable cuando la disminución de temperatura con la altura es menor que el gradiente adiabático húmedo. Las condiciones más estables se producen en épocas de bajas temperaturas en días fríos con inversiones térmicas.

La modelación es una herramienta matemática que intenta representar las condiciones atmosféricas, generando escenarios potenciales bajo condiciones controladas a través de la integración y procesamiento de las múltiples variables que constituyen el fenómeno. Es importante controlar la calidad y suficiencia de la información, con la finalidad de contar con

un alto nivel de certidumbre de las proyecciones. Los contaminantes contenidos en el aire se mueven a fin de equilibrar la presión atmosférica, los gradientes de temperatura y las reacciones fisicoquímicas, lo que origina su dispersión.

4.2 Determinación de la cuenca atmosférica

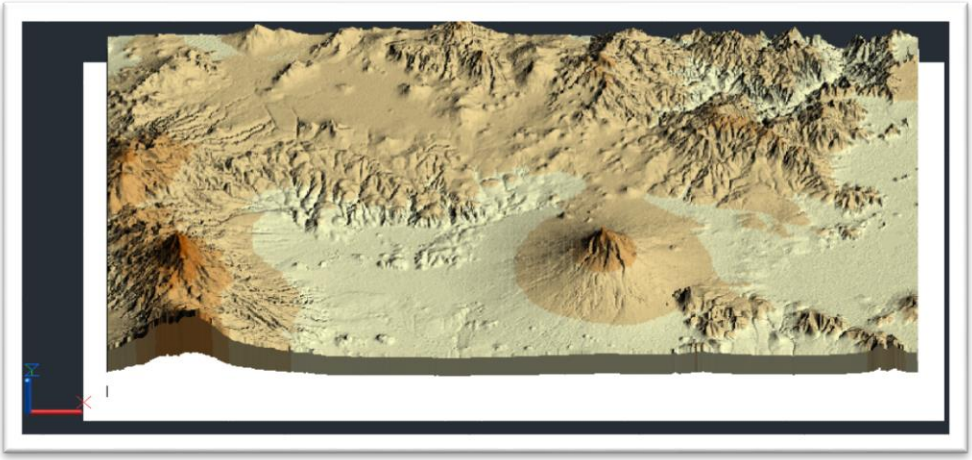
Se define como cuenca atmosférica a una región geográfica que no necesariamente está delimitada por variables morfológicas (líneas costeras, formaciones montañosas, valles, etc.), pero que comparte condiciones similares en materia de dinámica atmosférica de tal manera que interviene una misma circulación general en materia de dispersión atmosférica. No obstante, existen variables que si determinan la conformación de una cuenca, por ejemplo: la estabilidad atmosférica, constantes climáticas, parámetros meteorológicos, entre otros.

Lo anterior ocasiona que todas las fuentes que se encuentran dentro de ésta región, compartan y formen una sinergia de sus emisiones, por lo que una emisión determinada puede afectar directamente a cualquier otro punto que se encuentre dentro de la cuenca. En este sentido, el transporte de contaminantes dentro de la región mantiene las mismas características.

Metodología

Para determinar la cuenca atmosférica del Estado de Tlaxcala se construyó un modelo 3D[24] de elevación digital para el Estado y su territorio, digitalizando el territorio del Estado (figura 4.2).

Figura 4.2 *Digitalización del territorio del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *INEGI – DEM, modelos de elevación digital.*

Posteriormente se generaron las isolíneas del viento con información de las estaciones climatológicas administradas por la Comisión Nacional del Agua. De aquí se obtiene la rosa de los vientos para conocer el comportamiento local de los mismos (dirección y velocidades) y de esta manera alimentar el software correspondiente para realizar la modelación de la dispersión de contaminantes en el Estado de Tlaxcala (figura 4.3). Posteriormente se delimitó territorialmente el Estado de Tlaxcala (figura 4.4). Después se desarrolló un modelo

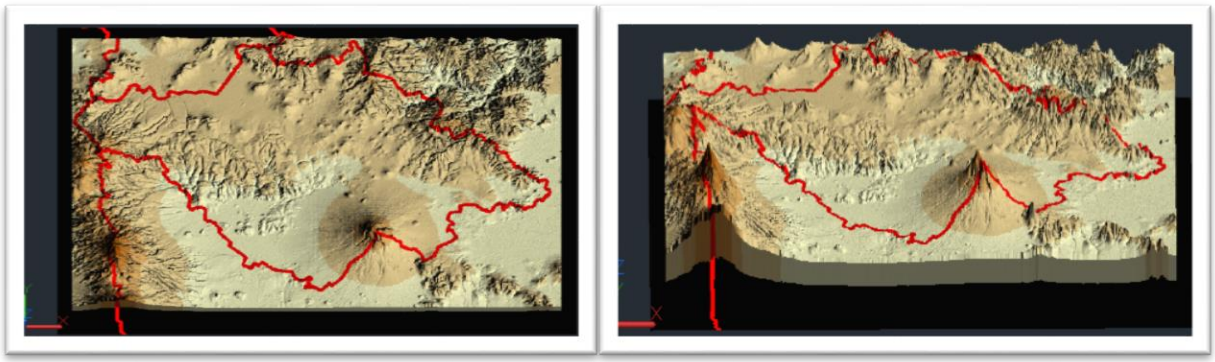
[24] *Facultad de Ciencias Físico Matemáticas – Centro de Estudios en Energía y Ambiente 2014.*

simplificado de elevaciones para modelar el comportamiento del aire en la totalidad de la región del Estado de Tlaxcala (figura 4.5).

Figura 4.3 *Dinámica de vientos en la región centro del país.*

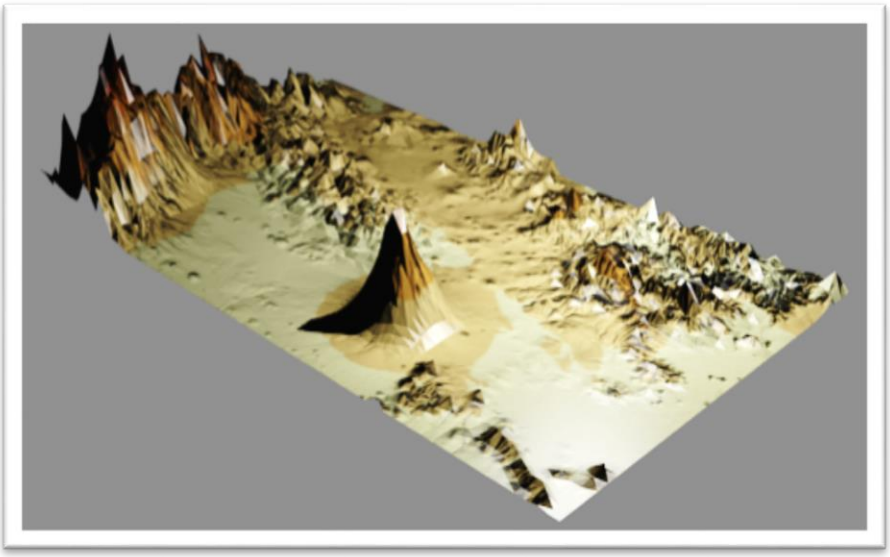
Fuente: *Elaboración propia CEEA - FCFM – BUAP 2014.*

Figura 4.4 *Delimitación del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de DEM de INEGI.*

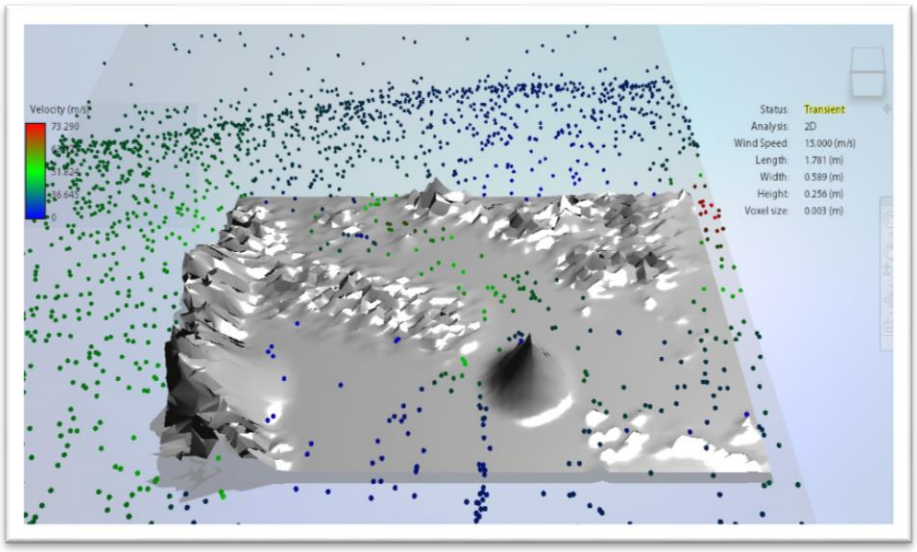
Figura 4.5 *Digitalización de elevación del Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - FCFM – BUAP 2014.*

Para poder simular el viento, se utilizó un modelo de dispersión que se presenta mediante un software que utiliza y considera las topoformas en 3D, en este caso a través de elevaciones digitales. Asimismo, el software proyecta el viento en un plano 2D y 3D respectivamente para simular la dispersión de las partículas y gases bajo las condiciones de velocidad y viento en el Estado de Tlaxcala. Los resultados de la simulación se obtuvieron con los modelos avanzados de simulación de Autodesk (http://www.autodesk.es/) y estos son los siguientes (figura 4.6).

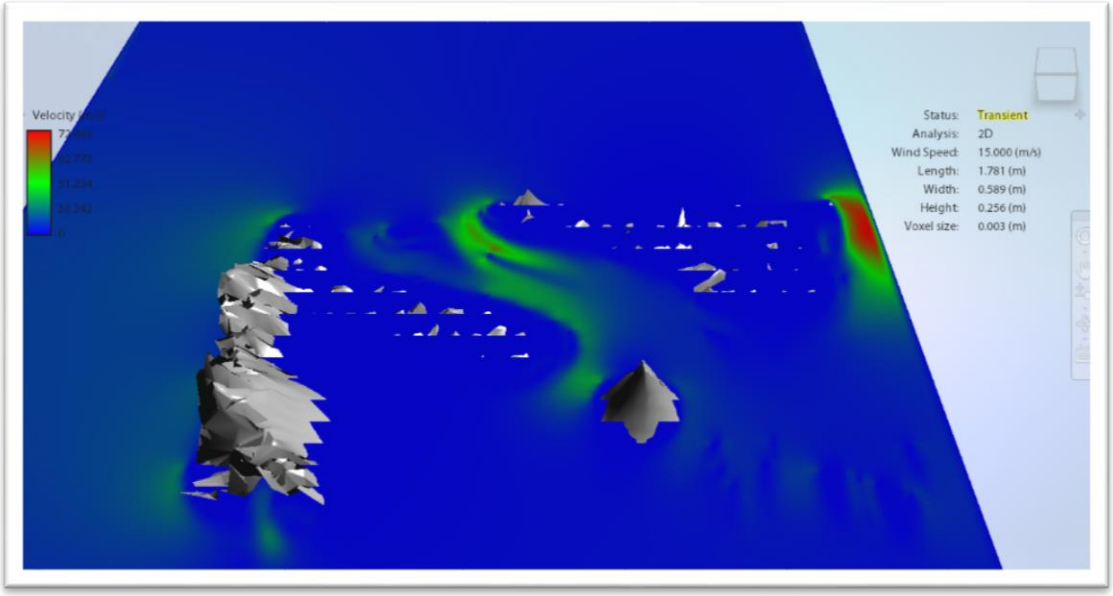
Figura 4.6 *Simulación de partículas.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - FCFM – BUAP 2014.*

Para la generación del modelo de dispersión, se captura en el sistema la dirección de los vientos dominantes, que en este caso provienen del noreste. Así se identifican los canales de viento, como se observa en la figura 4.7.

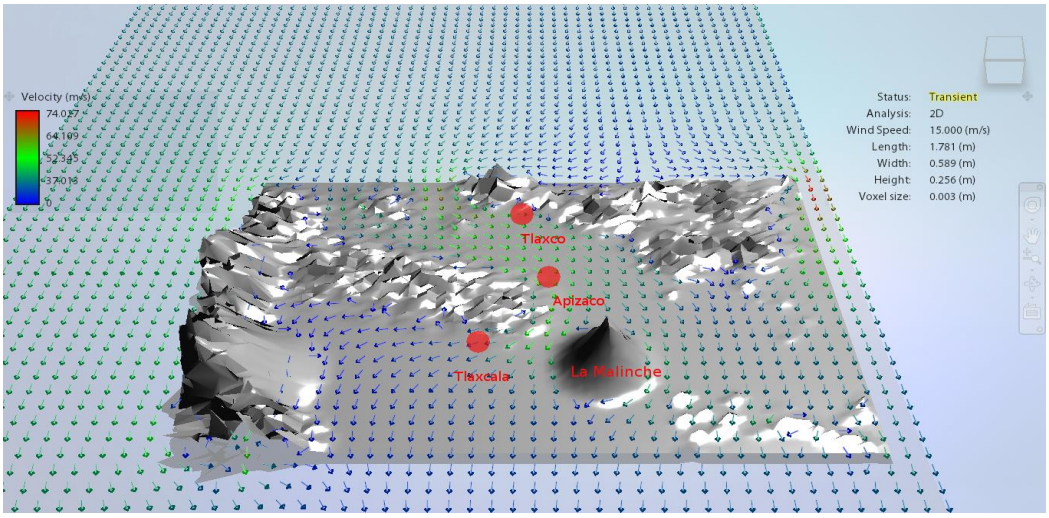
Figura 4.7 *Canales de viento.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - FCFM – BUAP 2014.*

A continuación, se obtuvo la corrida de dispersión generando un escenario con los datos meteorológicos locales, logrando identificar los canales de viento, vectorizando las trayectorias para identificar de donde provienen los potenciales contaminantes.

Figura 4.8 *Vectorización de los canales de viento.*



Fuente: *Elaboración CEEA - FCFM – BUAP 2014 – Modelo de dispersión Autodesk.*

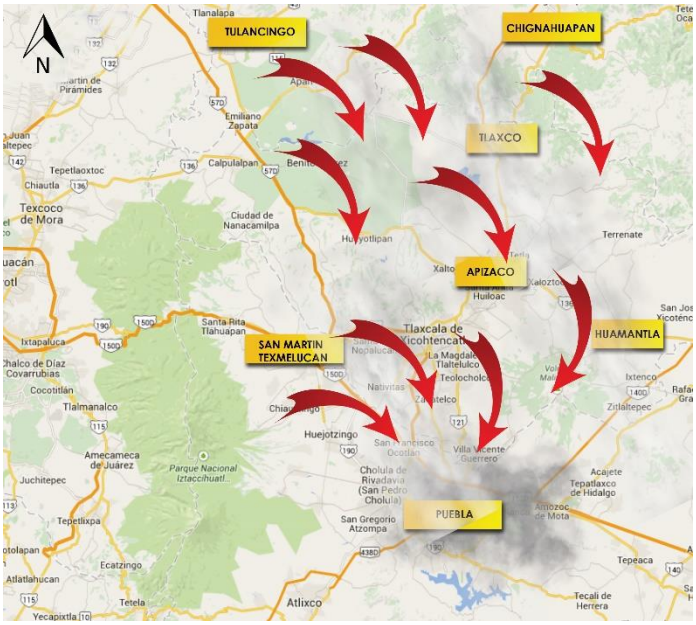
Se observa en la figura 4.8 que la procedencia de los vientos proviene del noroeste, donde están las poblaciones de Tulancingo, Tlaxco, Chignahuapan, y Zacatlán. A continuación dichos vientos se bifurcan en dos canales, uno con dirección oeste y otro hacia el suroeste dirigiéndose hacia Apizaco y Tlaxcala capital. Posteriormente toma dirección hacia los municipios del sur del Estado, así como hacia la Ciudad de Puebla. Con base a los canales de viento, se observa que la trayectoria de la cuenca queda delimitada de la siguiente manera (figura 4.9).

Figura 4.9 *Cuenca atmosférica de Tlaxcala.*

Fuente: *Elaboración propia con datos de DEM de INEGI.*

Si analizamos las ubicaciones de las potenciales fuentes de emisiones dentro de la cuenca, podremos ubicar importantes zonas urbanas. Estas se presentan a continuación en el mapa de la figura 4.10.

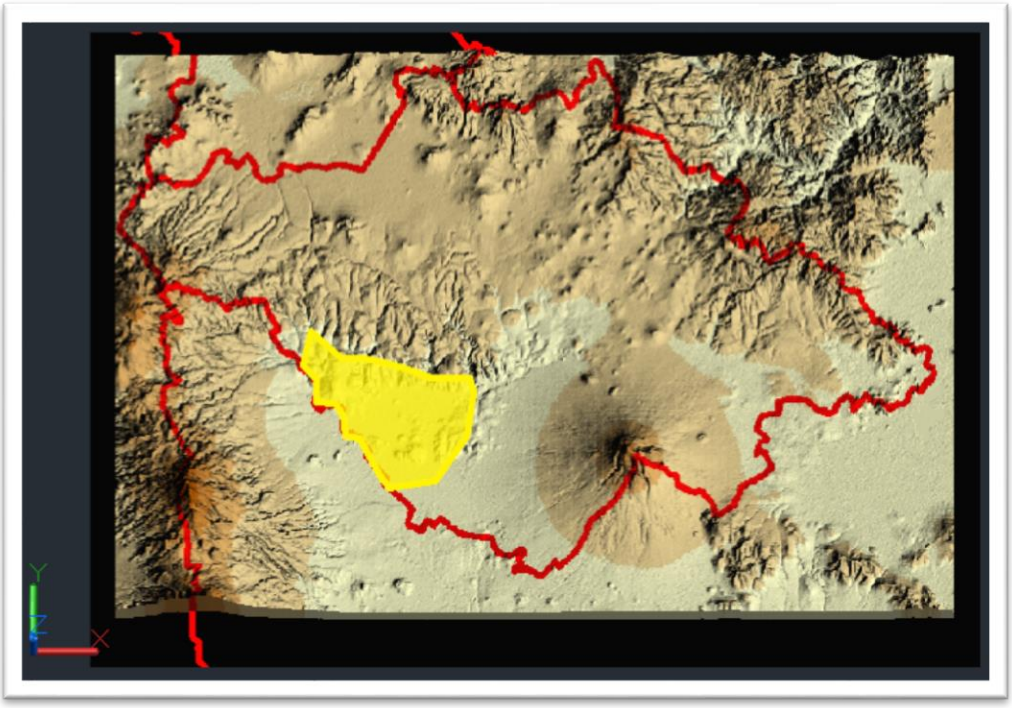
Figura 4.10 *Zonas urbanas dentro de la cuenca atmosférica de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia con plantilla de Google - maps.*

Podemos observar que se crea una zona de deposición atmosférica neutra, donde se ubican los municipios de Ixtacuixtla, Nativitas, Nopalucan, Tepetitla, Teacalco, Tetlatlahuapa, además la Ciudad de San Martín Texmelucan Puebla, lo que genera una línea específica de estudio, debido a que recibe contaminación que provienen del noroeste y noreste, además de los que se generan en este lugar (figura 4.11).

Figura 4.11 *Zona neutra de deposición atmosférica en el Estado de Tlaxcala.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de DEM de INEGI.*

En conclusión, la dispersión recoge las emisiones provenientes de la parte norte del Estado de Puebla y Tlaxcala, así como de la parte noroeste provenientes del Estado de Hidalgo; depositándolos en la parte centro del Estado de Tlaxcala y en el Valle de Puebla.

4.3 Propuesta de ubicación de un sistema de monitoreo atmosférico

Fundamentos del monitoreo atmosférico

La Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, se constituye como fundamento que define los criterios para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo. Se menciona en su considerando: "*Que la evolución y el desarrollo de las zonas urbanas a nivel nacional, han venido acompañados por la proliferación de problemas ambientales debidos al incremento en la concentración de población, actividad industrial, vehicular, doméstica y de dotación de servicios; trayendo como consecuencia la necesidad de mantener una vigilancia constante, no sólo en los lugares en que se originan los contaminantes, sino en zonas aledañas*".

Se señala también que la información confiable de la concentración de contaminantes, sus fuentes y sus efectos en estos sitios, es imperativa y fundamental para la toma de decisiones en materia de protección a la salud y ecosistemas. Se requiere también de información confiable y de calidad respecto a los niveles de contaminación del aire, y que los sistemas de monitoreo incrementen la representatividad, compatibilidad y validez de la información.

El monitoreo de la calidad del aire toma una importancia fundamental para identificar y proveer la información necesaria a fin de evaluar la calidad del aire de cada región y sus tendencias, como una herramienta para desarrollar estrategias de prevención y control, planes de manejo de la calidad del aire y políticas ambientales integrales, entre otras aplicaciones.

El monitoreo es el procedimiento para conocer las características cualitativas y cuantitativas de una muestra representativa de la calidad del aire. Para tal fin será necesario contar con instrumentos de medición y análisis.

Las características de los sistemas de monitoreo del aire están en función de la escala espacial, objetivo y se divide en las siguientes tipificaciones:

- Monitoreo puntual (directo donde se generan las emisiones);
- Monitoreo perimetral (en la periferia de un predio o establecimiento);
- Monitoreo personal (evaluación en individuos por exposición);
- Monitoreo laboral (dentro de un área de trabajo, por ejemplo en una industria);
- Monitoreo ambiente (diagnóstico de la calidad del aire en una ciudad);
- Monitoreo intramuros (dentro de hogares) y,
- Monitoreo de fuentes móviles (caracterización de las vialidades de manera longitudinal).

Todos los tipos de monitoreo antes mencionados tienen un objetivo específico, por lo que cada uno de ellos posee criterios normativos distintos, rangos de medición diferentes y diseños tecnológicos específicos. Para el caso de estudio, todos, de alguna manera, son necesarios. No obstante, el que en principio interesa es el que tiene un alcance poblacional, como es el monitoreo ambiente.

El monitoreo ambiental, comúnmente se realiza a través de una red de estaciones automáticas y/o manuales para el diagnóstico de las concentraciones presentes en el aire en la parte baja de la troposfera. Los objetivos particulares son evaluar condiciones atmosféricas locales, determinar el grado de congruencia con las normas oficiales, proporcionar datos para investigación, informar de las condiciones que guarda la calidad del aire, elaborar planes y estrategias de control, identificar fuentes potenciales de riesgo, medir la eficiencia y desempeño de programas, entre otros.

La plataforma tecnológica disponible en materia de monitoreo ambiental, cuenta actualmente con una importante gama de equipos, entre los que podemos encontrar: analizadores automáticos, muestreadores pasivos, sensores remotos hasta bio-indicadores.

Tabla 4.4 *Instrumentación de técnicas de monitoreo atmosférico.*

Metodología	Ventajas	Desventajas
Muestreadores pasivos	Muy simples, útiles para cribado y estudios de base, bajo costo.	No probado para algunos contaminantes. En general proveen promedios mensuales y requieren análisis de laboratorio.
Monitoreo automático	Funcionamiento comprobado, datos horarios, información en línea, alto costo.	Requiere personal calificado, altos costos periódicos de operación.
Sensores remotos	Proporcionan patrones de resolución regionalizada y mediciones verticales.	Alto costo y complejos de operar, calibrar y validar.
Bio-indicadores	Útiles para identificar la presencia de algunos contaminantes en zonas de vegetación, bajo costo.	Problemas con la estandarización de sus metodologías y otros inherentes a los procedimientos.

Fuente: *UNEP/WHO, (1994) GEMS/AIR Methodology Review Handsbook, Quality Anssurance in Urban Air Quality Monitoring. Nairobi: United Nation Environment Programe.*

En la tabla 4.5 se enuncian los métodos de referencia, también importantes en su selección, sobre todo si se requiere "oficializar" la información, es sustancial aclarar que existen otros métodos aceptados conocidos como métodos equivalentes.

Tabla 4.5 *Métodos de referencia.*

Contaminante	Método de Referencia
Bióxido de azufre (SO_2) NOM-038-SEMARNAT-1993	Colorimétrico de química húmeda de west and gaeke o de pararosanilina, involucra análisis espectrofotométrico (flourescencia pulsante).
Monóxido de carbono (CO) NOM-034-SEMARNAT-1993	Absorción infrarroja (espectrofotometría infrarroja dispersiva).
Bióxido de nitrógeno (NO_2) NOM-037-SEMARNAT-1993	Quemiluminiscencia en fase gaseosa.
Ozono (0_3) NOM-036-SEMARNAT-1993	Quemiluminiscencia.
Partículas suspendidas totales NOM-035-SEMARNAT-1993	Muestreador de alto volumen y determinación gravimétrica.
Plomo (Pb)	Muestreador de alto volumen / espectrofotometría de absorción atómica.
Partículas suspendidas finas (PM2.5)	No hay.

Fuente: *Manual 1 "Principios de medición de la calidad del aire", buenas prácticas en monitoreo.*

Los objetivos definen el tipo de metodología a utilizar. Para ello utilizamos la siguiente tabla:

Tabla 4.6 *Objetivos y alcances de las metodologías de una red de monitoreo*

Objetivos	Muestreadores Pasivos	Muestreadores Activos	Monitores Automáticos	Sensores Remotos	Bio-indicadores
Vigilar el cumplimiento de los valores límites de la calidad del aire (normas)	1	3	3	1	1
Desarrollo de planes de contingencia	1	3	3	2	---
Contingencias ambientales: vigilancia de valores máximos	1	2	3	2	---
Dispersión de contaminantes en una trayectoria	---	---	2	3	---
Rastreo de tendencias temporales de la calidad del aire	2	1	3	3	1
Medición del impacto de las medidas de control en la calidad del aire	3	2	3	2	1
Calibración y evaluación de los modelos de dispersión	1	1	3	3	---
Efectos de la contaminación atmosférica global	2	2	2	1	3
Estudios de salud pública	3	3	1		1
Medición de concentraciones de fondo	3	1	1		3
Monitoreo en fuentes fijas	1	2	3	3	---
Monitoreo perimetral a industrias riesgosas	1	2	3	3	1

El número 1, es poco recomendada, pero sirve para lograr tal objetivo.
El número 2, es recomendable para lograr el objetivo.
El número 3, es la más adecuada y apropiada para cumplir tal objetivo.

Fuente: *OPS, criterios para sistema de monitoreo de la calidad del aire, 2008.*

Derivado de los objetivos del monitoreo en el Estado de Tlaxcala, en primera instancia se debe establecer es el monitoreo automático. En este sentido, se debe regionalizar el Estado de Tlaxcala. Para ello, lo primero es distinguir las zonas con mayor densidad urbana y cruzarlas con los modelos de dispersión, y así determinar la ubicación de las fuentes de emisión. Es aquí donde recurrimos al número de estaciones por población.

Regionalización de estaciones de monitoreo atmosférico para el Estado de Tlaxcala.

Para la regionalización de las estaciones de monitoreo se tomaron las siguientes consideraciones:

1.- El municipio con el mayor número de habitantes.
2.- Los municipios de mayor extensión territorial de área urbana.
3.- La demanda Industrial, comercial y de servicios.
4.- Las características topográficas.

Para ello se estableció un rango del 1 al 4, diferenciado por las siguientes tonalidades de colores.

No.	Ponderación	Color
1	Baja	
2	Media	
3	Alta	
4	Muy alta	

En la siguiente matriz se muestran cada uno de los municipios del Estado de Tlaxcala, sujetos a una ponderación en función de población, superficie (km^2), actividad económica (industrial, comercios y servicios), características topográficas. Los municipios señalados en color azul denotan una región viable para instalar una estación de monitoreo como mínimo, esto debido a que presentaron la mayor ponderación.

	Ponderación							
Municipio	**Población**	**Población**	**Área (km^2)**	**Área**	**Industrial**	**Comercial y de servicios**	**Topográfica**	**Total**
Calpulalpan	44 807	4	254.82	4	3	4	4	**19**
Huamantla	84 979	4	340.33	4	3	4	3	**18**
Ixtacuixtla de Mariano M.	35 162	4	29.93	3	3	4	4	**18**
San Pablo del Monte	69 615	4	60.28	3	4	4	3	**18**
Tlaxcala de xicohtencatl	89 795	4	52.46	2	4	4	4	**18**
Tlaxco	39 939	4	573.39	4	3	3	4	**18**
Apizaco	76 492	4	43.46	2	4	4	3	**17**
Zacatelco	38 654	4	31.38	2	4	4	3	**17**
Chiautempan	66 149	4	77.09	3	3	2	2	**14**
Papalotla de Xicohténcatl	26 997	3	24.46	2	3	3	2	**13**
Altzayanca	15 935	2	186.46	4	1	2	2	**11**
Hueyotilpan	13 879	2	175.86	4	2	2	1	**11**
Natívitas	23 621	3	56.30	3	2	2	1	**11**
Santa Cruz Tlaxcala	17 968	3	25.90	2	3	2	1	**11**
Teolocholco	21 671	3	77.91	3	2	2	1	**11**
Tepetitla de Lardizábal	18 725	3	28.68	2	2	3	1	**11**
Tetla de la Solidaridad	28 760	3	169.89	4	2	1	1	**11**
Atlangatepec	6018	1	108.13	3	2	3	1	**10**
Contla de Juan Cuamatzi	35 084	4	26.27	2	1	2	1	**10**
Cuapiaxtla	13 671	2	84.69	3	1	2	2	**10**
El Carmen Tequexquitla	15 368	2	58.52	3	2	2	1	**10**
Nanacamilpa de Mariano A.	16 640	2	109.29	3	2	2	1	**10**
Panotla	25 128	3	61.29	3	2	1	1	**10**
San Francisco Tetlanohcan	9880	2	39.61	2	3	2	1	**10**
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	8474	2	100.48	3	1	3	1	**10**
Totolac	20 625	3	13.89	1	2	2	2	**10**
Xalostoc	21 769	3	41.90	2	1	2	2	**10**
Españita	8399	2	140.18	3	1	2	1	**9**
Santa Apolonia Teacalco	4349	1	8.06	1	1	5	1	**9**
Terrenate	13 775	2	150.76	4	1	1	1	**9**
Tetlatlahuca	12 410	2	25.24	2	1	2	2	**9**
Tzompantepec	14 611	2	38.39	2	2	1	2	**9**
Xaltocan	9777	2	102.66	3	1	2	1	**9**
Yauhquemecan	33 081	3	36.68	2	1	2	1	**9**
Apetatitlán de Antonio Carvajal	13 361	2	11.63	1	2	1	2	**8**
Ixtenco	6791	1	43.56	3	1	2	1	**8**
La Magdalena Tlaltelulco	16 834	2	11.71	1	1	2	2	**8**
Lázaro Cárdenas	2769	1	25.42	2	2	2	1	**8**
San José Teacalco	5660	1	36.23	2	2	1	2	**8**
San Lucas Tecopilco	2833	1	28.59	2	2	2	1	**8**
Santa Catarina Ayometla	7992	1	10.09	1	2	2	2	**8**
Santa Cruz Quilehtla	6296	1	5.46	1	2	3	1	**8**
Tenancingo	11 763	2	12.05	1	1	2	2	**8**
Tocatlán	5589	1	14.27	1	2	2	2	**8**
Xicohtzinco	12 255	2	7.33	1	2	2	1	**8**
Zitlaltepec de Trinidad Sánchez	8224	2	69.17	3	1	1	1	**8**
Amaxac de Guerrero	9875	2	11.50	1	1	1	2	**7**
Benito Juárez	5687	1	25.85	2	1	2	1	**7**
Emiliano Zapata	4146	1	49.26	2	1	2	1	**7**
Mazatecochco de José María.	9740	2	14.68	1	2	1	1	**7**
Muñoz de Domingo Arenas	4285	1	36.34	2	2	1	1	**7**
San Damián Texoloc	5064	1	10.17	1	2	2	1	**7**

San Juan Huactzingo	6821	1	4.50	1	1	2	2	**7**
Tepeyanco	11 048	2	16.58	1	1	2	1	**7**
Acuamanala de Miguel Hidalgo	5711	1	14.95	1	1	1	2	**6**
Cuaxomulco	5066	1	16.58	1	1	2	1	**6**
San Jerónimo Zacualpan	3581	1	7.81	1	1	1	2	**6**
Santa Ana Nopalucan	6857	1	9.07	1	1	2	1	**6**
Santa Isabel Xiloxoxtla	4436	1	5.87	1	2	1	1	**6**
San Lorenzo Axocomanitla	5045	1	4.54	1	1	1	1	**5**

Número de estaciones

La cantidad de estaciones depende de factores como son el área, las fuentes de emisiones, los objetivos, los usos de suelo, así como el presupuesto disponible. El primer paso para conocer el número de estaciones necesarias, es a través de métodos que consideran población o superficie.

En cuanto al número de estaciones en función de la densidad de población, la NOM-156-SEMARNAT-2012 recomienda lo siguiente en el Campo de aplicación en aquellas zonas o centros de población que cuenten con alguna de las condiciones siguientes:

- Asentamientos humanos con más de quinientos mil habitantes;
- Zonas metropolitanas;
- Asentamientos humanos con emisiones superiores a veinte mil toneladas anuales de contaminantes
- Criterio - primarios a la atmósfera;
- Conurbaciones; y
- Actividad industrial que por sus características se requiera del establecimiento de estaciones de monitoreo de calidad del aire y/o de muestreo de contaminantes atmosféricos.

Para definir estaciones de monitoreo en ciudades con alta densidad industrial y comercial, deben de instalarse estaciones para medir partículas y bióxido de azufre. A continuación se enlistan algunos aspectos a considerar para la instalación o mejora de las estaciones de monitoreo.

- En zonas en donde se utilicen combustibles pesados se deben de incrementar las estaciones de bióxido de azufre.
- En zonas con tráfico intenso se duplican las estaciones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y oxidantes.
- En regiones con terreno accidentado, puede ser necesario incrementar el número de estaciones.

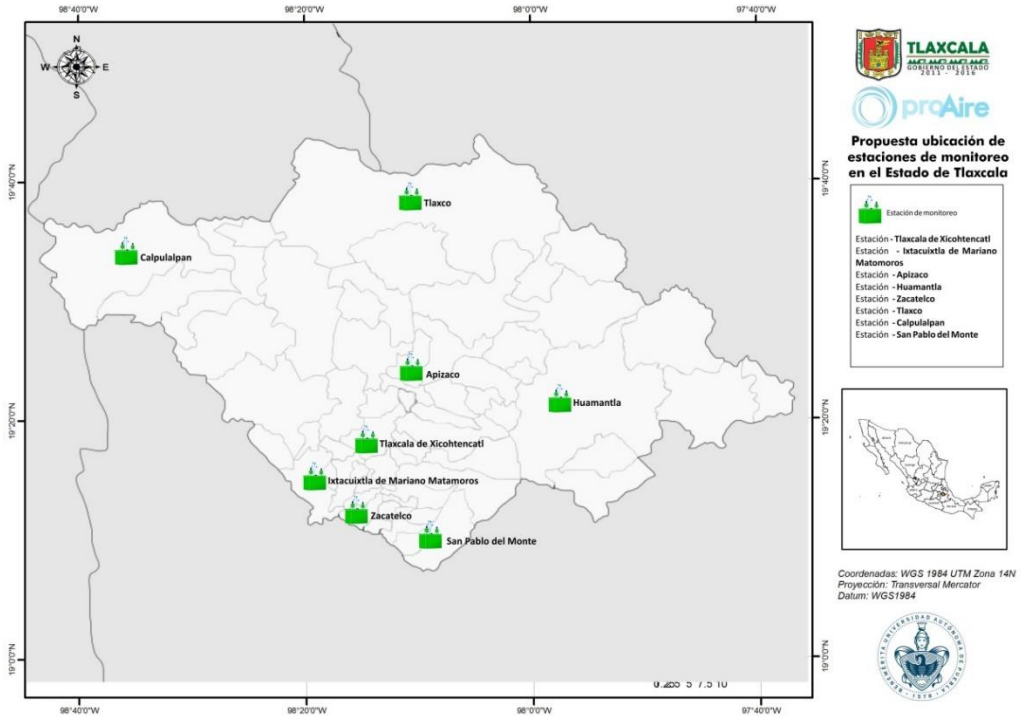
Tabla 4.7 *Características topográficas.*

Características topográficas	Factor
Valle - colina Zona de contornos continuos con altura de 100 metros o menos entre el nivel medio del piso y las colinas circundantes, con espacios horizontales abiertos mayores a 1600 metros.	4
Montañoso Terreno entre valles y lomas con elevaciones mayores a 300 metros.	3
Costero	2
Plano Terreno llano o con ligeras pendientes.	1

Fuente: *OPS, criterios para sistema de monitoreo de la calidad del aire, 2008.*

Derivado de la matriz anterior, se generó la figura 4.12, donde se observa de manera territorial la ubicación de los municipios que presentan una mayor ponderación debido a condiciones particulares.

Figura 4.12.- *Propuesta de ubicación potencial de estaciones de monitoreo.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de DEM de INEGI.*

Posterior a la regionalización del Estado de Tlaxcala, se procede a describir las condiciones que deben cumplir las estaciones de monitoreo de manera particular. Para ello, nos sustentamos en la normatividad aplicable en la materia; primeramente, acatar los métodos de medición según el tipo de contaminante a analizar, estos métodos fueron establecidos por la EPAUS (*Environmental Protection Agency*), mismos que retomó nuestro país.

Criterios y lineamientos para la instalación de una estación de monitoreo atmosférico

A partir de esta sección, se analiza cada sitio propuesto bajo los lineamientos establecidos por el INE2008 (ahora INECC), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Environment Protection Agency (EPAUS), para aprobar un sitio de monitoreo. Estos lineamientos se describen en las tablas 4.8, 4.9 y 4.10 respectivamente.

Tabla 4.8 *Lineamientos para la ubicación de estaciones de monitoreo atmosférico por parte del Instituto Nacional de Ecología, 2008.*

Área de interés o estudio	Localización geográfica.	Identificar las condiciones ambientales prevalecientes.
		Rangos de temperatura, humedad relativa vientos dominantes, velocidad de viento máxima microclima especifico, radiación solar.
	Características topográficas.	Identificación del terreno (Plano, ondulado o accidentado), Elevación media del área de estudio, estructuras y edificaciones, usos de suelo.

Elementos a monitorear	Contaminantes a medir, elementos especiales a monitorear.	Equipo de monitoreo requerido.
		Selección del equipo.
		Parámetros a medir, técnicas de operación, precisión del equipo, costo $, mantenimiento.
Equipamiento del sistema de monitoreo	En función de los parámetros a registrar.	Recolección manual.
		Dispositivos computarizados.
		Transmisión vía telemétrica.
Criterios de Ubicación	1 Objetivos y necesidades del programa.	
	2 El área seleccionada debe ser apropiada.	
	3 Facilidad de acceso.	
	4 Disponibilidad de servicios.	
	5 Cumplimiento de la normatividad ambiental.	
	Necesidades básicas.	Energía eléctrica.
		Seguridad contra el vandalismo.
		Disposición física.
	Punto de muestreo (Entrada del aire a muestrear).	Altura mínima 3.5 m. del suelo.
		Altura máxima de 12 a 15 m.
		Alejado mínimamente a 50 m. de árboles, edificaciones o estructuras que sobrepasen una altura de 3.5 m.
	Eludir y evitar.	Fuentes puntuales a menos de 100 m. en dirección horizontal.
		Espacios de aire muerto (corto circuito).
		Evitar establecer las estaciones bajo sombra.
		Zonas turbulentas (rugosidad).
		Corredores de viento.
		Alejado mín. a 30 m. de cuerpos de agua, torres de enfriamiento, transformadores y cables eléctricos.
		Alejados a mínimamente a 30 m. de líneas de tránsito vehicular (a menos que este sea su propósito específico).
		Zonas de terrecería a mínimo 100 m.
Características de las estaciones de monitoreo	Derechos de propiedad.	Evitar rentar.
		Permisos de las autoridades correspondientes.
		No en sitios con problemas políticos.
		No en límites municipales.
	Acondicionamiento de las casetas (estaciones).	Por lo general las empresas que venden el equipo, incluyen las casetas.
		En el interior deberán caber como máximo 4 personas.
		El clima interior deberá ser confortable para trabajar hasta 8 horas. Continuas (por lo general las paredes tienen capas aislantes), entre los 17° C y los 25° C. El clima interior no deberá variar con el clima exterior por más de 3° C, podrá contar con calefacción.
		En lo posible deberá ser construido contra incendios.
		El cableado interior deberá ubicarse de la manera más eficiente, por lo general los monitores se colocan en forma horizontal.

		Soportara cargas vivas y muertas de 500 kg. Mínimo.
		Subministro de energía eléctrica de 220 volts, en dos fases de 110 c/u. así mismo fases de tierra y neutros de 30 amperes cada uno, reguladores para todo aparato eléctrico, Tierra para cada terminal eléctrica, varillas de cobre de 3 m. de profundidad c/u; Evitar en lo posible cambios de voltaje.
	Toma de muestra: (Se debe garantizar el tiempo de residencia necesario. Evitar reacciones químicas y físicas entre los contaminantes Y conducir la muestra en forma intacta hacia los monitores).	La entrada deberá ser libre al ambiente en forma vertical.
		Deberá estar protegido contra la lluvia, insectos y partículas mayores a 50 micras, usando dispositivos físicos.
		Evitar turbulencias en el flujo de la muestra que pasa por el tubo.
		Construido con materiales inertes.
		Por lo general el diámetro de entrada del tubo colector es de 1/4´´ pulgada a 1,1/2´´, de donde se ramifica posteriormente hacia cada monitor, con una longitud máxima de 3 m.

Fuente: *Instituto Nacional de Ecología, 2008.*

Toda instalación de una estación se deberá ajustar en lo posible a los requerimientos particulares de cada situación, siempre proyectándolo 10 años cuando menos hacia el futuro. Al realizarse la selección de un sitio, este deberá cumplir con los lineamientos anteriores. Por lo que compete a la selección de sitios para este trabajo, se deben considerar y cumplir en lo posible con los requisitos señalados en la tabla anterior, y en cuestión del equipamiento de la red, debe realizarse con la mayor precisión.

Tabla 4.9 *Lineamientos con los que debe cumplir una estación de monitoreo OPS (Organización Panamericana de la Salud).*

Aspectos a cumplir en el sitio	Aspectos a evitar
○ **Acceso fácil** ○ **Servicios Públicos** (Agua, Electricidad, Teléfono). ○ **Seguridad** Evitar ubicarse donde pueda ser blanco de la delincuencia y el vandalismo. ○ **Altura** del recolector de la muestra sobre el nivel del terreno. Mínimo: 3.50 m. Máximo: 15.00 m. ○ **Pararrayo y disipadores de sobrecargas**, así como puntas de tierra de 3 metros de profundidad (para protección del equipo). ○ **Proyección de la red** Considerar en crecimiento de la población y de la ciudad hacia el futuro. ○ **Población;** Se estima con base a las proyecciones de CONAPO que la población para el 2014 en el Estado de Tlaxcala es de 1,260,628 habitantes.	**Alejado de:** No estar cerca de terrecerías, que produzcan polvo, como son calles sin pavimentar, campos deportivos etc. **Alejado de:** Tintorerías, baños públicos, salidas de aire acondicionado. **Alejado de:** Fuentes puntuales (chimeneas) mínimamente 125 m., EPA. **Alejado de** Cruces o centros de congestionamiento vehicular o puntos de alta densidad vehicular, como son las terminales de autobuses o vialidades de alto volumen en tránsito, mínimamente a 75 m. EPA **Alejado de:** Plantas de tratamiento, rellenos sanitarios, incineradores. **Alejado de:** Generadores y transformadores de energía, torres de alto voltaje, así como de puntos que generen altas radiaciones **Alejado de:** Parques industriales, mínimamente a 1.5 km. (monitoreo poblacional EPA) **Circulación del viento:** Arriba de la estación no debe haber absolutamente nada como son: Sombras, turbulencia, el aire debe llegar en forma uniforme, evitando contornos accidentados, la selección deberá estar libre de puntos muertos, que no se encuentre rodeado por obstáculos que impidan el paso de aire libremente como son: edificios, árboles y estructuras, así como ondonadas y elevaciones. **Si se encuentra en depresiones topográficas:**

	Los niveles óptimos para las tomas de muestra se localizan entre los 3.50 y 15.00 m de altura sobre el nivel medio del área en estudio, entonces una variación de estos niveles provoca un error de lectura, ya que las velocidades de los vientos y presión cambian, así como las alturas de estratos de residencia de cada contaminante varia.

Fuente: *"Diseño de programas de vigilancia del aire para zonas urbanas e industriales, Publicación número 371 OPS".*

Estos lineamientos ofrecidos por la OPS, permiten ubicar adecuadamente las estaciones de monitoreo, mostrando cuales son los aspectos a cumplir, vigilar y observar en una estación para que esta funcione eficientemente.

La tabla 4.10 muestran las características que debe cumplir el monitoreo de contaminantes atmosféricos según lo establece la EPA, a cargo del CFR (Code of Federal Regulations) de los Estados Unidos. El monitoreo atmosférico se lleva en forma parcial y dependiendo del contaminante.

Tabla 4.10 *Criterios de ubicación de tomas de muestra o estaciones para monitorear contaminantes atmosféricos.*

Contaminante	Escalas	Altura (m) sobre el piso	Distancia de la estructura de soporte en metros		Otros criterios
			vertical	horizontal	
SO_2	todas	3 - 15	> 1	> 1	1. Deberá estar alejada > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces de los árboles y por lo menos 10 m si los árboles actúan como un obstáculo. 2. La distancia de la toma del muestreador a obstáculos como edificios, deberá ser por lo menos del doble de la altura que sobresale el obstáculo sobre la toma de muestra. 3. Deberá tener un flujo de aire sin restricciones 270° alrededor de la toma de muestra, o 180° si la toma se coloca a un lado de un edificio. 4. No podrá haber flujos de hornos o incineración cercanos.
CO	micro	3 + 15	> 1	> 1	1. Deberá estar alejada > 10 m. de intersecciones y ubicarse a mitad de la cuadra. 2. Deberá estar 2-10 m. del borde de la línea de tráfico más cercana. 3. Deberá tener un flujo de aire sin restricciones 180° alrededor de la toma de muestra.
	media local	3 - 15	> 1	> 1	1. Deberá tener un flujo de aire sin restricciones270° alrededor de la toma de muestra, o 180° si la toma se coloca a un lado de un edificio. 2. La distancia a las carreteras/caminos estará en función del tráfico. (Ver tabla 1 del apéndice).
O_3	todas	3 - 15	> 1	> 1	1. Deberá estar alejada > 20 m. de la circunferencia que marca el follaje o las raíces de los árboles y por lo menos 10 m., si los árboles actúan como un obstáculo. 2. La distancia del muestreador a obstáculos como edificios, deberá ser por lo menos del doble de la altura que sobre sale el obstáculo sobre la toma de muestra. 3. Deberá tener flujo de aire sin restricciones 270° alrededor de la toma de muestra, o 180° si se coloca a un lado de un edificio. 4. La distancia a las carreteras/caminos estará en función del tráfico.
NO_2	todas	3 - 15	> 1	> 1	1. Deberá estar alejada > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces de los árboles y por lo menos 10 m sí los árboles actúan como un obstáculo. 2. La distancia del muestreador a obstáculos como edificios, deberá ser por lo menos del doble de la altura que sobre sale el obstáculo sobre la toma de muestra. 3. Deberá tener flujo de aire sin restricciones 270° alrededor de la toma de muestra, o 180° si la toma se coloca a un lado de un edificio. 4. La distancia a caminos estará en función del tráfico.

Pb	micro	2 - 7	-	> 2	1. Deberá estar alejada > 20 m., de la circunferencia que marca el follaje o las raíces de los árboles y por lo menos 10 m si los árboles actúan como un obstáculo. 2. La distancia del muestreador a obstáculos como edificios, deberá ser por lo menos del doble de la altura que sobresale el obstáculo sobre el muestreador. 3. Deberá tener un flujo de aire sin restricciones 270° alrededor de la toma de muestra a excepción de los sitios en el cañón de la calle. 4. No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos. 5. Deberá estar 5 a 15 metros de las principales carreteras.
Pb	media, local, urbana y regional	2 - 15	-	> 2	1. Deberá estar relajada > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces de los árboles y por lo menos 10 m si los árboles actúan como un obstáculo. 2. La distancia del muestreo a obstáculos como edificios, deberá ser por lo menos del doble de la altura que sobre sale el obstáculo sobre el muestreador. 3. Deberá tener un flujo de aire sin restricciones 270° alrededor de la toma de muestra. 4. No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos. 5. La distancia a las carreteras/caminos estará en función del tráfico.

Fuente: *EPA, a cargo del CFR (Code of Federal Regulations).*

Se entiende por sitios en el cañón de la calle, aquellos sitios ubicados en calles confinadas por altos edificios o construcciones. Cuando la toma se localiza en azoteas, la distancia de separación estará en referencia con las paredes, parapetos o habitaciones localizados en el techo.

Derivado de todo lo anterior, se cuenta con los elementos necesarios para instalar un sistema de monitoreo atmosférico en el Estado de Tlaxcala, para mantener un registro y diagnóstico que permita identificar los niveles de contaminantes atmosféricos. También es necesario conocer su tendencia y el cumplimiento de la normatividad, con la finalidad de establecer, en caso de requerirse, políticas de prevención y control de la contaminación del aire.

5

Evaluación de los efectos de la calidad del aire en la salud de la población

5. Evaluación de los efectos de la calidad del aire en la salud de la población

Antecedentes

El presente capítulo está integrado por el documento "ProAire Tlaxcala, primera fase"[25], el cual se fortaleció con las secciones de la Organización Mundial de la Salud y del Instituto Mexicano para la Competitividad. La sección principal del capítulo presenta una evaluación de impactos en salud (EIS) sobre la contaminación del aire en los 60 municipios de Estado de Tlaxcala. La EIS se basa en la estimación de los efectos de las intervenciones encaminadas a mejorar la calidad del aire en el estado, buscando cumplir las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre calidad del aire. La EIS se elaboró tomando en consideración la exposición a partículas suspendidas < 10 µm (PM10) en el Estado de Tlaxcala y sus efectos en salud.

Se diseñaron dos escenarios de intervención buscando alcanzar los 20 µm/m^3 de concentración media anual PM10 sugerido por la OMS: 1) La reducción de 10 µm/m^3 en la concentración media anual de PM10; 2) La reducción de 18.09 µm/m^3 en la concentración media anual de PM10. Se estimó el impacto de dicha mejora en la calidad del aire en la mortalidad y morbilidad de la población. Se realizó también una valoración económica de los impactos en salud, basada en el valor estadístico para la vida, los costos directos e indirectos relacionados con los casos de enfermedad.

Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población

En nuevas estimaciones publicadas el 25 de marzo de 2014, la OMS[26] informa que en 2012 de 7 millones de personas que murieron en todo el mundo, una de cada ocho se debió a la contaminación atmosférica. Los nuevos datos revelan un vínculo más estrecho entre la exposición a la contaminación atmosférica en general y la del aire de interiores y las enfermedades cardiovasculares, como los accidentes cerebrovasculares y las cardiopatías isquémicas, así como entre la contaminación atmosférica y el cáncer.

En el caso de las Américas, se estima que hubo cerca de 131 mil muertes vinculadas a los efectos conjuntos de la contaminación ambiental y en interiores en países de bajos ingresos. Otras 96 mil personas murieron por esa causa en los países con altos ingresos de la región. En dicha evaluación se incluye el siguiente desglose de las muertes atribuidas a enfermedades específicas, lo que pone de relieve que la gran mayoría de las muertes vinculadas a la contaminación atmosférica se deben a enfermedades cardiovasculares:

Muertes debidas a la contaminación atmosférica (desglose por enfermedad):

- 40% - cardiopatía isquémica;
- 40% - accidente cerebrovascular;
- 11% - neumopatía obstructiva crónica;
- 6% - cáncer de pulmón;
- 3% - infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños.

[25] Coordinación General de Ecología. Documento "ProAire Tlaxcala, Primera fase".

[26] Organización Mundial de la Salud

Muertes debidas a la contaminación del aire de interiores (desglose por enfermedad):

- 34% – accidente cerebrovascular;
- 26% – cardiopatía isquémica;
- 22% – neumopatía obstructiva crónica;
- 12% infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños;
- 6% – cáncer de pulmón.

Las estimaciones de la exposición de las personas a la contaminación atmosférica en diferentes partes del mundo se formularon a través de una nueva cartografía de datos mundiales que incluyen datos recabados por satélite, mediciones procedentes de la vigilancia en tierra y datos sobre emisiones contaminantes procedentes de fuentes oficiales, así como de modelos sobre las pautas de desplazamiento de la contaminación en el aire.

Tras analizarse los factores de riesgo y tener en cuenta las revisiones en la metodología, la OMS estima que la contaminación del aire de interiores tuvo que ver con 4,3 millones de muertes (en 2012), en hogares en los que para cocinar se utilizan estufas de carbón, leña y biomasa.

La nueva estimación se explica por la mejor información sobre la exposición a la contaminación entre los 2,900 millones de personas que se calcula que viven en hogares en los que se utiliza leña, carbón o bosta como combustibles principales para cocinar, así como por las pruebas de que la contaminación atmosférica está relacionada con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y neumonías, y cánceres.

En el caso de la contaminación atmosférica, la OMS estima que en 2012 se produjeron 3.7 millones de muertes a causa de fuentes urbanas y rurales en todo el mundo. Son muchas las personas expuestas a los dos tipos de contaminación: la atmosférica y la del aire de interiores. A causa de este solapamiento, la mortalidad atribuida a las dos fuentes no puede simplemente sumarse, de ahí la estimación total de unos 7 millones de muertes.

Las reacciones que produce la contaminación atmosférica, en la salud humana, se fundamenta en estudios de dos clases: toxicológicos y epidemiológicos. Ambos tipos de estudios se consideran complementarios cuando se trata de valorar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud[27]. Los efectos en la salud, de la contaminación del aire, dependerán de la concentración y el tipo de contaminante, el tiempo de exposición y la sensibilidad de la población (edad, estado de salud, genética, etc). A continuación se presentan los principales efectos provocados por la inhalación de contaminantes presentes en la atmósfera.

Tabla 5.1 *Efectos en la salud humana por contaminantes atmosféricos.*

Contaminantes	Efecto en la salud de las personas
Monóxido de carbono	El principal efecto del CO es la disminución del transporte de oxígeno a los tejidos. Afecta considerablemente al corazón, al sistema nervioso central y al feto. A un nivel de exposición del 40% puede presentarse un estado de coma y muerte.
Óxidos de nitrógeno	Genera desde la inflamación leve en la mucosa pulmonar hasta bronquitis, bronconeumonía y edema pulmonar agudo. También afecta al sistema inmunológico. Los niños y asmáticos son los más susceptibles de padecer por éste contaminante.

[27] *Coordinación General de Ecología. Documento "ProAire Tlaxcala, Primera fase".*

Ozono	Este elemento afecta principalmente al pulmón. El efecto general que produce, consiste en la disminución de la capacidad de las funciones normales del pulmón.
Bióxido de Azufre	En concentraciones elevadas puede producir inflamación de la laringe, traque y del pulmón.
Partículas Suspendidas	Pueden causar reducción en las funciones pulmonares y como consecuencia contribuyen al aumento de enfermedades respiratorias.
Partículas Suspendidas menores a 10 micrómetros	Causan deficiencia pulmonar y constituyen un factor para la exacerbación de síntomas en enfermos con bronquitis crónica y en asmáticos.
Partículas Suspendidas menores a 2.5 micrómetros	Son las más dañinas a la salud ya que por su tamaño se depositan en las vías aéreas finas. Provocan enfisema pulmonar, obstrucción pulmonar crónica, inflamación alveolar, enfermedades cardiovasculares, infartos cardiacos y neumonía.
Aerosoles ácidos	El ácido sulfúrico, que forma parte de los aerosoles, es el más potente irritante de las vías aéreas.
Plomo	Provoca intoxicación aguda o se puede acumular permanentemente en dientes, huesos, sistema cardiovascular y aumenta la presión sanguínea, produce un daño crónico a los riñones. Además produce alteraciones neurofisiológicas, anemia y encefalopatía.
Benceno	La intoxicación aguda puede ser mortal, presentando síntomas como la inflamación de las vías respiratorias y hemorragia pulmonar.
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos	Se ha demostrado por diferentes estudios que son carcinógenos y mutagénicos. Además se ha observado que en individuos que trabajan con hornos a base de carbón mineral presentan cáncer pulmonar.
Formaldehído	Produce irritación ocular y olfatoria, tos, náusea y dificultad para respirar. Posiblemente sea carcinogénico.
Tolueno	Posee un elevado grado de toxicidad y es un contaminante no normado. Afecta principalmente al sistema nervioso central.

Fuente: *Organización Mundial de la Salud.*

La OMS ha propuesto una guía de calidad del aire para diferentes contaminantes, que se presentan en la tabla 5.1 (OMS, 2006). Esta guía establece los niveles máximos de concentración de contaminantes como partículas suspendidas menores de 10 µm (PM_{10}) y menores de 2.5 µm ($PM_{2.5}$), dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono, y reporta que por encima de estos niveles se presentaran importantes efectos negativos en la salud de la población. Es por esto, que en esta evaluación de impactos a la salud (EIS) se establece con el objetivo de crear escenarios que pretendan lograr las metas sugeridas por la OMS y cuantificar los beneficios potenciales de mejorar la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala.

Tabla 5.2 *Recomendaciones de las guías de calidad de aire de la organización mundial de la salud.*

Contaminante	Niveles recomendados por la OMS
Ozono (O_3)	100 µg/m^3 de media en 8h
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	40 µg/m^3de media anual 200 µg/m^3de media en 1h
Dióxido de azufre (SO_2)	20 µg/m^3de media en 24h 500 µg/m^3de media en 10 min
Partículas suspendidas (PM) $PM_{2.5}$ PM_{10}	 10 µg/m^3de media anual 25 µg/m^3de media en 24h 20 µg/m^3media anual 50 µg/m^3de media en 24h

Fuente: *Organización Mundial de la Salud; Referencia: OMS, 2006.*

Polen

El polen no es un contaminante ambiental, pero se ha definido como un alérgeno de importancia y para grupos vulnerables de la población puede producir daños en la salud. La vía de contacto es aérea, por lo que el monitoreo ambiental, de tipo aerobiológico, permite conocer la concentración, distribución y tipo de polen al que se expone la población. Este polen puede llegar a producir efectos como conjuntivitis alérgica, rinitis, faringitis y otras alteraciones por contacto directo con este alérgeno, además, la combinación de niveles elevados de contaminantes del aire junto con el polen produce una mayor carga de enfermedad en la población susceptible.

Es por esto que se incluye este apartado, para recalcar la importancia del monitoreo aerobiológico que aún no existe en el Estado de Tlaxcala y poder disponer de un calendario polínico, para informar a la población de posibles riesgos a la salud relacionados con el polen.

Costo de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población

El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO)[28] efectúa el cálculo de la estimación del costo de la contaminación del aire sobre la salud de la población. Para el caso de Tlaxcala este análisis se realiza de manera conjunta con la Zona Metropolitana Puebla. Es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de presentar los resultados del IMCO.

Muerte atribuible a la contaminación

Es el número de muertes por causas naturales asociadas a la contaminación por partículas menores a 10 micras (PM10). Para calcularlo se usa una estimación que refleja qué tan sensible es la población de cada ciudad a morir prematuramente por estar expuesta a niveles de partículas superiores al valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Dicha estimación surge de análisis epidemiológicos. Se consideraron el total de muertes a nivel municipal reportadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para 2010.

Muertes hospitalizaciones a la contaminación

Es el número de hospitalizaciones asociadas a la contaminación por partículas menores a 10 micras (PM10). Para calcularlo se usan estimaciones que reflejan qué tan sensible es la población de cada ciudad a ser hospitalizada por estar expuesta a niveles de partículas superiores al valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Dichas estimaciones surgen de análisis epidemiológicos. Se consideró el total de egresos hospitalarios por causas respiratorias y cardiovasculares a nivel estatal reportadas en el Boletín de la Secretaría de Salud para 2010.

Consultas atribuibles a la contaminación

Es el número de consultas asociadas a la contaminación por partículas menores a 10 micras (PM10). Para calcularlo se usan estimaciones que reflejan qué tan sensible es la población de cada ciudad a visitar al médico por estar expuesta a niveles de partículas superiores al valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Dichas estimaciones surgen de análisis epidemiológicos. Se consideró el total de casos por asma, infecciones respiratorias

[28] *http://imco.org.mx/calculadora-aire/*

agudas y enfermedades isquémicas del corazón a nivel estatal reportados en el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) para 2010.

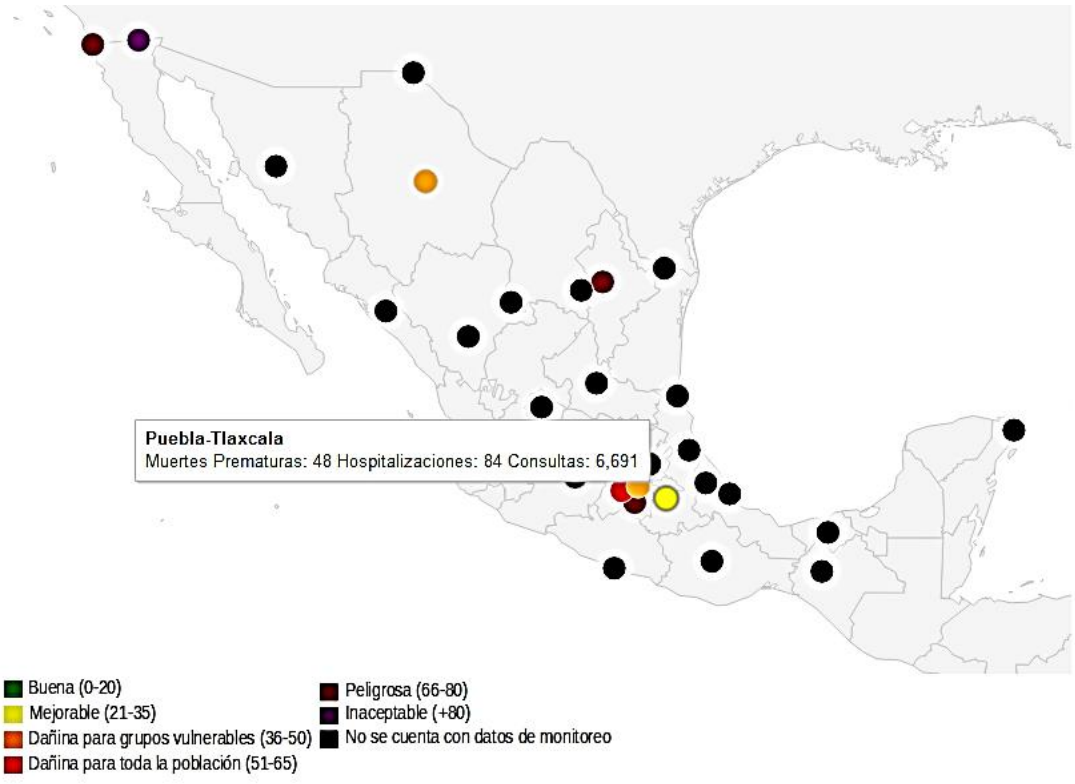
¿Cómo se calcularon los gastos en salud?

Los gastos en salud se obtuvieron de multiplicar (1) el número de hospitalizaciones y consultas atribuibles a la contaminación por (2) el costo unitario por evento, por (3) el número de días promedio requeridos para la atención médica. En el caso de hospitalizaciones, se distingue entre los costos para personas aseguradas y no aseguradas.

¿Cómo se calculan las pérdidas de productividad?

Las pérdidas de productividad se obtuvieron de multiplicar (1) los días laborales perdidos a causa de hospitalizaciones y consultas atribuibles a la contaminación por (2) el salario promedio diario por (3) los días de atención médica. A esta cifra se añaden las pérdidas de productividad por muertes prematuras las cuales surgen de multiplicar (1) los años productivos perdidos, separando las muertes atribuibles por grupo de edad, por (2) el salario promedio mensual. Consideramos que la vida productiva de una persona va de 15 a 65 años[29].

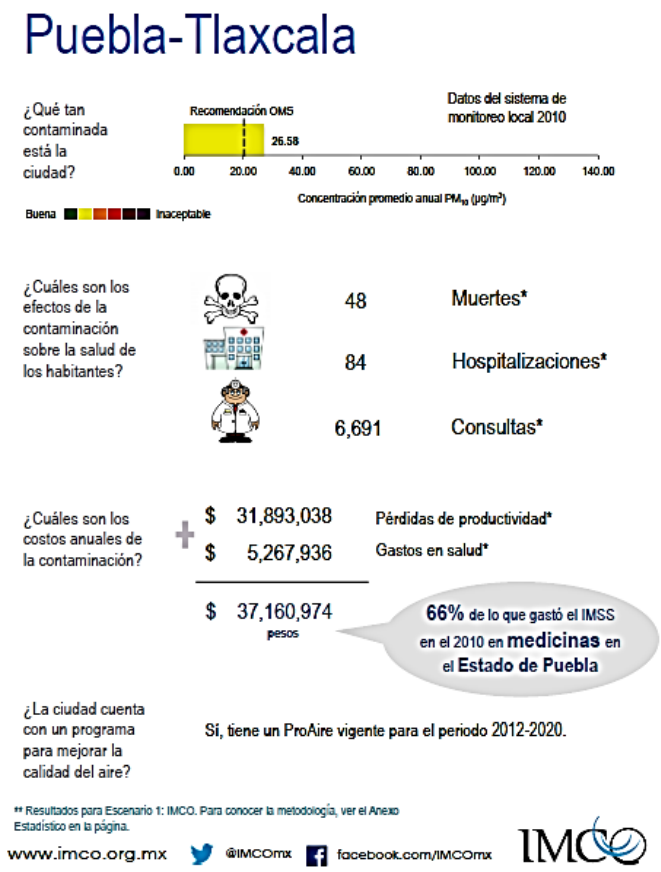
Figura 5.1 *Efectos de la contaminación sobre la salud de la población.*



Fuente: *Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.*
http://imco.org.mx/calculadora-aire/

[29] *Instituto Mexicano para la Competitividad A. C.*

Figura 5.2 *Efectos de la contaminación sobre la salud de la población Zona Metropolitana Puebla - Tlaxcala.*



Fuente: *Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.*

La figura 5.2 muestra el número de casos de muertes, hospitalizaciones y consultas debidas a los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de la población. Es importante recordar que estos indicadores corresponden a la Zona Metropolitana Puebla – Tlaxcala, haciendo un mayor énfasis en la información disponible en la parte que le corresponde al Estado de Puebla.

5.1 Metodología

La EIS se define como una combinación de procedimientos, métodos y herramientas mediante los que una política, programa o proyecto puede ser evaluado en función de sus potenciales efectos sobre la salud de una población y la distribución de los mismos dentro de dicha población.

Si se conoce el número total de casos que presentan un problema de salud en un determinado grupo de población derivados de una exposición, entonces podrán contabilizarse los casos atribuibles a esta exposición en la población. Esto se traduce como, la ausencia o reducción de "casos atribuibles" al no producirse la exposición; a menudo la proporción atribuible también se denomina "carga evitable" (NRC, 1983; Ostro, 1998; NRC, 2002). La información necesaria para calcular los "casos atribuibles" requiere de 1) conocer la frecuencia con la que aparece un problema de salud en la población (el número de casos anuales de un determinado problema para la salud), 2) El nivel de exposición a un factor de riesgo por parte de la población y 3) La

asociación cuantitativa entre la exposición y el desenlace clínico (la función concentración-respuesta o FCR).

Zona de estudio

Esta EIS, se realizó para los 60 municipios del Estado de Tlaxcala, que incluyen una población total de 1, 169, 936 habitantes reportados en 2010 (INEGI). Se realizó el análisis individual para cada municipio, así como una cuantificación total del estado.

Exposición de la población

En el caso de esta valoración, se han seleccionado las PM_{10} como indicador para representar la contaminación atmosférica del Estado de Tlaxcala. Esta selección se ha basado en dos hechos: 1) El Estado de Tlaxcala cuenta únicamente con datos de PM_{10} y partículas totales suspendidas (PTS), y 2) Existe evidencia científica consistente y robusta que informa de efectos de las PM_{10} en la salud, teniendo en cuenta que las PM son los contaminantes que mayor carga de enfermedad producen, por lo que el estudio se ha basado en los impactos de PM_{10} en la población. El Estado de Tlaxcala ha reportado una media anual en 2010 de 38.09 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, resultado de la media del monitoreo ambiental realizado en los municipios de Apetatitlán, Calpulalpan, Quilehtla y Tlaxcala.

Debe tenerse en cuenta que es probable que al utilizar un único indicador de la contaminación atmosférica, se subestiman los beneficios de los programas de calidad del aire, puesto que estos también reducen las concentraciones de otros agentes contaminantes como el NO_2, el SO_2, el benceno y demás que pueden producir efectos independientes o sinérgicos en la salud.

Efectos a la salud

La presente valoración sólo incluye aquellos efectos en la salud que se encuentran robusta y consistentemente reportados en la literatura científica, para los que se dispone de las funciones concentración-respuesta (FCR) y datos en la población. La evaluación se fundamenta en FCR utilizadas en otras evaluaciones de riesgo realizadas en Europa y Estados Unidos, que han mostrado mayor robustez y reproducibilidad en este tipo de análisis. Para llevar a cabo esta evaluación, se estudiaron grupos de efectos para representar la carga que ejerce la contaminación atmosférica en la salud: los datos de mortalidad y morbilidad, incluidos síntomas de enfermedades crónicas.

Por otro lado, la contaminación atmosférica puede incrementar el desarrollo de enfermedades crónicas que originan otras enfermedades, lo cual contribuye a acortar la vida de las personas que las padecen. Los estudios que investigan cómo afecta, durante largos periodos de tiempo, la contaminación atmosférica a las tasas de mortalidad han demostrado que estos efectos acumulativos son mayores que aquellos designados a corto plazo (Abbey *et al*, 1993; OMS, Meta-análisis, 2004).

La presente valoración determina tanto los efectos a corto plazo en las tasas de mortalidad debido a la exposición aguda, como los efectos crónicos debidos a la exposición a largo plazo y se considera que los efectos a largo plazo reflejan la carga total, que incluye los efectos acumulados de otros daños leves. Por consiguiente, los cálculos para los efectos a corto plazo se expresarán como una parte del total. Los datos de la mortalidad infantil (<1 año) se han tratado de forma

independiente, porque afectan a un grupo de edad separado del analizado para los efectos a largo plazo.

Las Funciones Concentración-Respuesta (FCR) cuantifican la relación entre un cambio en concentraciones de contaminación atmosférica y el correspondiente cambio en los efectos perjudiciales para la población. La FCR constituye la información más relevante a la hora de determinar los beneficios para la salud que implicaría una reducción de la contaminación atmosférica. Las FCR utilizadas en esta evaluación se obtienen tanto a partir de las utilizadas en un único estudio, como de una media ponderada de los cálculos de diferentes estudios epidemiológicos. En los siguientes apartados se detalla la fuente y el valor de la FCR, así como las frecuencias de referencia utilizadas para cada efecto en la salud; esta información está resumida en el Anexo 1.

Crisis asmáticas en niños. Para las crisis asmáticas en niños (< 15 años), la FCR utilizada se basaba en un cálculo conjunto extraído de una revisión sistemática de los resultados de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica por partículas en niños (Ward & Ayres, 2004). Los criterios de valoración de este estudio eran los síntomas del aparato respiratorio inferior. La FCR representa un cambio del 4.1% (Intervalo de confianza del 95%: 2.0-5.1) por reducción de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}. La FCR conjunta se encuentra en el mismo intervalo que el obtenido en otros estudios que investigan las exacerbaciones de síntomas y asma. Se utilizó el mismo cálculo FCR que se ha utilizado en otras EIS.

Al no disponer de datos para el Estado de Tlaxcala que coincidan con la definición de FCR del efecto, el total de crisis asmáticas por niño asmático para el estado procede del estudio SCARPOL. En dicho estudio se preguntó a los participantes cuántas crisis asmáticas habían padecido en los últimos 12 meses. El total de asmáticos subyacente se obtuvo del estudio epidemiológico en México, basado en las encuestas realizadas del estudio internacional sobre asma y alergias en la niñez (ISAAC) que reporta una prevalencia del 17.1% en Acapulco hasta un 4.5% en D.F. (Vargas-Becerra, 2009) como no se cuenta con estudios ISAAC en Tlaxcala, se asumió una prevalencia del 6%, muy cercano a la mediana de las prevalencias reportadas en los diferentes ISAAC del país (Ciudad Juárez, Cuernavaca, Morelia y Torreón).

Bronquitis aguda en niños. En la bronquitis aguda en niños (< 15 años) ante la carencia de estudios locales sobre los efectos en los niños de la exposición a largo plazo a la contaminación atmosférica, la FCR para la aparición de casos de bronquitis aguda se obtuvo de diversos estudios que se habían utilizado previamente en otras EIS. El cálculo conjunto proviene de tres estudios (Dockery *et al*, 1989; Dockery *et al*, 1996; Braun-Fahrlander *et al*, 1997) para intervalos de edad de 10-12, 8-12 y 6-15 años respectivamente.

Dichos estudios se realizaron entre 1980 y 1991 y su definición de bronquitis se basó en las siguientes preguntas: "¿Le han diagnosticado bronquitis a su hijo/a en los últimos 12 meses?", "¿Su hijo/a ha padecido bronquitis en los últimos 12 meses?" y "¿Su hijo/a ha padecido alguna insuficiencia respiratoria en los últimos 12 meses?".

Por consiguiente, la FCR representa un cambio del 30.6% (IC del 95%: 13.5-50.2) por cada 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10} reducidos. Al no disponer de frecuencias de referencia en el área de estudio que coincidan con la definición de bronquitis aguda en niños de la FCR, se prefirió utilizar la prevalencia del 12.2% del estudio SCARPOL. El SCARPOL es un estudio transversal realizado en 1992/1993 que se encargó de investigar la relación entre la exposición a largo plazo a la

contaminación atmosférica, la salud y las alergias respiratorias en los niños de Suiza. El estudio SCARPOL también contribuyó a obtener la FCR (Braun-Fahrlander *et al*, 1997).

Bronquitis crónica en adultos. En el caso de la bronquitis crónica (adultos ≥ 25 años) como no se dispone de estudios locales que aborden la relación entre las exposiciones a largo plazo a la contaminación atmosférica y la morbilidad, la FCR para la aparición de nuevos casos de *Bronquitis Crónica* (BC) en adultos se obtiene a partir del estudio ASHMOG, una cohorte formada por miembros de la Iglesia Adventista del Séptimo Día (a partir de 25 años) de EE.UU. Esta FCR es la misma que se utilizó en la EIS del estudio trinacional (Kunzli *et al*, 2000). Esta cohorte investigó la asociación entre las concentraciones ambientales acumuladas a largo plazo y el inicio de la BC (Abbey *et al*, 1993).

Este estudio se basaba en el sistema métrico de las partículas suspendidas totaless (PST). Tras la conversión, la FCR representa un cambio del 9.8% (Intervalo de confianza del 95%: 0.9-19.4) por cada reducción de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}. Otras EIS también han valorado este efecto: el estudio Aire Limpio para Europa - Coste Beneficio (CAFE-CBA) propuso dos cálculos del riesgo diferentes que derivan del estudio original ASHMOG, uno ligeramente inferior basado en las PM_{10} (Abbey *et al*, 1995) que se utilizó para determinar sus principales resultados. No resulta sencillo calcular la frecuencia inicial de nuevos casos de BC en la población. No se dispone de un control adecuado de esta enfermedad, así como tampoco está definida correctamente en los estudios existentes.

Por lo tanto, la prevalencia e incidencia puede variar sustancialmente en función de la definición utilizada para describir una variedad de fenotipos que se solapen (por ejemplo, bronquitis crónica, enfermedad de obstrucción pulmonar crónica, enfisema, etc.). Además, la frecuencia de estos fenotipos depende en gran parte de los hábitos de fumar de la población, puesto que es una de las principales causas de esta enfermedad. Para que concuerde internamente con la FCR, en los cálculos hemos aplicado una incidencia de BC como la observada y definida en el estudio ASHMOG (Abbey *et al*, 1993) es decir, el mismo estudio del que se obtuvo la FCR.

Los nuevos casos de BC representan un 0.71% anual en la población ASHMOG. La ventaja de esta selección es que la población de la Iglesia Adventista del Séptimo Día normalmente es no fumadora, por lo cual las observaciones del estudio ASHMOG se aplican mejor a no fumadores y no se ven afectadas por el tabaco, un factor de riesgo que contribuye substancialmente a la BC. Sin embargo, biológicamente, es mucho más plausible que los contaminantes afecten en cierto modo a estos fenotipos interrelacionados que a una única definición de BC.

Muerte infantil. Por lo que se refiere a la mortalidad infantil, se utilizó una FCR que se basó en un conjunto de cálculos obtenidos de diversos estudios, sobre el posible impacto de la contaminación atmosférica en fetos y niños (de menos de un año) (Lacasaña, Esplugues y Ballester, 2005). Por consiguiente, se utilizó una FCR que representaba un cambio del 4.8% en la mortalidad (intervalo de confianza del 95%: 2.2-7.5) por cada reducción de 10 $\mu g/m^3$ de las PM_{10}, de forma similar que en la EIS del ENHIS (2006).

Mortalidad a corto plazo. Como ya se ha mencionado anteriormente, el impacto de la contaminación atmosférica en la mortalidad es una combinación de los efectos a corto plazo y los efectos acumulados. Se presentan cálculos para los efectos a corto plazo y se consideran como parte de todos los efectos acumulados, descritos a continuación; por lo tanto, los efectos a corto y largo plazo no deberían sumarse.

La FCR utilizada para los efectos a corto plazo sobre la mortalidad debidos a fluctuaciones diarias en las concentraciones atmosféricas de agentes contaminantes se obtuvo a partir de un meta-análisis cuantitativo de varios estudios revisados sobre los efectos en la salud y la exposición a corto plazo a las partículas en suspensión (OMS, meta-análisis, 2004) que desarrolló la OMS a partir de estudios realizados en 33 ciudades y regiones europeas diferentes.

La mayoría de los cálculos se extrajeron del estudio "Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica y la salud: un enfoque europeo" (APHEA, por sus siglas en inglés) (Katsouyanni *et al*, 1995; Katsouyanni *et al*, 2001). El meta-análisis proporcionó cálculos de las muertes por causas cardiovasculares, respiratorias y totales. En el caso de los efectos totales, la FCR representa un 0.6% (Intervalo de confianza del 95%: 0.4-0.8) más de muertes por cada reducción de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}. Se presentan cálculos para los tres tipos de efectos, pero cabe destacar que las muertes por causas específicas están incluidas en los efectos totales.

Mortalidad a largo plazo. Aunque existen estudios realizados en México, que relacionan la mortalidad y la contaminación del aire, estos estudios ofrecen estimaciones en poblaciones con un periodo de seguimiento muy corto y un pequeño número de participantes, dando poca robustez a sus estimaciones, así como escasa representatividad de la población. Es por esto que se eligió una FCR procedente de dos estudios norteamericanos, como se propuso en el estudio trinacional de Austria, Francia y Suiza (Kunzli *et al*, 2000).

Dichos estudios se conocen como el estudio de la Sociedad Norteamericana de Cáncer (American Cancer Society o ACS) (Pope *et al*, 1995) y el estudio de Harvard de seis ciudades (Harvard Six Cities Study) (Dockery, 1993). En ambos estudios se compararon cohortes ampliamente representativas de la población de EE.UU. El estudio ACS se basó en medidas de $PM_{2.5}$, por lo que la FCR debía convertirse a PM_{10} utilizando los factores de conversión. La combinación de ambos estudios dio como resultado una FCR del 4.3% (IC del 95%: 2.6-6.1) por cada cambio (reducción) de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}. Recientemente, una comisión de expertos (Krewski *et al*, 2000) se encargó de volver a analizar los datos del estudio de la ACS y se ampliaron los análisis (Pope *et al*, 2002) lo cual confirmó los resultados obtenidos previamente.

Frecuencias de población. La distribución por número de habitantes y grupo de edad se obtuvo del INEGI, reportados para el 2010 en el Estado de Tlaxcala. Los datos de todas las defunciones se extrajeron de los reportados para Tlaxcala por el INEGI en 2010. Para morbilidad los datos se basaron en diferentes fuentes de información dependiendo de la enfermedad (INEGI, 2010; Abbey etal, 1993; Künzli etal, 2000; Ward & Ayres, 2004; Vargas-Becerra, 2009).

Escenarios de interés. Para poner de manifiesto la mejora continua de la calidad del aire, se proporcionan cálculos del riesgo para dos escenarios hipotéticos. El primer escenario calcula los beneficios para la salud si se redujeran 10 $\mu g/m^3$ en la concentración media anual de PM_{10}. El segundo escenario calcula los beneficios para la salud si se redujera 18.09 $\mu g/m^3$ la concentración media anual de PM_{10} en el Estado de Tlaxcala. Estos escenarios se basan en las recomendaciones que proporciona la OMS en su Guía de Calidad del Aire, donde sugiere mantener unos niveles máximos de PM_{10} en 20 $\mu g/m^3$ de media anual, para no producir mayores daños a la salud (OMS, 2006), ver Tabla 5.1. Aunque no se dispone de datos que demuestren la existencia de un límite en el que no se produzcan impactos en la salud, se espera que los beneficios relacionados con la reducción de las concentraciones por debajo de 20 $\mu g/m^3$ sean proporcionalmente mayores, a los escenarios presentados.

Valoración de beneficios para la salud. Los beneficios de los cambios en la contaminación atmosférica se expresan como casos atribuibles. Los casos atribuibles se obtienen de fracciones de población atribuibles que se calculan con las FCR, que a menudo se corresponden con un riesgo relativo (RR) y el número expuesto de personas en la comunidad de interés. Los RR o formas de cuantificación similares provienen de estudios epidemiológicos y representan la proporción entre la frecuencia de casos en un grupo que ha sido expuesto y un grupo de control que no ha sido expuesto y que se ha ajustado mediante diferentes co-variables para evitar una posible confusión.

Expresión de incertidumbre. Todas las etapas descritas en los párrafos anteriores se presentan con una serie de suposiciones e incertidumbres, que difieren en función del efecto estudiado. Por tanto, la evaluación de la carga y de los beneficios no es una reflexión precisa de la realidad, sino un cálculo aproximado de lo que se espera pudiera cambiar en la salud pública si sólo mejorara la calidad del aire. Para reflejar las incertidumbres de estos cálculos, los evaluadores del riesgo a menudo proporcionan límites para los cálculos puntuales.

Asimismo, algunas incertidumbres y suposiciones no pueden cuantificarse, por lo que no estarán representadas dentro de estos límites. Todos los resultados (estatal y por municipio) se han redondeado y se ha proporcionado un cálculo puntual con un valor límite superior e inferior, que se basan solamente en la incertidumbre de la FCR publicada en los estudios epidemiológicos. Se ha escogido de forma arbitraria un intervalo de confianza (IC) del 5 y 95 por ciento de la FCR (IC del 95%) que corresponde a ±1,96 veces el error estándar (EE) de estos cálculos.

5.2 Resultados

Los resultados se presentan para dos escenarios de reducción 1) 10 μg/m^3 y 2) 18.09 μg/m^3 en la concentración media anual de PM_{10}, así como para diferentes enfermedades, síntomas y mortalidad, presentando los resultados globales a nivel estatal.

Morbilidad

En el escenario de reducción de 10 μg/m^3 en la concentración media anual de PM_{10} en los 60 municipios del Estado de Tlaxcala se estimó una reducción anual de 2,714 crisis asmáticas en niños (<15 años) evitadas anualmente, una reducción anual de 10,946 casos de bronquitis aguda en niños (<15 años) y de 369 casos de bronquitis crónica en adultos (> 25 años) (tabla 5.3).

Tabla 5.3 *Casos evitados de morbilidad.*

Casos evitados de morbilidad		
Enfermedades	Escenario de reducción en la concentración media anual de PM_{10}	
	< 10.00 μg /m^3	< 18.09 μg /m^3
Bronquitis crónica en adultos	369	668
Bronquitis aguda en niños	10,946	19,803
Crisis asmáticas en niños	2,714	4,911

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

En el escenario de reducción de 18.09 μg/m^3 en la concentración media anual de PM_{10} en los 60 municipios del Estado de Tlaxcala, se estimó una reducción anual de 4,911 crisis asmáticas en niños (<15 años) evitadas anualmente, una reducción anual de 19,803 casos de bronquitis aguda en niños (<15 años) y de 668 casos de bronquitis crónica en adultos (> 25 años) (tabla 5.3). Los resultados con los intervalos de confianza se pueden consultar también en las Tablas que se presentan en el Anexo correspondiente.

Mortalidad

En el escenario de reducción de 10 μg/m^3 en la concentración media anual de PM_{10} en los 60 municipios del Estado de Tlaxcala se encontró una disminución anual en la mortalidad infantil (<1 año de edad) por todas las causas (CIE 10 A00-R99, según la Clasificación Internacional de Enfermedades en su 10ª edición) de 19 muertes.

En mortalidad a corto plazo por todas las causas (CIE 10 A00-R99) de 33 muertes, por causas respiratorias (CIE 10: J00-J99) 6 muertes y por causas cardiovasculares (CIE 10: I00-I52) 10 muertes. Por efectos a largo plazo en adultos (> 30 años), por todas las causas (CIE 10 A00-R99) se estimaron 192 muertes evitadas anualmente (ver Tabla 5.7). Como se menciona en párrafos anteriores, el impacto en mortalidad a corto plazo en los adultos, puede estar considerado en las estimaciones de impactos de mortalidad a largo plazo, por lo que su suma podría sobrestimar los impactos. Teniendo en consideración este aspecto podemos referir que los impactos en moralidad de este escenario serían en total 211 muertes evitadas anualmente (sumando efectos a largo plazo en adultos y en menores de 1 año) por la reducción de 10 μg/m^3 de PM_{10} en la concentración media anual del Estado de Tlaxcala.

En el segundo escenario, con una reducción de 18.09 μg/m^3 en la concentración media anual de PM_{10} en los 60 municipios del Estado de Tlaxcala se encontró una reducción anual en la mortalidad infantil (<1 año de edad) por todas las causas (CIE 10 A00-R99) de 35 muertes. En mortalidad a corto plazo por todas las causas (CIE 10 A00-R99) de 60 muertes, por causas respiratorias (CIE 10: J00-J99) 11 muertes y por causas cardiovasculares (CIE 10: I00-I52) 17 muertes.

Por efectos a largo plazo en adultos (> 30 años), por todas las causas (CIE 10 A00-R99) se estimaron 347 muertes evitadas anualmente (ver Tabla 5.7). Lo que en total resulta una reducción de 382 muertes evitadas anualmente (sumando efectos a largo plazo en adultos y en menores de 1 año) por la reducción de 18.09 μg/m^3 de PM_{10} en la concentración media anual del Estado de Tlaxcala. La descripción de las estimaciones de mortalidad por municipio, puede consultarse en las Tablas que se presentan en el Anexo. Las estimaciones con sus intervalos de confianza se pueden consultar también en las Tablas presentadas en el Anexo.

5.3 Evaluación económica

Debido a las repercusiones de la contaminación atmosférica en la salud de las personas expuestas previamente, resulta pertinente estimar los beneficios económicos derivados de las políticas públicas orientadas a mejorar la calidad del aire.

La valoración económica de los impactos ambientales ha desarrollado métodos de estimación que permiten contar con un indicador monetario que posibilite determinar el valor de una

alteración en el medio natural. En relación a la salud, la valoración económica permite monetizar los beneficios económicos que pudieran obtenerse si la calidad del aire mejorara.

En este apartado se valorarán los costos evitados o beneficios asociados a la mejora en la calidad del aire utilizando el enfoque de costos evitados de la enfermedad para el Estado de Tlaxcala.

Metodología

Las enfermedades a la salud derivadas de la contaminación del aire pueden valorarse a través de cuatro vías: (i) los costos médicos asociados a las enfermedades generadas por la contaminación del aire, (ii) la pérdida de salario como resultado de no laborar durante el padecimiento de la enfermedad, (iii) los costos asociados a la prevención de enfermedades inducidas por la contaminación del aire y (iv) la pérdida de bienestar asociada a los síntomas y a las pérdidas de oportunidad de ocio causadas por la enfermedad (Freeman III, 1999).

En este apartado se valoran los costos económicos en términos de los nuevos casos evitados de las enfermedades asociadas a una mejoría en la calidad del aire, es decir, los beneficios económicos que la sociedad de Tlaxcala podría alcanzar si se cumplen los escenarios de reducción en la concentración media anual de PM_{10} planteados anteriormente. Los beneficios económicos se estiman tanto en términos de morbilidad como de mortalidad.

Una vez estimado el número de casos evitados (Ver Tabla 5.3), para calcular los beneficios asociados a la reducción de la morbilidad se emplearán dos componentes principales: los gastos médicos (costo directo) y las pérdidas de ingresos o ganancias debido a la ausencia laboral (costo indirecto). La valoración de los costos asociados a la mortalidad se empleará el indicador denominado valor de una vida estadística (VVE), que es el valor monetario que la sociedad atribuye a evitar que uno de sus miembros muera.

Estimación de los costos evitados de morbilidad

Los costos directos incluyen los gastos médicos del diagnóstico, tratamiento, controles médicos, exámenes, días de cama por hospitalización, etc. Debido a la escasez de información disponible sobre los costos de atención médica para casos de bronquitis y asma en el Estado de Tlaxcala, se revisaron diversas publicaciones con estimaciones para México. En los casos de bronquitis crónica en adultos se emplean las estimaciones de (Reynales-Shigematsu et al, 2006) de $99,669.00 pesos en 2004[30]; en el caso de bronquitis aguda en niños se actualizaron las estimaciones realizadas por (Nigenda G., 2002) de $5,765.00 pesos[31]; y para las crisis asmáticas en México se empleó la cifra reportada por la Secretaría de Salud de $1,889.00 dólares[32] (SSA, 2006). Estas estimaciones se actualizaron tomando en cuenta las variaciones porcentuales en el índice de precios del consumidor por objeto del gasto en salud en México; y para los casos de

[30] Reynales-Shigematsu et al estiman los costos directos de la atención médica a consecuencia del consumo de tabaco, a partir de datos del IMSS que consideran los recursos utilizados en el tratamiento, atención médica y rehabilitación de las personas con la afección en estudio. Los costos totales de enfermedad en el IMSS se obtuvieron tras multiplicar el costo promedio anual por paciente por el número de casos registrados en el IMSS en el año 2004.

[31] Incluye el diagnóstico y tratamiento.

[32] Estudio realizado en el servicio de urgencias de un hospital de segundo nivel e incluye el costo de la atención a pacientes pediátricos con el diagnóstico de asma que requirieron hospitalización e inhaloterapia.

asma, también el tipo de cambio peso-dólar correspondiente[33]. Las estimaciones se muestran en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 *Estimaciones de los costos directos de morbididad y de los costos por mortalidad.*

Costos directos por beneficiario, 2012	
Costos del tratamiento por bronquitis crónica en adultos	$ 134,039.00
Costos del tratamiento por bronquitis aguda en niños	$ 8,350.00
Costos del tratamiento por crisis asmáticas en niños	$ 25,830.00
Valor de la vida estadística (límite inferior)	$ 2,030,235.00
Valor de la vida estadística (límite superior)	$ 7,084,821.00

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

Tabla 5.5 *Costos evitados directos (estimación en pesos para 2012).*

Costos evitados directos por morbilidad		
Enfermedades	Escenario de reducción en la concentración media anual de PM_{10}	
	< 10 μg /m^3	< 18.09 μg /m^3
Bronquitis crónica en adultos	$ 49,478,318.00	$ 89,506,278.00
Bronquitis aguda en niños	$ 91,404,253.00	$ 165,350,293.00
Crisis asmáticas en niños	$ 70,127,060.00	$ 126,859,852.00
Total	**$ 211,009,631.00**	**$ 381,716,423.00**

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

El total de los costos directos evitados asciende a 211 millones de pesos para el escenario con reducciones de 10 μg/m^3 de PM_{10} que corresponden a los casos evitados de bronquitis crónica en adultos y aguda en niños, así como casos de crisis asmáticas en niños; y a 381.7 millones pesos en el escenario con reducciones de 18.09 μg/m^3 de PM_{10}.

Los costos indirectos de morbilidad se refieren en este estudio a la ausencia laboral producto de los días de reposo requeridos para superar la enfermedad o para trasladar a un infante para recibir atención médica. En el caso de bronquitis crónica (en adultos mayores de 25 años de edad), se consideró que un paciente adulto requiere 8.5 días de reposo por evento de bronquitis crónica (Espallardo, 2008). En los casos de bronquitis aguda y crisis asmáticas infantiles, sólo se consideró un día laboral perdido, en el supuesto de padres que se ausentan del trabajo para llevar a sus hijos al médico.

El número de casos evitados se ajustó bajo el supuesto de que no todos los pacientes adultos tienen actividad laboral remunerada. Este ajuste resulta particularmente importante para los casos evitados de enfermedades en niños, ya que no todos los adultos que acompañan a consulta a la población inactiva (bebés, niños, niñas y adultos mayores) laboran. El ajuste se realizó multiplicando cada caso evitado por la proporción de la población ocupada respecto a la población total, dicha proporción corresponde al 37% de la población del Estado de Tlaxcala (INEGI, 2011).

[33] *La variación porcentual promedio del Índice Nacional de Precios al consumidor por objeto del gasto en salud y cuidado personal, es de 3.8% anual de 2002 a agosto de 2012. El tipo de cambio promedio para operaciones con divisas promedio en 2006 fue de $10.90 pesos por dólar (Banco de México).*

El total de los costos indirectos por casos de enfermedades evitadas asciende a 9.5 millones de pesos para el escenario con reducciones de 10 μg/m^3 de PM_{10}, y a $17.1 millones de pesos en el escenario con reducciones de 18.09 μg/m^3 de PM_{10}. Los resultados para ambos escenarios se presentan en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 *Costos evitados indirectos (estimación en pesos para 2012).*

Costos evitados indirectos por morbilidad		
Enfermedades	Escenario de reducción en la concentración media anual de PM10	
	< 10 μg /m^3	< 18.09μg /m^3
Bronquitis crónica en adultos	$ 249,313.00	$ 451,006.00
Bronquitis aguda en niños	$7,393,455.00	$ 13,374,759.00
Crisis asmáticas en niños	$ 1,833,644.00	$ 3,317,062.00
Total	**$ 9,476,411.00**	**$ 17,142,827.00**

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

El costo económico total o gastos que se pueden evitar (beneficios) por reducción de enfermedades asociados con una mejora en la calidad del aire, resultan de agregar los costos directos e indirectos. En el caso de una reducción de 10 μg/m^3 de PM_{10} se pueden evitar costos por 220.5 millones de pesos, y casi del doble, es decir 398.9 millones de pesos cuando la reducción en la concentración media anual de PM_{10} en el aire es de 18.09 μg/m^3. En la tabla 5.7 se pueden observar los costos evitados totales por morbilidad estimados para el Estado de Tlaxcala.

Tabla 5.7 *Costos evitados totales (estimación en pesos para 2012).*

Costos evitados totales por morbilidad		
Enfermedades	Escenario de reducción en la concentración media anual de PM_{10}	
	< 10 μg /m^3	< 18.09 μg /m^3
Bronquitis crónica en adultos	$ 49,727,631.00	$ 89,957,284.00
Bronquitis aguda en niños	$ 98,797,707.00	$ 178,725,052.00
Crisis asmáticas en niños	$ 71,960,704.00	$ 130,176,914.00
Total	**$ 220,486,042.00**	**$ 398,859,250.00**

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

En el primer escenario de reducción de contaminantes, los costos evitados representan el 1.9% del Presupuesto de Egresos (PE) del Estado de Tlaxcala para 2012[34], así como el 17.7% del gasto presupuestado para la entidad en el rubro de salud pública[35] en el mismo año. Para el segundo escenario, los beneficios por costos evitados representan 3.4% del PE de Tlaxcala y el 32.0% del gasto en salud presupuestado para 2012. Finalmente, es importante considerar que esta estimación del impacto económico de la mala calidad del aire subestima el costo total de la enfermedad, ya que habría que agregar la incapacidad para disfrutar del tiempo libre, el costo que el propio malestar supone para la persona enferma y el costo que para la familia y sus amigos

[34] *Considera un presupuesto de $ 11'573, 756,389 pesos (Presupuesto de Egresos del Estado de Tlaxcala 2012, Periódico Oficial No.3 Extraordinario del 23 de diciembre de 2011).*

[35] *Considera un presupuesto de $ 1'246,469,058 pesos integrado por los recursos asignados al Instituto Tlaxcalteca de Asistencia Especializada en la Salud y del ODP Salud de Tlaxcala en el Presupuesto de Egresos del Estado de Tlaxcala 2012 (Periódico Oficial No.3 Extraordinario del 23 de diciembre de 2011).*

representa el malestar del individuo enfermo; mismos que sólo pueden estimarse a partir del método de valoración contingente; y por otro lado los costos para prevenir enfermedades relacionadas con la contaminación del aire.

Estimación de los costos de mortalidad

Para calcular el impacto económico de la mortalidad, se emplearon las estimaciones de muertes asociadas a la contaminación del aire en individuos de todas las edades (tabla 5.7) y la actualización del valor de una vida estadística (VVE) establecido por (Hammitt & Ibarrarán, 2002) en un rango de 145 mil y 506 mil dólares para Ciudad de México. La actualización de estos valores generó un rango para el VVE en 2012 con un límite inferior de 2, 030,325.00 pesos por persona, y con un límite superior de 7, 084,821.00 pesos por habitante (tabla 5.4).

Tabla 5.8 *Casos evitados de mortalidad.*

Casos evitados de mortalidad			
Enfermedades		Escenario de reducción en la concentración media anual de PM_{10}	
		< 10 µg /m^3	< 18.09µg /m^3
Mortalidad Infantil	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	19	35
Efectos a corto plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	33	60
	Causas respiratorias (CIE 10 J00-J99)	6	11
	Causas cardiovasculares (CIE 10 I00-I52)	10	17
Efectos a largo plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	192	347

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

Los resultados de los VVE aplicados al número de muertes evitadas al reducir las emisiones de PM_{10} en los dos escenarios (< 10 mg/m^3 y < 18.09 mg/m^3). En el escenario con reducciones de 10 µg/m^3 de PM_{10} las muertes evitadas son valoradas entre $429.1 y $1,497.5 millones de pesos; y en el escenario con reducciones de 18.09 µg/m^3 de PM_{10}, la disposición a pagar para prevenir la mortalidad oscila entre $776.3 y $2,708.9 MDP.

Tabla 5.9 *Costos evitados de mortalidad (estimación en pesos para 2012).*

Costos evitados por mortalidad					
Enfermedades		Escenario de reducción en la concentración media anual de PM10			
		< 10 mg /m^3		< 18.09 mg /m^3	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Mortalidad infantil	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	$39,240,885	$136,937,158	$70,986,761	$247,719,319
Efectos a corto plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	$67,021,985	$233,883,616	$121,242,771	$423,095,462
	Causas respiratorias (CIE 10 J00-J99)	$12,792,687	$44,642,068	$23,141,972	$ 80,757,501
	Causas cardiovasculares (CIE 10 I00-I52)	$19,304,339	$67,365,487	$34,921,550	$121,864,166

Efectos a largo plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	$389,879,160	$1,360,543,829	$705,291,401	$2,461,223,787
Total (mortalidad infantil + efectos a largo plazo)		**$429,120,046**	**$ 1,497,480,987**	**$776,278,163**	**$2,708,943,106**

Fuente: *Datos obtenidos de* IMSS en el año 2004.

Estas cifras representan entre 3.7% y 12.9% del Presupuesto de Egresos del Estado de Tlaxcala para el 2012 en el caso del primer escenario de reducción de emisiones, y de entre 6.7% y 23.4% para el segundo escenario.

5.4 Discusión

Los resultados de este estudio estiman que la mejora de la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala se traduciría en importantes beneficios para la salud de la población del estado. Si los niveles de PM_{10} se redujeran en 18.09 $\mu g/m^3$ en la media anual en los 60 municipios del estado, se podrían evitar 382 muertes, más de 668 casos de bronquitis crónica, más de 4,911 casos de crisis asmáticas y más de 19,803 casos de bronquitis aguda.

Es importante tener en cuenta que existen una serie de suposiciones e incertidumbres inevitables a la hora de realizar las evaluaciones de impactos en salud. Más importante todavía es considerar estos cálculos como una indicación de la magnitud de los beneficios que podrían obtenerse y no como cifras exactas. La mayoría de las suposiciones y en especial, la carencia de datos se comportan como una subestimación o una valoración incompleta del impacto, por lo que se espera que los beneficios para la salud pública sean mayores que los presentados en este informe.

Existen otras incertidumbres relacionadas con el desarrollo de estos cálculos que implican a cada uno de los componentes metodológicos, como la selección de efectos en la salud y la frecuencia con la que aparecen, las FCR, la selección de los indicadores de contaminación y la correspondiente distribución de la exposición de la población. En este análisis para cada efecto se proporcionan tres cálculos aproximados a partir de la incertidumbre de las FCR: el cálculo principal, junto con un límite superior y uno inferior.

En general, es más probable que los valores próximos al cálculo principal sean más apropiados, mientras que los límites superior e inferior son alternativas más extremas y menos probables. Sin embargo, también podría suceder que la verdadera asociación entre las PM_{10} y la salud fuera mayor o menor que los cálculos observados, aunque la probabilidad de que se den estos dos últimos casos es sólo de un 5%. Nuestros análisis principales se cuantifican únicamente en la incertidumbre de las FCR.

Pese a que la mayoría de los efectos para la salud provocados por la contaminación atmosférica son casos de enfermedades crónicas y mortalidad prematura, hay otros efectos que también están relacionados con la contaminación atmosférica. Determinados efectos clínicos, como las alteraciones de la función pulmonar, las visitas médicas, las ausencias escolares, los días de actividades restringidas o las visitas a urgencias no se incluyeron en la valoración, porque no se encontraron datos referentes al Estado de Tlaxcala que nos permitieran utilizar estimaciones útiles para estos casos, por lo cual es probable que se subestimaran los beneficios totales.

En general, tanto los estudios para los que se obtuvieron las FCR, como los estudios para los que se obtuvo la frecuencia utilizaron cuestionarios similares de estandarización internacional. Por ejemplo, la mayor parte de los estudios de investigación del asma y de sus síntomas en niños y adultos se basan en los cuestionarios del Estudio Internacional de Asma y Alergia en la Infancia (ISAAC, por sus siglas en inglés).

Sin embargo, es posible que no todas las definiciones coincidan y que se produzca una subestimación o sobrestimación de los resultados. Además de las incertidumbres relacionadas con la carencia de valores de FCR, el cálculo de la bronquitis crónica (BC) también se ve ampliamente afectado por la selección de la incidencia en el momento inicial. Por razones de consistencia, se ha utilizado una incidencia basada en el estudio ASHMOG, para el que se obtuvo la FCR. Se ha preferido utilizar la incidencia del ASHMOG para evitar errores en las definiciones de la enfermedad o problemas de transferencia entre poblaciones.

Aunque en esta evaluación pudiera considerarse que se sobre estima el impacto de la contaminación sobre la salud de la población estudiada, al asumir que todos los habitantes están expuestos al mismo nivel de contaminación, a pesar de que algunos viven y desarrollan sus actividades en zonas con menores concentraciones de contaminantes, pero que son considerados en el análisis dentro de una misma exposición municipal, al respecto se deben considerar dos aspectos que podrían atenuar esta sobrestimación:

1) La exposición a la contaminación intra-muros que se produce principalmente en las áreas rurales, por la combustión de leña u otras fuentes de combustión para cocinar o para la calefacción de los hogares, la cual está relacionada con mayores impactos a la salud que la contaminación ambiental, pero que no forman parte de esta evaluación por implicar un análisis distinto de exposición, al basarse en funciones concentración respuesta diferentes y relacionado con diferentes impactos en la salud a los utilizados convencionalmente para la contaminación atmosférica;

2) Si se asume que las funciones dosis respuesta para los contaminantes ambientales (PM_{10}) son funciones lineales, que independientemente del nivel de exposición ambiental, al presentarse una reducción de los niveles en una unidad de concentración se tendrá un beneficio constante para la salud, entonces se puede considerar que las estimaciones en salud serán apegadas a las realidad, si se logra reducir la contaminación en áreas urbanas y rurales por igual.

Otra limitación importante es la utilización de PM_{10} como indicador de la contaminación y como sustituto de otros agentes contaminantes atmosféricos con los que está correlacionado. Puede haber otros agentes contaminantes parcialmente incorporados, o no, dentro de los efectos de las PM_{10}, lo cual puede haber dado lugar a un cierto grado de subestimación de los efectos.

El ozono (O_3) constituye un ejemplo de un agente contaminante poco correlacionado con las PM. Pero realizar un análisis por separado de los impactos de cada uno de los contaminantes (bajo el supuesto que se tuviera la información de monitoreo ambiental estatal para otros contaminantes) y después sumarlos, produciría muy probablemente una sobrestimación de los impactos de la contaminación en la salud.

Y es por esto que es preferible cuantificar y elegir un solo contamínate, como el caso de las PM_{10} que conllevan mayor carga de enfermedad que otros contaminantes (y del cual se dispone información estatal) para estimar los impactos en salud, a pesar de subestimar estos impactos.

No todos los beneficios relativos a la mejora de la calidad del aire se materializarán de forma inmediata. En general, se espera que los efectos a corto plazo de la contaminación se reduzcan al mismo tiempo que mejora la calidad del aire. Un estudio de intervención confirma la reducción inmediata y substancial de las tasas de mortalidad tras la prohibición del carbón en la ciudad de Dublín (Clancy *et al*, 2002).

La intervención tuvo lugar en 1991. Los niveles anuales de contaminación atmosférica se redujeron inmediatamente entre 20 y 30% y la mortalidad disminuyó acto seguido entre 15 y 20%. Sin embargo, en el caso de las consecuencias de la contaminación atmosférica debidas a la combinación de los efectos a corto y largo plazo, es probable que tengan que esperarse algunos años antes que puedan observarse los beneficios totales en la salud (Roosli *et al*, 2005).

Asimismo, pueden encontrarse factores de riesgo competitivos o variaciones en los perfiles de riesgos existentes que, pueden interferir en los beneficios a largo plazo. Por consiguiente, las incertidumbres relativas a los impactos y beneficios a largo plazo son mayores que las que influyen en los efectos de corto plazo. Según un modelo de cálculo propuesto en un estudio (Roosli *et al*, 2005), puede esperarse que aproximadamente un 40% del total de muertes atribuibles se materialicen ya en el primer año.

Cabe mencionar que los casos de bronquitis aguda en niños y los problemas relacionados con el asma reflejan efectos a corto plazo como consecuencia de las exposiciones a corto plazo. Por tanto, se espera que los beneficios de una reducción de la contaminación atmosférica se materialicen inmediatamente y se mantengan en un nivel inferior mientras la contaminación continúe en estos niveles.

Puesto que es improbable que la contaminación atmosférica disminuya de forma inmediata tras la puesta en marcha de las políticas ambientales, sino más bien gradualmente, entonces se espera que las variaciones de mortalidad y morbilidad también se produzcan de forma gradual. Observar (o controlar) estos beneficios graduales es mucho más difícil que evaluar los cambios debidos a una reducción inmediata y drástica de la contaminación atmosférica. Sin embargo, con estudios amplios y observaciones continuadas durante varios años, podrían llegar a confirmarse las mejoras en la salud producidas por una política de mejora gradual de la calidad del aire.

Cabe tener en cuenta el impacto de la contaminación atmosférica, así como los beneficios para la salud que comporta la gestión de la calidad del aire en contexto con otros problemas para la salud. Dada la elevada contribución del tráfico a la contaminación atmosférica, se considera que algunas medidas destinadas a mejorar la calidad del aire, como reducir los límites de velocidad, cerrar al tráfico por algunas vías en zonas muy pobladas, estimular el transporte activo, pueden contribuir a mejorar la calidad del aire así como a reducir los accidentes de tráfico.

Por consiguiente, la evaluación de la calidad del aire debe establecerse en un contexto más amplio para poder identificar los posibles beneficios adicionales. Como menciona la OMS (Mudu *et al*, 2007) las políticas ideadas para obtener beneficios en la salud y que afectan al tráfico coinciden con las políticas de la contaminación atmosférica, el cambio climático, los accidentes, la actividad física y el ruido. Se ha determinado también que si se disminuye la contaminación ambiental, lo suficiente para evitar las muertes causadas por esta, se podría

conseguir un incremento de la esperanza de vida en la población. La reducción de la contaminación atmosférica podría acelerar la velocidad de incremento de la esperanza de vida de la sociedad.

5.5 Conclusiones

Este estudio de evaluación de impactos en salud, ha estimado que la contaminación del aire tiene importantes implicaciones en la salud de la población del Estado de Tlaxcala. Intervenciones encaminadas a reducir las concentraciones de contaminantes ambientales como son las partículas suspendidas a niveles recomendados por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, traerán grandes beneficios en salud, evitando casos de enfermedad y muerte en niños y en adultos, que se traducirán en menores gastos económicos para el estado. La implementación de metas para alcanzar una mejor calidad de aire ayudara a lograr los beneficios en salud asociados a la reducción de las concentraciones de contaminantes ambientales.

Los beneficios en salud serán proporcionales a la mejora de la calidad del aire, cuanto más se logren disminuir las concentraciones de contaminantes mayor será el beneficio para la salud de la población. Es necesario también mejorar la red de monitoreo ambiental de contaminación del aire en el Estado de Tlaxcala, así como registrar los casos de enfermedad y muertes asociadas a la contaminación del aire, que permitan conocer los impactos a corto y largo plazo en la salud.

Anexo 1. *Funciones concentración respuesta y fuentes de información utilizadas en el estudio.*

Efectos		Edad	Datos según el municipio estudiado		Función concentración respuesta para PM10			
			Casos de muerte o enfermedad	Población	RR media por 10 μg/m³	Intervalo de confianza inferior (ICI)	Intervalo de confianza superior (ICS)	Fuente
Mortalidad								
Mortalidad Infantil	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	<1 año	INEGI, 2010.	INEGI, 2010.	1.048	1.022	1.075	Lascaña *et al*, 2005
Efectos a corto plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	Todas	INEGI, 2010.	INEGI, 2010.	1.006	1.004	1.008	OMS, 2004
	Causas respiratorias (CIE 10 J00-J99)	Todas	INEGI, 2010.	INEGI, 2010.	1.013	1.005	1.021	OMS, 2004
	Causas cardiovasculares (CIE 10 I00-I52)	Todas	INEGI, 2010.	INEGI, 2010.	1.009	1.005	1.013	OMS, 2004
Efectos a largo plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	> ó = 30 años	INEGI, 2010.	INEGI, 2010.	1.043	1.026	1.061	Künzli *et al*, 2000
Morbilidad								
Enfermedades	Bronquitis crónica en adultos	> ó = 25 años	0.71%, ASHMOG, Estados Unidos	INEGI, 2010.	1.098	1.009	1.194	Abbey *et al*, 1993
	Bronquitis aguda en niños	< 15 años	12.20%, SCARPOL, Suiza	INEGI, 2010.	1.306	1.135	1.502	Künzli *et al*, 2000
Síntomas relacionados con el asma	Crisis asmáticas en niños	< 15 años	6%, crisis anuales / promedio 3 Vargas-Becerra, 2009 / SCARPOL suiza	INEGI, 2010.	1.041	1.02	1.051	Ward & Ayres, 2004

* PM10: partículas suspendidas menores a 10 micrómetros; CIE 10: Clasificación Internacional de Enfermedades 10ª edición; RR: riesgo relativo.

Anexo 2. *Datos para la plataforma de vigilancia epidemiológica de salud ambiental (indicadores de salud).*

Datos		
Área de registro	Estatal, municipal, urbano y rural	
Año de Registro	Fecha	
Salud		
	Mortalidad *	Por grupo de edad (Total, quinquenios y < 1 año)
		Por causa de muerte (por todas las causas, causas respiratorias, causas cardiovasculares)
	Morbilidad	Incidencia de bronquitis crónica en adultos (> 25 años)
		Incidencia de bronquitis aguda en niños (< 15 años)
		Prevalencia de asma en niños (< 15 años)
		Prevalencia de asma en adultos (> 15 años)
		Número de crisis asmáticas por año en niños (<15 años)
		Número de crisis asmáticas por año en adultos (>15 años)
		Incidencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica
		Prevalencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica
		Ingresos hospitalarios por enfermedad pulmonar obstructiva crónica
		Ingresos hospitalarios por causa respiratoria
		Ingresos hospitalarios por causa cardiovascular
		Ingresos hospitalarios por causa cerebrovascular
		Infecciones de vías respiratorias bajas (por grupos de edad en quinquenios)
		Número de embarazos pre-término
		Número de niños con bajo peso al nacer
		Número de casos con baja talla para edad gestacional
		Número de casos con retardo en el crecimiento intrauterino (1er mes del embarazo)

* En el registro de mortalidad se recomienda que los datos sean registrados por cada grupo de edad y causa de muerte (todas las causas, respiratorios o cardiovasculares). Todos los datos se solicitan como un promedio anual, a nivel estatal, municipal, urbano y rural.

6

Marco Legal ProAire Tlaxcala

6. Marco legal ProAire Tlaxcala

6.1 Fundamento Constitucional del Marco Jurídico Ambiental

Las constituciones políticas, comúnmente referidas como leyes supremas o normas fundamentales, no son sólo la cúspide de la pirámide normativa, sino que representan el acto fundacional de los estados.

Siendo la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), la base de nuestro sistema jurídico, la revisión del marco legal relativo al cuidado de la calidad del aire así como la prevención y control de la contaminación atmosférica, tiene que partir necesariamente de la revisión a lo dispuesto en el texto constitucional.

El sistema de competencias que fija la CPEUM se sustenta básicamente en la delimitación de responsabilidades: confiere al Congreso de la Unión la facultad para legislar en determinadas materias y en aquellas que la misma Constitución reserva a los Poderes de la Unión.

En el Capítulo I de la CPEUM, de los Derechos Humanos y sus Garantías, encontramos diversas disposiciones relativas al ambiente sano, al desarrollo sustentable y a la preservación del equilibrio ecológico. Éstas constituyen los derechos fundamentales de las personas que se encuentran en el país, lo que implica una obligación correlativa a cargo del Estado regida por cuatro niveles: respeto, garantía, protección y promoción de dichos derechos.

El artículo 4° Constitucional consagra el derecho fundamental de todas las personas a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, dispone, además, que el Estado garantizará el respeto a este derecho.

Por su parte el artículo 25 establece la responsabilidad del Estado de garantizar que el desarrollo nacional sea integral y sustentable.

El párrafo tercero del artículo 27 de la CPEUM, establece el derecho de la Nación de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y mejorar las condiciones de vida de la población rural y urbana.

En consecuencia, por lo dispuesto en el mismo texto constitucional, se dictarán las medidas necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico, para evitar la destrucción de los elementos naturales entre otros objetivos.

6.2 Concurrencia en materia ambiental

En el caso que nos ocupa, si bien la CPEUM no contiene disposición alguna relativa a la calidad del aire ni a la prevención y control de la contaminación atmosférica, si prevé diversos preceptos referentes a la protección del ambiente y a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, tanto en al capítulo relativo a los derechos humanos y su garantía como en las facultades del Congreso de la Unión, además le confiere a estas materias la calidad de concurrentes.

La concurrencia implica que sea la federación, a través del Congreso de la Unión, la que regule una materia y que las entidades federativas, así como los municipios, participen en su aplicación en los respectivos ámbitos que les compete, ajustándose a lo dispuesto por la CPEUM y la legislación federal.

Específicamente el artículo 73, fracción XXIX-G, de la CPEUM, otorga al Congreso de la Unión, la facultad para expedir leyes que se establezcan en la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios (en el ámbito de sus respectivas competencias) en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Bajo este marco, la protección al ambiente así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico son definidas como materias concurrentes y la responsabilidad de los diferentes niveles de gobierno queda sujeta al sistema de competencias que establece la misma Constitución.

6.3 Competencias en materia de contaminación a la atmósfera

En 1988, el Congreso de la Unión expidió la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), vigente, en cumplimiento de la facultad para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico. En sus primeros artículos, la LGEEPA precisó las facultades que corresponden a los diferentes órdenes de gobierno, con relación a las materias previstas en la ley y a la aplicación de los instrumentos que la misma contempla.

La concurrencia en materia de protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico, es una estrategia de vinculación y complementariedad. Con esta base, la regulación de los instrumentos de política ambiental que establece la LGEEPA y su aplicación, es una responsabilidad de los tres órdenes de Gobierno en sus respectivos ámbitos de competencia, de tal manera que la concurrencia no es el resultado de la negociación o del acuerdo, sino del cumplimiento de las responsabilidades atribuidas a cada uno de ellos. En este sentido, en materia de contaminación a la atmósfera, la LGEEPA no se limita a establecer la concurrencia, sino que distribuye competencias.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 5°, fracción XII, de la LGEEPA, corresponde a la federación la regulación de la contaminación a la atmósfera proveniente de todo tipo de fuentes emisoras, así como la prevención y el control en zonas determinadas, fuentes fijas y móviles de jurisdicción federal.

6.4 Marco Legal Federal en materia de contaminación atmosférica

De la revisión al marco legal federal, en relación a las disposiciones relativas a la contaminación atmosférica, se deriva información importante para proponer las adecuaciones normativas e institucionales que permitan dotar, al gobierno del Estado de Tlaxcala, de una base jurídica congruente con la ley federal con el fin de sustentar adecuadamente la formulación y operación de su Programa Estatal de Calidad del Aire (ProAire Tlaxcala).

En esa medida los estados y municipios, en el diseño de las políticas y elaboración de sus propios ordenamientos normativos, han reproducido los instrumentos, mecanismos y procedimientos

previstos en la LGEEPA referentes a la calidad del aire y a la prevención y control de la contaminación atmosférica:

- El Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales;
- El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC);
- Las normas oficiales mexicanas, y diversos dispositivos relacionados con el monitoreo atmosférico, y
- La prevención y control de la contaminación atmosférica.

El objetivo del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales es el de registrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental nacional. En dicho sistema, la Secretaría integra, entre otros aspectos, información relativa a los mecanismos y resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del aire, del agua y del suelo. Es pertinente señalar que, conforme a lo dispuesto en la misma LGEEPA, la federación, los estados y los municipios, deben integrar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia.

Atribuye a estados y municipios la responsabilidad de establecer y operar, con el apoyo técnico, de la SEMARNAT, sistemas de monitoreo de la calidad del aire, así como la obligación de enviar a la Secretaría los reportes locales del monitoreo atmosférico, a fin de que aquella los integre al Sistema Nacional de Información Ambiental, y establece que tanto a estados como a municipios les corresponde vigilar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la federación relativas a la prevención y control de la contaminación atmosférica.

6.5 Marco legal en entidades federativas

Este último, por ser un referente en la materia a nivel nacional, ya que operó el primer programa relacionado (Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica, un compromiso común, 1990) en cuanto a gestión de la contaminación atmosférica a nivel local y que ha sido el principal referente a nivel nacional en la materia (tabla 6.1 y 6. 2)[36].

Tabla 6.1 *Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica para los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala así como para el Distrito Federal.*

	RETC	Prevención y control de la contaminación de la atmósfera	Sistema Estatal de Información Ambiental	Monitoreo de la calidad de aire
LGEEPA	Artículo 109 BIS.	Artículos 5, fracción XII, 7, fracción III, 8, fracción III, 110 a 116.	Artículos 159 BIS a 159 BIS 6.	Artículos 111, fracción VII, 112, fracción VI, y 159 BIS.
Distrito Federal	Artículos 9, fracción XXXVIII, 61 bis 1, fracción IX, y 127.	Artículos 123, 126, 127, 131 a 150.	Artículo 76.	Artículos 9, fracción XXXIX, 76, y 133, fracción VI.
Hidalgo	Artículos 48, fracción IX, 102, y de 160 a 166.	Artículos 6, fracción V, 105, y 107.	Artículos 9, fracción IX, y 56 a 61.	Artículos 58, fracción VII, y 108.

[36] *Información actualizada a octubre de 2012.*

México	Artículos 2.8., fracción XXIX, y 2.17.	Artículos 2.8., fracciones XIV, XXVIII, 2.9., fracciones XIII, XVIII, XX, y del 2.140 al 2.152.	Artículos 2.8., fracción XXIX, y 2.16.	Artículos 2.149., fracción VI, y 2.197.,
Puebla	Artículos 4, fracción XLIV bis, 6, fracciones VI, XIII Bis, XIII, Ter, y 111 Bis a 111 Nonies.	Artículos 2, fracción III, 33, fracción VI, 34, 108, y del 112 a 125.	Artículos 5, fracción XVI, 111 Septies, y 158.	Artículos 114 y 150.
Tlaxcala	-	Artículos 5, fracción XIX, 7, fracción XX, y del 23 al 29.	-	Artículo 23.

Fuente: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Tabla 6.2 *Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica para los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala así como para el Distrito Federal.*

	Cambio climático	Programa calidad del aire	Verificación de emisiones fuentes móviles	Incentivos económicos y/o fiscales
LGEEPA	Artículos 2, fracción V, 3, fracción V Bis, 5, fracción XXI, 7, fracción XXI, 8, fracción XVI, y 41.	Artículos 111, fracción V, XII, y 112, fracción XI.	Artículos 7, fracción III, y 8, fracción III.	Artículos 21 y 22.
Distrito Federal	Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal	Artículos 133, fracción II.	Artículos 133, fracción XVII, 139 a 149, y del 191 a 199.	Artículos 62, 71 Bis, 71 Bis 1, 72, y 72 Bis.
Hidalgo	Artículo 9, fracción XIII, 62 Bis, 62 Ter y 62 Quater.	Artículo 150.	Artículos 4, fracciones VIII, LVIII, 105, 110, 111, y de 113 a 118.	Artículos 9, fracción III, y del 24 al 25 Bis.
México	Ley de Cambio Climático del Estado de México	Artículo 2.149., fracción XV.	Artículos 2.8, fracción XXVIII, 2.9., fracciones IV, XIII, XV, XVII, 2.146., fracciones II, III, 2.147., 2.149., fracciones VII, VIII, 2.198., fracción II., 2.199., fracción I, y 2.200.	Artículos del 2.55 al 2.59.
Puebla	Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla	Artículos 122, fracción II, 118, y 119.	Artículos 5, fracción VIII, 119 a 125, 153, fracción II, y 176, fracción III.	Artículos 31 .a 36.
Tlaxcala	-	-	Artículos 5, fracción XIX, 7, fracción IX, XX, 27, 28.	Artículo 14.

Fuente: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Como puede observarse, con excepción de la ley ambiental del Tlaxcala, las leyes que se revisaron cuentan con disposiciones relativas al registro de emisiones y transferencia de contaminantes, al sistema de información ambiental, al monitoreo de la calidad del aire y al programa de calidad del aire. Además la ley ambiental de Tlaxcala no hace referencia al cambio climático.

6.6 Marco jurídico del Estado de Tlaxcala

Si bien la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala establece el derecho de toda persona a gozar de un medio ambiente saludable, así como el deber de las autoridades de protegerlo, preservarlo, restaurarlo y mejorarlo, no se faculta de manera específica al Congreso del Estado para legislar en la materia. Y con relación al tema que nos ocupa, es importante precisar que en la Constitución del Estado no se hace referencia alguna a la prevención y control de la contaminación atmosférica ni a la calidad del aire.

De la misma manera, la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Tlaxcala, no alude al tema ambiental, pues no prevé la existencia de una dependencia con facultades en materia de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente o prevención y control de la contaminación. Sin embargo, la LEPAET crea la Coordinación General de Ecología del Estado, que cuenta con facultades para expedir los criterios y normas técnicas estatales, para la preservación y restauración de la calidad ambiental, llevar a cabo las acciones que sean necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y mantener la vigilancia permanente de las fuentes emisoras, de contaminantes del ambiente en el Estado y dictar medidas para prevenir y controlar la contaminación ambiental, entre otros.

Aunque, es deseable la creación de una Secretaría de estado que esté a cargo de la materia ambiental. Siendo la norma jurídica la expresión formal de las políticas públicas y un requisito *sine qua non* para sustentar la actuación de las instituciones públicas, la falta de disposiciones constitucionales.

Asimismo, en la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala encontramos algunos vacíos importantes con relación al marco jurídico federal: no están regulados el registro de emisión y transferencia de contaminantes (RETC) ni el sistema de información ambiental, ni cuenta con disposiciones relativas a cambio climático y al programa de calidad del aire (tabla 6.3).

En el caso del RETC, aunque no existen dispositivos específicos, la ley estatal contempla algunos mecanismos de regulación al imponer, a las personas físicas o morales que tengan fuentes emisoras de contaminantes que rebasen los límites permisibles, lo siguiente:

a) La obligación de instalar equipos o sistemas de control de emisiones,
b) Realizar la medición periódica de sus emisiones a la atmósfera e informarlo a la autoridad competente,
c) Permitir y facilitar a la autoridad competente la verificación de la medición de las emisiones de contaminantes a la atmósfera y
d) Proporcionar la información que la autoridad requiera (Artículo 26).

Destaca el hecho de que la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala, en su artículo 7°, faculta a la Coordinación General de Ecología para Establecer medidas para limitar, por motivos de protección al ambiente, la circulación de vehículos automotores que transiten por el territorio del Estado; así como impedir la de aquellos cuyas emisiones contaminantes rebasen los límites permitidos, conforme a los criterios y normas técnicas dictadas al respecto, así como para modificar en su caso, los horarios de los vehículos de los transportes de carga y pasaje para mantener la calidad del ambiente, atribuciones que conforme a lo dispuesto en la LGEEPA corresponden a los municipios.

En el caso de Tlaxcala, la intervención del Estado para prevenir y controlar las emisiones provenientes de las fuentes móviles, obedece, entre otras causas, a la falta de capacidades y recursos por parte de los ayuntamientos. Sin embargo, sería pertinente que los municipios participasen con la Coordinación General de Ecología tanto en la formulación del programa de verificación vehicular como en su operación.

Tabla 6.3 *Instrumentos, mecanismos y procedimientos regulados por la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala, en relación a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera.*

RETC	Previsión y control de la contaminación de la atmósfera	Sistema Estatal de Información Ambiental (Atmósfera)	Monitoreo de la calidad de aire
Artículo 26.	Artículos 5, fracción XIX, 7, fracción XX, y del 23 al 29.	-	Artículo 23.
Cambio climático	**Programa calidad del aire**	**Verificación de emisiones fuentes móviles**	**Instrumentos económicos**
-	-	Artículo 5, fracción XIX, 7, fracción IX, XX, 27, 28.	Artículo 14.

Fuente: *Ley de Ecología y de protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala.*

No obstante el vacío constitucional y legal, el Congreso del Estado ha legislado en materia ambiental, lo que ha permitido integrar principios, instrumentos, procedimientos y mecanismos de gestión. Al efecto la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala, creó la Coordinación General de Ecología del Estado como enlace institucional entre las dependencias de los gobiernos federal, estatal y municipal y los sectores de la sociedad civil.

Asimismo, en la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala existen disposiciones relativas a la prevención y control de la contaminación a la atmósfera originada por ruido, humos, polvos, vapores y gases, que puedan dañar al ambiente o la salud de seres humanos, animales o plantas, así como al establecimiento del sistema de medición y evaluación de la calidad del aire, y el inventario de fuentes fijas (Artículo 23).

La Ley también establece que en materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, la Coordinación General de Ecología establecerá medidas correctivas y preventivas para reducir las emisiones contaminantes, aplicará los criterios y normas técnicas para la protección a la atmósfera, y requerirá, en su caso, la instalación de equipos o sistemas de control de emisiones contaminantes (Artículo 25).

Sin embargo, falta precisar el alcance de dichas disposiciones, así como los procedimientos y mecanismos de aplicación.

Por otra parte, cabe destacar la estrecha vinculación que existe entre ambiente y salud, particularmente en materia de calidad del aire y contaminación atmosférica, lo que debe traducirse en estrategias de coordinación entre las autoridades de dichos sectores, a efecto de que la colaboración y el intercambio de información les permita actuar con mayor pertinencia y eficacia en la atención de los problemas que atienden (tabla 6.4).

La interrelación es de tal importancia, que la Ley de Salud del Estado de Tlaxcala establece como uno de sus objetivos, apoyar el mejoramiento de las condiciones sanitarias del medio ambiente del Estado, que propicien el desarrollo satisfactorio de la vida, y establece como uno de los servicios básicos de salud, la educación para el mejoramiento de las condiciones sanitarias del ambiente.

Incluso, la Ley de Salud contiene un capítulo relativo a Ambientes Saludables, y define "*ambiente saludable*" como el medio conformado por el conjunto de ecosistemas en el que interactúa el ser humano, así como por las condiciones físicas, psicológicas y sociales que lo rodean e influyen en el mejoramiento de sus condiciones de salud (Artículo 149).

La misma Ley atribuye tanto al Gobierno del Estado como a los gobiernos municipales la responsabilidad de crear, mejorar y mantener los ambientes saludables, y confiere específicamente a la Secretaría de Salud la responsabilidad de las medidas pertinentes, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños derivados de las condiciones del ambiente. Por su parte, la ley ambiental del estado establece en algunas de sus disposiciones que tanto en la aplicación de los instrumentos de política ambiental, como en la prevención y control de la contaminación, además de garantizar la integridad y el equilibrio de los ecosistemas y la salud y el bienestar de la población, se pretende prevenir tanto el daño ambiental, como el daño a la salud pública.

Tabla 6.4 *Disposiciones que vinculan el quehacer institucional de los sectores salud y ambiente del Estado de Tlaxcala.*

Salud y Ambiente	
Ley Estatal de Salud	**Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala**
Artículo 7.- El Sistema Estatal de Salud tiene los siguientes objetivos: V.- Apoyar el mejoramiento de las condiciones sanitarias del medio ambiente del Estado, que propicien el desarrollo satisfactorio de la vida; Artículo 46.- Para los efectos del derecho a la protección de la salud, se consideran servicios básicos de salud los referentes a: I.- Educación para la salud, la promoción del saneamiento básico y el mejoramiento de las condiciones sanitarias del ambiente; **Artículo 149.-** Para los efectos de esta Ley, se entiende por ambiente saludable el medio ambiente conformado por el conjunto de ecosistemas en el que interactúa el ser humano, así como por las condiciones físicas, psicológicas y sociales que lo rodean e influyen en el mejoramiento de sus condiciones de salud. **Artículo 150.-** La creación, mejora y mantenimiento de ambientes saludables se desarrollará fundamentalmente por los Gobiernos Estatal y Municipal, con la asesoría de Salud de Tlaxcala...	**Artículo 14.-...** El Estado y los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, diseñaran, desarrollaran y aplicaran Instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental, y mediante los cuales se buscará: IV.- Procurar su utilización conjunta con otros instrumentos de política ambiental, en especial cuando se trata de observar umbrales o limites en la utilización de ecosistemas, de tal manera que se garantice su integridad y equilibro, la salud y el bienestar de la población. **Artículo 23.-** El Ejecutivo Estatal, a través de la Coordinación y con la intervención de las Dependencias correspondientes, establecerá y aplicará medidas de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, originada por ruido, humos, polvos, vapores y gases, que puedan dañar al ambiente o la salud de seres humanos, animales o plantas, asimismo establecerá el sistema de medición y evaluación de la calidad del aire, así como el inventario de las fuentes fijas sin menoscabo de las facultades de las demás autoridades en la materia.

Artículo 151.- Corresponde a Salud de Tlaxcala: I.- Tomar las medidas pertinentes, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños derivados de las condiciones del ambiente; II.- Desarrollar investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que para la salud de la población origine la contaminación del ambiente;	**Artículo 34.-** En el manejo y disposición de los residuos sólidos no peligrosos se deberán prevenir: IV.- Los riesgos de daño a la salud pública, flora y fauna.

Fuente: *Ley Estatal de Salud (Tlaxcala) y Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala.*

6.7 Propuesta de reformas al marco jurídico del Estado de Tlaxcala

El marco jurídico estatal relativo a la contaminación atmosférica y la calidad del aire del Estado de Tlaxcala, tiene vacíos e inconsistencias importantes. La Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala no se ha actualizado desde el 13 de diciembre de 2005, año en que se reformó para insertar dispositivos relativos a las facultades del titular del ejecutivo y de la Coordinación General de Ecología en materia de residuos sólidos y la reforma anterior data del año 2000.

En tal virtud, es necesaria su revisión con el objeto de hacer las modificaciones que permitan armonizarla con la legislación federal y con ello lograr una actuación intergubernamental concurrente, coordinada y efectiva. Asimismo, la necesidad de formular el nuevo Programa de Calidad del Aire del Estado, motiva su revisión y la realización de reformas y adiciones que le permitan sustentar mejor y fortalecer la actuación del gobierno estatal en la materia.

De la revisión a la legislación federal y a las leyes ambientales estatales, en materia de contaminación atmosférica y calidad del aire, en un análisis comparativo con la legislación vigente en el Estado de Tlaxcala, pudieron observarse algunos vacíos o inconsistencias que pueden limitar la actuación gubernamental.

6.7.1 Reforma constitucional

Conforme al sistema de competencias que la misma Constitución establece, corresponde a los estados legislar en aquellas materias que la CPEUM no reservó expresamente al Congreso o a los Poderes de la Unión.

En este sentido, el artículo 54 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, otorga al Congreso del Estado las facultades para expedir las leyes necesarias para la mejor administración y gobierno interior del Estado, así como aquéllas cuyos ámbitos de aplicación no sean de la competencia expresa de funcionarios federales, así como para legislar en aquellas materias en que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos prevea facultades que puedan ser ejercidas tanto por las autoridades federales como estatales, como es el caso de la concurrencia en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

No obstante, conforme a lo dispuesto tanto en la CPEUM como en la Constitución Estatal, el requisito formal para que los congresos puedan legislar sobre determinada materia, es que la facultad para hacerlo esté expresamente conferida en el texto constitucional o bien que se trate de facultades otorgadas a los poderes que constituye y regula la misma constitución.

Por lo anterior, para que la legislatura estatal pueda expedir leyes en materia de cambio climático, contaminación atmosférica y calidad del aire, dicha facultad debe estar expresamente otorgada al Congreso del Estado o bien tratarse de facultades que la misma Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala otorguen a alguno de sus poderes.

El caso es que en la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, no están contempladas estas facultades, aun cuando ya se han expedido leyes que regulan algunas de estas materias, razón por la cual se propone la reforma que permita formalizar la base constitucional requerida para ello (tabla 6.5).

Tabla 6.5 *Propuesta de reformas a la constitución en materia de contaminación a la atmósfera y cambio climático.*

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala	
Texto Vigente	**Propuesta de Reforma**
ARTÍCULO 26. Se garantizan como derechos sociales y de solidaridad los siguientes: *V. Toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente saludable. La ley determinará las medidas que deberán llevar a cabo las autoridades para protegerlo, preservarlo, restaurarlo y mejorarlo;* *ARTÍCULO 54. Son facultades del Congreso:* *LII. Legislar, entre otras materias, en el ámbito de su competencia, sobre educación, seguridad y salud pública, asentamientos humanos, derechos y cultura indígenas, aprovechamiento de recursos naturales, fomento agropecuario y forestal, pesquero, industrial, turístico, comercial y minero;* *ARTÍCULO 100. Los planes de desarrollo estatal como los municipales, se orientarán para lograr el equilibrio socioeconómico de las comunidades del Estado; atenderán prioritariamente las zonas marginadas y establecerán la forma de aprovechar sus recursos, infraestructura y organización a través de la participación comunitaria.* *ARTÍCULO 54. Son facultades del Congreso:* *LII. Legislar, entre otras materias, en el ámbito de su competencia, sobre educación, seguridad y salud pública, asentamientos humanos, derechos y cultura indígena, preservación y restauración del equilibrio ecológico, protección al ambiente, cambio climático, aprovechamiento de recursos naturales, fomento agropecuario y forestal, pesquero, industrial, turístico, comercial y minero.*	*ARTÍCULO 26. Se garantizan como derechos sociales y de solidaridad los siguientes:* *V. Toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Congreso del estado expedirá la Ley que determine las medidas que deberán llevar a cabo las autoridades estatales y municipales para protegerlo, preservarlo, restaurarlo y mejorarlo;* *El Ejecutivo del estado y los municipios promoverán, en sus respectivas competencias, la mejoría de la calidad de vida, la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. Al efecto se dictarán las leyes y disposiciones necesarias para lograr el desarrollo integral y sustentable de la entidad, prevenir y controlar la contaminación del suelo, la atmósfera y las aguas; la reparación del daño ambiental; preservar los ecosistemas; conservar el patrimonio natural estableciendo adecuadas provisiones, usos y reservas territoriales, así como para implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.* *ARTÍCULO 100. Los planes de desarrollo estatal como los municipales, se orientarán para lograr el desarrollo integral y sustentable, y el equilibrio socioeconómico de las comunidades del Estado; atenderán prioritariamente las zonas marginadas y establecerán la forma de aprovechar sus recursos, infraestructura y organización a través de la participación comunitaria, y la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.*

Fuente: *Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala.*

6.7.2 Reformas legales

Las facultades que la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala confiere al Poder Ejecutivo Estatal, cuyo ejercicio está depositado en la persona del gobernador, se encuentran reglamentadas en la Ley Orgánica de la Administración Pública del Gobierno del Estado de Tlaxcala (LOAPET). Dicha ley establece las bases para la organización y el funcionamiento de la administración pública estatal, centralizada y descentralizada.

Conforme a lo dispuesto en esa Ley, el ejercicio del Poder Ejecutivo corresponde al Gobernador del Estado, con las atribuciones, funciones y obligaciones que le señalan tanto la CPEUM, como la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala y las leyes vigentes en el Estado, y para el estudio, planeación y despacho de los asuntos del orden administrativo del Estado, el Poder Ejecutivo distribuirá sus facultades entre las Dependencias de la administración pública centralizada.

No obstante lo anterior, la LOAPET no prevé la existencia de una dependencia de la administración pública centralizada con atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico, la protección al ambiente, y la prevención y control de la contaminación. Por lo expuesto y considerando la importancia de las responsabilidades que en materia ambiental corresponden al Estado, y atendiendo también al hecho de que el cambio climático se ha constituido en la base de una agenda prioritaria en el diseño y aplicación de políticas públicas ambientales, es necesario que se incluyan en el texto de la LOAPET, las disposiciones correspondientes a efecto de dotar de facultades al Ejecutivo del Estado en esas materias, y crear una dependencia pública centralizada responsable de su despacho.

Las reformas a la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala y a la LOAPET, permitirán contar con una plataforma normativa sólida para desarrollar en las leyes reglamentarias del texto constitucional, las previsiones, regulaciones y procedimientos que propicien el adecuado funcionamiento de los instrumentos de política ambiental y mejoren la actuación gubernamental particularmente en materia de contaminación atmosférica y calidad del aire.

Asimismo, con el objeto de mejorar y lograr una mayor eficiencia en la actuación de las autoridades ambientales estatales, debe revisarse la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala a fin de realizar las adecuaciones que se requieren en cuanto a la aplicación de los instrumentos de política ambiental y los mecanismos y procedimientos relativos a la prevención y control de la contaminación atmosférica y la calidad del aire.

De efectuarse esta reforma, será necesario incorporar a la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala, la base normativa relativa al registro de emisión y transferencia de contaminantes (RETC), al sistema de información ambiental, al monitoreo de la calidad del aire y a la licencia ambiental estatal (tabla 6.6).

Destaca el hecho de que la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala no regula de manera específica la licencia ambiental estatal, que es uno de los instrumentos regulatorios previstos en la LGEEPA, que además es de gran utilidad para controlar las emisiones de contaminantes, por lo que su inclusión y el establecimiento de las normas básicas para su aplicación, es indispensable para lograr una mayor eficiencia institucional (tabla 6.6).

La planeación y desarrollo urbano deben darse con base en criterios de desarrollo sustentable y protección del ambiente, en particular asociados con la calidad del aire, por lo cual el ordenamiento ecológico territorial local y los programas de desarrollo urbano deben contemplar mecanismos de regulación y designación de zonas industriales, estrategias relativas a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera sus impactos en la salud y en los ecosistemas, así como esquemas de vialidad y de movilidad urbana que privilegien un adecuado sistema de transporte público (Tabla 6.6).

Asimismo, con el propósito de que los sistemas de monitoreo atmosférico generen mayor confianza y certidumbre, deben formalizarse esquemas de colaboración con instituciones de investigación.

Adicionalmente para que las reformas que se proponen sean integrales, debe revisarse la Ley Estatal de Salud para incluir los dispositivos que permitan prevenir, dar seguimiento y controlar los impactos a la salud provocados por la contaminación atmosférica y los efectos del cambio climático.

Finalmente, es importante reformar el marco jurídico ambiental estatal, con el objeto de incorporar el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala, como instrumento rector de dicha política y que motiva el presente estudio (tabla 6. 6).

Tabla 6.6 *Propuesta de reformas a la ley de ecología y de protección al medio ambiente del Estado de Tlaxcala para incluir las bases del ProAire y para incluir los instrumentos de política ambiental y los mecanismos y procedimientos relativos a la prevención y control de la contaminación del aire.*

Ley de Ecología y Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala	
Texto Vigente	**Propuesta de Reforma**
ARTÍCULO 1.- La presente ley, es de orden público e interés social y considera causas de utilidad pública, la protección, preservación y restauración del ambiente, así como la conservación y el aprovechamiento racional de los elementos naturales y, tiene por objeto: I. a V.- ... VI.- Establecer las normas para la prevención y restauración de la calidad ambiental en materia de jurisdicción local. VII.- ... ARTÍCULO 4.- Corresponde al Gobernador del Estado: I.- Formular, conducir y evaluar la política ambiental del Estado, acorde al Plan Estatal de Desarrollo y a los programas sectoriales. II.- a VIII.- ... ARTÍCULO 5.- Son facultades y obligaciones de los Presidentes Municipales dentro de sus respectivas jurisdicciones:	ARTÍCULO 1.- La presente ley, es de orden público e interés social y considera causas de utilidad pública, la protección, preservación y restauración del ambiente, así como la conservación y el aprovechamiento racional de los elementos naturales y, tiene por objeto: I. a V.- ... VI.- Establecer las bases normativas para la protección del ambiente y la prevención y restauración del equilibrio ecológico, así como para la formulación y expedición de los programas para la gestión de la calidad ambiental en las materias de jurisdicción estatal. VII.- ... ARTÍCULO 4.- Corresponde al Gobernador, a través de la Coordinación o entidad que se determine por ley: I.- Formular, conducir y evaluar la política ambiental del Estado, acorde al Plan Estatal de Desarrollo y a los programas sectoriales, así como a lo dispuesto en el Programa Estatal de Cambio Climático, y en el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala;

I.- y II.- ...	I. BIS.- Expedir el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado;
III.- Participar en apoyo a la Coordinación General de Ecología en la vigilancia de las actividades de exploración, explotación y aprovechamiento de los recursos naturales.	II.- a VIII.- ...
IV.- a XIX.- ...	ARTÍCULO 5.- Son facultades y obligaciones de los municipios dentro de sus respectivas jurisdicciones:
XX.- Las demás que señalen otras disposiciones legales en la materia.	I.- y II.- ...
ARTÍCULO 7.- Son facultades y obligaciones de la Coordinación General de Ecología del Estado:	III.- Participar en apoyo a la Coordinación General de Ecología en la vigilancia de las actividades de exploración, explotación y aprovechamiento de los recursos naturales, así como en lo dispuesto en el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado.
I.- a VI.- ...	IV.- a XIX.- ...
VII.- Establecer sistemas de verificación ambiental.	XIX BIS.- Integrar y operar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia. Asi como establecer, de manera obligatoria, la integración de inventarios de emisiones GEI y contaminantes criterio.
VIII.- ...	XX.- Las demás que señalen otras disposiciones legales en la materia.
IX.- Establecer medidas para limitar, por motivos de protección al ambiente, la circulación de vehículos automotores que transiten por el territorio del estado; así como impedir la de aquellos cuyas emisiones contaminantes rebasen los límites permitidos, conforme a los criterios y normas técnicas dictadas al respecto y, para modificar en su caso, los horarios de los vehículos de los transportes de carga y pasaje para mantener la calidad del ambiente.	ARTÍCULO 7.- Son facultades y obligaciones de la Coordinación General de Ecología del Estado:
X.- a XII.- ...	I.- a VI.- ...
XIII.- Aplicar la normatividad para el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.	VII.- Establecer sistemas de verificación ambiental, en materia de emisiones contaminantes a la atmósfera, con la participación de los municipios conforme a sus respectivos ámbitos de competencia;
XIV.- a XXIII.- ...	VIII.- ...
XXIV.- ...	IX.- Establecer en coordinación con los municipios, medidas para limitar, por motivos de protección al ambiente, la circulación de vehículos automotores que transiten por el territorio del estado; así como impedir la de aquellos cuyas emisiones contaminantes rebasen los límites permitidos, conforme a los criterios y normas técnicas dictadas al respecto y, para modificar en su caso, los horarios de los vehículos de los transportes de carga y pasaje para mantener la calidad del ambiente.
XXV.- Regular los sistemas de recolección, transporte, transformación,, almacenamiento, manejo, reúso y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no están considerados como peligrosos.	X.- a XII.- ...
XXVI.- ...	XIII.- Emitir y aplicar la normatividad para el manejo y disposición final de los residuos de manejo especial;
XVII.- Las demás que señalen otras disposiciones legales.	XIV.- a XXIII.- ...
ARTÍCULO 21.- Los criterios y normas técnicas ambiéntales expedidas por la autoridad competente, determinarán los requisitos y los parámetros nocivos, para asegurar la protección al ambiente, la conservación y el aprovechamiento racional de los elementos naturales, así como las estrategias y lineamientos del Ordenamiento Ecológico General del Estado que se detallan a continuación:	

I.- y II.- ...	XXIII BIS.- Formular y proponer al Gobernador del Estado, para su expedición, el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado;
III.- En la formulación de los programas de ordenamiento ecológico se deberán considerar los siguientes criterios:	XXIV.- ...
a) a c) ...	XXV.- Regular los sistemas de recolección, transporte, transformación, almacenamiento, manejo, reúso y disposición final de los residuos sólidos de manejo especial;
d) El equilibrio que debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales; y	XXVI.- ...
e) El impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, vías de comunicación y demás obras o actividades.	XXVI BIS.- Integrar y operar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia;
IV.- a VII.- ...	XXVI TER.- Integrar y operar el Sistema Estatal de Información Ambiental
VIII.- Los procedimientos bajo los cuales serán elaborados, aprobados, expedidos, evaluados y modificados los programas de ordenamiento ecológico municipal y regional serán determinados con forme a las siguientes bases:	XXVI QUATER.- Expedir las licencias ambientales estatales, a los responsables de fuentes fijas de contaminación a la atmósfera de jurisdicción estatal, y
a) Congruencia entre los programas de ordenamiento ecológico general del territorio estatal;	XXVII.- Las demás que señalen otras disposiciones legales.
b) y c) ...	ARTÍCULO 21.- Los criterios y normas técnicas ambiéntales expedidas por la Coordinación o entidad que se establece por ley, determinará los requisitos y los parámetros nocivos, para asegurar la protección al ambiente, la conservación y el aprovechamiento racional de los elementos naturales, así como las estrategias y lineamientos del Ordenamiento Ecológico General del Estado que se detallan a continuación:
d) Cuando un Programa de Ordenamiento Ecológico incluya un área natural protegida de competencia Federal, o parte de ella, el programa será elaborado y aprobado en forma conjunta por la Secretaría, el Gobierno del Estado y los Municipios, según corresponda;	I.- y II.- ...
e) Los programas de ordenamiento ecológico regularán los usos del suelo, incluyendo a ejidos, comunidades y pequeñas propiedades, expresando las motivaciones que lo justifiquen; y	III.- En la formulación de los programas de ordenamiento ecológico se deberán considerar los siguientes criterios:
f) ...	a) a c) ...
IX.- a XII.- ...	d) El equilibrio que debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales;
ARTÍCULO 22.- El Ejecutivo del Estado por conducto de la Coordinación y la Secretaría de Educación Pública; así como los Ayuntamientos a través de sus Comisiones Municipales de Ecología, en el ámbito de sus competencias, deberán realizar las siguientes acciones de mejoramiento y protección al ambiente:	e) El impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, vías de comunicación y demás obras o actividades, y
I.- ...	f) La prevención de la contaminación de la atmósfera y sus impactos en la salud y en los ecosistemas, mediante el establecimiento de mecanismos de regulación y designación de zonas industriales, así como esquemas de vialidad y de movilidad urbana que
II.- Fomentar la investigación científica y promover programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos para proteger los ecosistemas.	

III.- a VI.- ...	privilegien un adecuado sistema de transporte público.
VII- Cualquiera otra acción orientada hacia el mejoramiento del ambiente.	IV.- a VII.- ...
TITULO CUARTO PROTECCION AL AMBIENTE	VIII.- Los procedimientos bajo los cuales serán elaborados, aprobados, expedidos, evaluados y modificados los programas de ordenamiento ecológico municipal y regional serán determinados con forme a las siguientes bases:
CAPÍTULO I PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA	a) Congruencia con el programa de ordenamiento ecológico general del territorio;
ARTÍCULO 23.- El Ejecutivo Estatal, a través de la Coordinación y con la intervención de las Dependencias correspondientes, establecerá y aplicará medidas de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, originada por ruido, humos, polvos, vapores y gases, que puedan dañar al ambiente o la salud de seres humanos, animales o plantas, asimismo establecerá el sistema de medición y evaluación de la calidad del aire, así como el inventario de las fuentes fijas sin menoscabo de las facultades de las demás autoridades en la materia.	b) y c) ...
	d) Cuando un Programa de Ordenamiento Ecológico incluya un área natural protegida de competencia federal, estatal o municipal, o parte de ella, el programa será elaborado y aprobado con la participación de las autoridades competentes de los órdenes de gobierno correspondientes;
ARTÍCULO 25.- En materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera producida por la industria y prestadores de servicios, la Coordinación:	e) Los programas de ordenamiento ecológico regularán los usos del suelo, incluyendo a ejidos, comunidades y pequeñas propiedades, expresando las motivaciones que lo justifiquen, y respetando lo dispuesto en los ordenamientos territoriales comunitarios vigentes, aprobados por las respectivas asambleas e inscritos en el Registro Agrario Nacional; y
I.- Establecerá medidas correctivas y preventivas para reducir las emisiones contaminantes de la atmósfera.	f) ...
II.- Aplicar los criterios y normas técnicas para la protección a la atmósfera.	IX.- a XII.- ...
III.- Requerir, en su caso, la instalación de equipos o sistemas de control de emisiones contaminantes.	ARTÍCULO 22.- El Ejecutivo del Estado por conducto de la Coordinación y la Secretaría de Educación Pública; así como los Ayuntamientos a través de sus Comisiones Municipales de Ecología, en el ámbito de sus competencias, deberán realizar las siguientes acciones de mejoramiento y protección al ambiente:
ARTÍCULO 26.- Las personas físicas o morales que tengan fuentes emisoras de contaminantes que rebasen los límites permisibles, tendrán la obligación de:	II.- Fomentar la investigación científica y promover programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos para proteger los ecosistemas, prevenir, controlar y abatir la contaminación, así como determinar la vulnerabilidad y las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.
I.- Instalar equipos o sistemas de control de emisiones.	VI BIS.- La difusión del Programa Estatal de Cambio Climático, y del Programa de Gestión de la Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala, así como de las acciones que se lleven a cabo en su implementación, con el objeto de mantener informada a la población y promover su participación activa y responsable para el logro de sus objetivos;
II.- Realizar la medición periódica de sus emisiones a la atmósfera e informarlo a la autoridad competente.	VII- Cualquiera otra acción orientada hacia el mejoramiento del ambiente.
III.- Permitir y facilitar a la autoridad competente, la verificación de la medición de las emisiones de contaminantes a la atmósfera.	
IV.- Proporcionar la información que la autoridad le requiera.	
ARTÍCULO 27.- En materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera producida por vehículos automotores, la Coordinación, en Forma conjunta con las autoridades competentes de los sectores de salud, transporte y Dirección de Vialidad y Seguridad Pública del Estado:	

I.- a IV.- ... CAPITULO II PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA CAPITULO III PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL SUELO CAPITULO IV PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION VISUAL Y LA GENERADA POR RUIDO, VIBRACIONES, ENERGIA TERMICA Y LUMINICA; VAPORES, GASES Y OLORES. CAPITULO V PREVENCION Y CONTROL DE EMERGENCIAS ECOLOGICAS Y CONTINGENCIAS AMBIENTALES. III.- a VI.- ... VI BIS.- La difusión del Programa Estatal de Cambio Climático, y del Programa de Gestión de la Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala, así como de las acciones que se lleven a cabo en su implementación, con el objeto de mantener informada a la población y promover su participación activa y responsable para el logro de sus objetivos; VII- Cualquiera otra acción orientada hacia el mejoramiento del ambiente. TITULO CUARTO PROTECCION AL AMBIENTE CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES ARTÍCULO 22 BIS.- La Coordinación y los municipios, deberán integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente. Las personas físicas y morales responsables de fuentes contaminantes están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro. La información del registro se integrará con datos desagregados por sustancia y por fuente, anexando nombre y dirección de los establecimientos sujetos a registro. ARTÍCULO 26.- La operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción estatal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, requerirá de una licencia ambiental estatal expedida por la Coordinación.	TITULO CUARTO PROTECCION AL AMBIENTE CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES ARTÍCULO 22 BIS.- La Coordinación y los municipios, deberán integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente. Las personas físicas y morales responsables de fuentes contaminantes están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro. La información del registro se integrará con datos desagregados por sustancia y por fuente, anexando nombre y dirección de los establecimientos sujetos a registro. La información registrada será pública y tendrá efectos declarativos. La Coordinación permitirá el acceso a dicha información en los términos de esta Ley y demás disposiciones jurídicas aplicables y la difundirá de manera proactiva. ARTÍCULO 22 TER.- La Coordinación creará un Sistema Estatal de Información Ambiental que se integrará con los datos y documentos contenidos en los expedientes de las autorizaciones, cédulas de operación anual, reportes, informes, licencias, permisos, concesiones, sanciones, medidas de prevención, remediación y contingencia que en la materia deberán otorgarse, así como por los datos proporcionados por los responsables de las fuentes de contaminación y por los monitoreos llevados a cabo por las autoridades ambientales estatales y municipales. La Coordinación coadyuvará con las autoridades federales competentes en la materia, para que el registro de emisiones y transferencias de contaminantes se integre al Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales, de acuerdo a lo estipulado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. CAPÍTULO II PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA ARTÍCULO 23.- El Ejecutivo Estatal, a través de la Coordinación y con la intervención de las Dependencias correspondientes, establecerá y aplicará medidas de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, originada por ruido, humos, polvos, vapores y gases, que puedan dañar al ambiente o la salud de seres humanos, animales o plantas, asimismo establecerá el sistema de medición

La expedición de licencias ambientales estatales tiene por objeto minimizar el impacto y las posibilidades de daño ambiental que pudiera provocarse con la emisión de contaminantes.

El Reglamento de la presente Ley determinará los subsectores específicos pertenecientes a cada uno de los sectores industriales que competan al Estado, cuyos establecimientos se sujetarán a las disposiciones de la presente Ley, en lo que se refiere a la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Artículo 26 BIS.- Para obtener la licencia ambiental estatal a que se refiere el artículo anterior, los interesados deberán presentar a la Coordinación, solicitud por escrito, en el formato así como con la documentación que establezca el Reglamento de la presente Ley. Una vez recibida tal información, la Coordinación otorgará o negará la licencia ambiental estatal, dentro del plazo de diez días hábiles, contados a partir de la fecha en que se reciba la solicitud debidamente requisitada.

Artículo 26 TER.- De otorgarse la licencia ambiental única estatal, la Coordinación determinará qué acciones deberán desarrollar los responsables de las fuentes fijas, para prevenir, controlar o mitigar la contaminación de la atmósfera, las cuales, en todos los casos, se deberán de especificar en el documento que contenga la licencia y podrán ser algunas de las siguientes:

I. Instalar equipos y sistemas que controlen las emisiones contaminantes a la atmósfera, para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles, conforme a lo que establece el Reglamento de la presente Ley, las normas oficiales mexicanas y las normas técnicas estatales;

ARTÍCULO 27.- En materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera producida por vehículos automotores, la Coordinación, con la participación de los municipios, de las autoridades competentes de los sectores de salud, transporte y de la Dirección de Vialidad y Seguridad Pública del Estado:

I.- a IV.- ...

CAPITULO III
PREVENCION Y CONTROL DE
LA CONTAMINACION DEL AGUA

CAPITULO IV
PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION DEL SUELO

CAPITULO V
PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION VISUAL Y LA GENERADA

y evaluación de la calidad del aire, así como el inventario de las fuentes fijas sin menoscabo de las facultades de las demás autoridades en la materia.

ARTÍCULO 25.- En materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera producida por la industria y los establecimientos comerciales y de servicios, la Coordinación y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias:

I.- Establecerán medidas correctivas y preventivas para reducir las emisiones contaminantes de la atmósfera;

II.- Aplicarán los criterios y normas técnicas para la protección a la atmósfera;

III.- Es obligatoria la instalación de equipos o sistemas de control de emisiones contaminantes, siempre y cuando se rebasen las normas oficiales mexicanas. No obstante estos también pueden instalarse de manera voluntaria.

IV.- Establecerán y operarán, sistemas de monitoreo de la calidad del aire. La Coordinación y los municipios remitirán a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales los reportes del monitoreo atmosférico, a fin de que aquélla los integre al Sistema Nacional de Información Ambiental.

II. Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la unidad administrativa competente y remitirlo a éste con la periodicidad que se establezca;

III. Instalar puntos de monitoreo y muestreo en chimeneas, tiros, ductos y descargas; Únicamente cuando se requiera realizar evaluaciones.

IV. Medir las emisiones de contaminantes a la atmósfera de acuerdo a las normas oficiales mexicanas y normas estatales ambientales, en los períodos que determine la unidad administrativa competente, registrar los resultados en el formato correspondiente y remitir los registros relativos cuando así lo solicite;

V. Efectuar el monitoreo perimetral de las emisiones contaminantes a la atmósfera cuando lo determine la unidad administrativa competente, así como cuando por sus características de operación o por sus materias primas o productos, puedan causar riesgo potencial al ambiente o a la salud de los seres vivos. Por lo que la Coordinación deberá establecer los lineamientos o Norma Técnica correspondiente.

VI. Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y control;

VII. Dar aviso anticipado a la unidad administrativa competente del inicio de la operación de sus procesos,

POR RUIDO, VIBRACIONES, ENERGIA TERMICA Y LUMINICA; VAPORES, GASES Y OLORES. CAPITULO VI PREVENCION Y CONTROL DE EMERGENCIAS ECOLOGICAS Y CONTINGENCIAS AMBIENTALES	en el caso de paros programados, y de inmediato cuando éstos sean circunstanciales, si ellos puedan provocar contaminación; VIII. Avisar de inmediato a la unidad administrativa competente, en el caso de falla del equipo de control para que éstos determinen lo conducente; IX. Establecer las medidas y acciones que deberán efectuarse en caso de contingencia ambientales atmosféricas; X. Elaborar y someter a la consideración de la Coordinación su programa de prevención, minimización, tratamiento, de contaminantes atmosféricos o reciclamiento para el caso de residuos, cuando éste se requiera por la cantidad o naturaleza de los contaminantes o residuos generados, de conformidad con los criterios establecidos en la presente Ley; XI. Las demás que se establezcan en esta Ley, los ordenamientos que de ella se deriven o determinen las autoridades en el ámbito de sus respectivas competencias. Una vez otorgada la licencia ambiental única estatal, el responsable de las emisiones deberá actualizarla anualmente, mediante una cédula de operación que se presentará ante la Coordinación en el periodo y bajo el procedimiento que se determine en el Reglamento de esta Ley.

Fuente: *Ley de ecología y de protección al medio ambiente del Estado de Tlaxcala.*

Conclusión

De la revisión al marco legal e institucional en materia de calidad del aire y prevención y control de la contaminación atmosférica, puede concluirse que el Estado de Tlaxcala requiere de una reforma integral en la materia.

Tanto en la Constitución Política, como en la Ley Orgánica de la Administración Pública y en la Ley de Ecología y Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala, se advierten vacíos e inconsistencias que impiden la implementación adecuada de los instrumentos de política ambiental en el ámbito estatal, particularmente en lo referente a la prevención y control de la contaminación atmosférica y al cuidado de la calidad del aire.

En tal virtud, se hace necesario desarrollar una estrategia que permita dar a conocer ampliamente los resultados del presente estudio, y convocar tanto al sector social como a organizaciones ciudadanas, académicos e investigadores, para elaborar una propuesta consensuada de reformas legales que permitan depurar y fortalecer el marco jurídico e institucional del sector ambiental.

Para lograrlo, esta estrategia debe ser coordinada por el Gobierno del Estado con el objeto de que la convocatoria genere una mayor expectativa, que las autoridades estatales y municipales

asuman el compromiso de llevarla a buen término y que se traduzca en un proceso legislativo formal que corrija el marco jurídico y mejore el arreglo institucional en la materia.

En términos de lo expuesto, el primer paso debe consistir en presentarle al C. Gobernador del Estado, y a los titulares de las dependencias que inciden en el sector, tanto los resultados del presente estudio como las ventajas que podrían obtenerse de llevar a cabo las adecuaciones legislativas y los cambios administrativos planteados, así como los beneficios sociales, ambientales y de salud pública que podrían alcanzarse con ellos.

La integración en la legislación estatal de instrumentos de política que den atribuciones claras y específicas a las autoridades ambientales estatales y municipales, en concordancia con lo previsto en el marco legal federal, permitirá mejorar la gestión de la calidad el aire en el Estado.

Asimismo, con el reconocimiento legal de estos instrumentos, el ProAire Tlaxcala será una política que permitirá una verdadera coordinación entre los distintos órdenes de gobierno, así como sectores sociales relacionados con el tema y con ello se podrá lograr una acción efectiva que garantice el derecho de los habitantes del Estado a un ambiente sano.

El desarrollo de instrumentos económicos será otro de los temas que deberá abordar la actual administración pública estatal, ya que actualmente, salvo el cobro de un derecho por la verificación vehicular, es el único instrumento vigente, que además, no retorna recursos específicos a programas relacionados con la calidad del aire. Los gastos asociados con el monitoreo y en general de la ejecución de un ProAire, podrían ser obtenidos a partir del uso de instrumentos económicos diseñados para tal efecto.

Por último, fortalecer las capacidades de la Coordinación General de Ecología, buscando su homologación a nivel de Secretaría de Estado, podría ayudar a facilitar la implementación de las políticas relacionadas con la calidad el aire.

7

Comunicación y educación de la calidad del aire

7. Comunicación y educación de la calidad del aire

7.1 Fundamentos y principios de comunicación, difusión y educación en materia de calidad del aire

La comunicación y educación en materia de calidad del aire en el Estado de Tlaxcala, es fundamental para la adecuada aplicación de las medidas de prevención y control de la contaminación atmosférica, ya que con ello se hace partícipe a los diferentes sectores sociales. En este sentido, se requieren herramientas y mecanismos que permitan permear y comprometer a los distintos grupos sociales de manera adecuada y oportuna. Ello hace necesario informar las potenciales causas y efectos de la contaminación atmosférica, así como las soluciones viables a escala social.

Cuando abordamos el tema de salud, podemos mencionar que en el ámbito internacional, existen diversas instituciones que facilitan información de la calidad del aire y su incidencia sobre la salud pública. Tal es el caso de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Panamericana de la Salud (OPS), las cuales han desarrollado una biblioteca electrónica ofreciendo publicaciones al respecto. A nivel nacional, se cuenta con la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

A continuación, y con fundamento en lo antes expuesto, se presentan los componentes de la plataforma que dará más adelante pie al desarrollo de un programa de comunicación, difusión y educación de la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala.

Es importante mencionar que se llevó a cabo una consulta pública del ProAire Tlaxcala el 12 de septiembre de 2014 en el Centro Expositor, a la cual asistieron los actores claves de los principales sectores involucrados en el tema de calidad del aire, tales como industriales, comerciantes y ONG´s; así como instituciones educativas, gubernamentales y privadas. Esta consulta pública ofreció un foro de discusión y de propuestas, las cuales se recopilaron con la intervención directa de los participantes en mesas de trabajo y mediante encuestas que se distribuyeron entre todos los asistentes.

En este sentido, y con base en los comentarios recopilados en la consulta pública del ProAire Tlaxcala, la percepción social indica que el monitoreo actual de la calidad del aire no refleja ni arroja resultados sobre el problema de contaminación atmosférica. Además, se aprecia que este tipo de contaminación no es un problema prioritario, comparado con la contaminación del agua o del suelo. Esta actitud representa un obstáculo para lograr que la población comprenda la magnitud del problema de la contaminación atmosférica, o que modifique su relación con el ambiente, y tenga así una participación activa.

Una de las conclusiones de la discusión en la consulta pública, es que los distintos sectores de la sociedad perciben que la calidad el aire en el Estado de Tlaxcala es buena. Sin embargo, sienten una relación muy fuerte entre calidad del aire y la verificación vehicular, identificándola como la única medida que se puede desarrollar con respecto a la mitigación de contaminantes al aire.

Con base en lo expuesto anteriormente, la consulta pública amplió el panorama de los distintos sectores involucrados sobre la gama de acciones que se pueden implementar en el tema de calidad del aire, presentando una serie de herramientas que se tienen disponibles en la gestión.

No obstante, de manera reiterada se expuso la necesidad de que el Gobierno exhiba los motivos por los cuales se implementan las políticas en materia de calidad del aire y cuáles son los beneficios de la aplicación de las mismas.
Por lo anterior, resulta necesario establecer un método de comunicación y difusión de la calidad del aire, con el fin de educar, alertar y brindar información oportuna a la población mediante mensajes de riesgo y sugerir acciones de prevención a través de medios masivos de comunicación, como son televisión, radio, prensa escrita; haciendo énfasis en redes sociales a través de internet y aplicaciones móviles.

En concordancia con lo antes expuesto, actualmente, dentro de la Coordinación General de Ecología del Gobierno del Estado de Tlaxcala, se cuenta con un área de educación ambiental, la cual abarca, entre otros temas importantes, las causas y efectos de la generación de contaminantes en el aire. Esta área busca desarrollar una conciencia para cuidar y proteger el medio ambiente, así como propiciar actitudes, motivaciones y convicciones, que permitan una participación activa de la sociedad frente a la protección y mejoramiento del medio ambiente.

En este contexto, la Coordinación General de Ecología, a través de la Dirección de Recursos Naturales, imparte a los diferentes niveles académicos (Preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y universidad), así como a la población en general, los siguientes talleres:

- Ocoxal
- Reciclado de papel
- Composta
- Injerto de planta
- Poda de árboles
- Cuidado del agua
- Videoconferencias y pláticas del medio ambiente.

De lo anterior, se identifica que la temática de calidad del aire se encuentra incluida dentro de la modalidad de videoconferencias y pláticas del medio ambiente, resultando necesario fortalecer la sección antes mencionada con un programa bien definido de que es la contaminación atmosférica, cuáles son sus causas, efectos, y que acciones se pueden realizar por parte de la población en general. Todo lo anterior, con la finalidad de fortalecer las políticas de calidad del aire.

De igual manera, mediante la consulta pública se mencionó la necesidad de integrar dentro de la estrategia antes mencionada, la construcción del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA-Tlaxcala) y el Programa de Contingencias y Gestión de Riesgo ante eventos atmosféricos, ambos con sus respectivos mecanismos de comunicación continua, utilizando los diferentes medios de comunicación disponibles para este fin.

Resulta necesario además, impulsar el desarrollo de proyectos de investigación y educación en materia de calidad del aire, que sirvan como base para el diseño y adecuación de las políticas públicas en materia de mitigación, salud humana, comportamiento y dispersión de contaminantes en la atmosfera.

7.2 Comunicación de la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala

En el Estado de Tlaxcala, como en muchos otros, se han realizado ejercicios en materia de comunicación, como es el caso de las campañas para fomentar el cumplimiento al Programa de Verificación Vehicular. Sin embargo, muchos de ellos no han logrado su cometido, debido a que no consideran elementos clave como son datos duros de la calidad del aire, efectos en la salud y costos económicos, entre otros. Esta información adicional brindará a la población un panorama más amplio de las condiciones actuales y del porqué es necesaria su participación activa.

7.3 Estrategia de comunicación, difusión y educación de la calidad del aire

El desarrollo de la estrategia integral de educación, comunicación y difusión de la calidad del aire, permitirá sensibilizar a la población sobre el tema de la contaminación atmosférica y los efectos en la salud de la población, debido a la exposición de contaminantes presentes en el aire, a través de la información del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire en espacios estratégicos, tanto físicos como virtuales.

De igual manera, al tratarse de un ProAire Estatal, se deben fortalecer los programas de educación ambiental en todos los sectores y niveles educativos relativos a la atención de la contaminación del aire, tanto en áreas rurales como urbanas, que brinden herramientas para atender la problemática de la calidad del aire y las acciones a realizar.

En este sentido, para estructurar una estrategia integral de educación y comunicación de la calidad del aire del Estado de Tlaxcala, se debe contar con diferentes herramientas que nos permitan llegar tanto a la población rural, como a la urbana, mediante la inclusión del tema en las distintas modalidades de educación formal e informal.

Para el desarrollo de la estrategia se deben de realizar una serie de acciones como son:

- Identificar la percepción de la población en general con respecto al tema de contaminación atmosférica.
- Evaluar que tan informada esta la población sobre la calidad del aire.
- Identificar cual es el público objetivo y sectores claves de la población para asegurar el éxito de la estrategia.
- Fortalecer las áreas de educación ambiental de carácter gubernamental
- Establecer convenios con instituciones educativas, a fin de desarrollar proyectos de investigación que den el soporte científico y fortalezcan o reorienten la política pública en materia de calidad del aire.
- Definir las actividades a desarrollar referentes a la educación ambiental formal y no formal.
- Forjar alianzas con las organizaciones civiles que permitan a la sociedad tomar como propios los programas y realizar acciones en favor de una mejor calidad del aire, desde la sociedad para la sociedad, creando un espacio de encuentro e intercambio de experiencias en los temas afines a calidad del aire.
- Evaluar y dar seguimiento a la aceptación del tema de contaminación atmosférica por parte de la sociedad.

Figura 7.1 *Sectores involucrados en la estrategia de comunicación, difusión y educación.*

Fuente: *Elaboración propia, CEEA-BUAP.*

Primera etapa.- *Posicionamiento del tema de calidad del aire entre la población.*

En este sentido, y en concordancia con la "Estrategia de Comunicación Pública y de Educación Ambiental en Materia de Calidad del Aire"[37], el gobierno estatal deberá desarrollar un esquema para mantener al público informado, teniendo como objetivo de la primera etapa, posicionar el tema de calidad del aire en la población del Estado de Tlaxcala, mediante el uso de las siguientes herramientas:

- Redes sociales que difundan información relativa a calidad del aire y datos con los que se cuenta en la actualidad.
- Difusión mediante videos con en el tema de calidad del aire en Centros de Verificación Vehicular del Estado.
- Programas de radio y televisión, donde se informe a la población en general de las acciones que realiza el gobierno y el sustento del porqué se están llevando a cabo estas acciones.
- Conferencias, pláticas y talleres.
- Difusión del objetivo del ProAire, así como las medidas y acciones establecidas en el mismo.

[37] *SEMARNAT, Noviembre 2013.*

Figura 7.2 *Canales de comunicación para el posicionamiento de calidad del aire.*

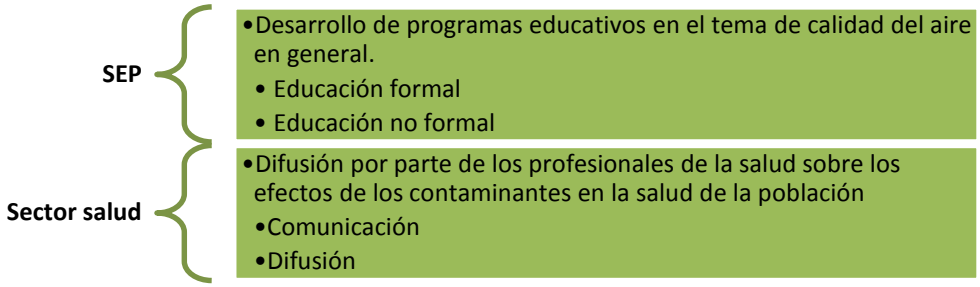
Fuente: *Elaboración propia, CEEA-BUAP.*

Segunda etapa.- *Instrumentación de campañas de comunicación, difusión y educación.*

Diseñar e instrumentar la campaña de comunicación, difusión y educación de la relación de la calidad del aire y de la salud en un contexto urbano y rural en centros de salud y escuelas, ya que estas son las instituciones que se encuentran presentes en todas las comunidades del Estado. Mediante las siguientes acciones:

- Diseñar un programa de educación ambiental sobre la calidad del aire en las escuelas del Estado de Tlaxcala.
- Coordinarse con el sector salud para difundir los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de la población.

Fig. 7.3 *campañas de comunicación, difusión y educación.*



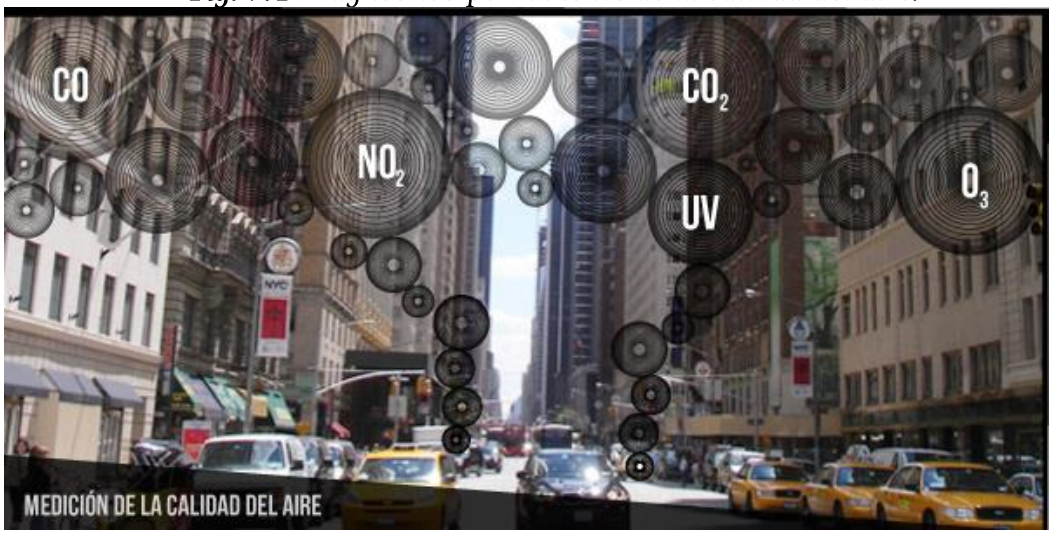
Fuente: *Elaboración propia, CEEA-BUAP.*

Tercera etapa.- *Instrumentación del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA-Tlaxcala) y el Programa de Contingencias y Gestión de Riesgo ante eventos atmosféricos.*

Después de contar con un sistema de monitoreo y diagnóstico de la calidad del aire, se deberá desarrollar un índice de comunicación de la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala, misma que nos indique si los niveles de contaminación son perjudícales para la salud, informando de manera oportuna a la población el estado que guarda, así como los efectos a la salud y las recomendaciones a llevar a cabo por parte de la ciudadanía y actores involucrados.

Otra herramienta importante son los programas de contingencia y gestión del riesgo ante eventos atmosféricos. En este caso, una vez que se cuenta con bases de datos sólidas de calidad del aire, se realiza un análisis exhaustivo de las mismas y se determina si es necesario establecer estos programas, a partir de fases de actuación. En caso de resultar necesario, se pueden desarrollar acciones precautorias por parte del gobierno, por las potenciales fuentes generadoras de la contaminación y, por supuesto, la población en general.

Fig. 7.4 *Diagnóstico permanente de la calidad del aire.*



Fuente: *Air pollution UKV.*

8

Ejes estratégicos, medidas y lineas de acción

8. Ejes estratégicos, medidas y líneas de acción

8.1 Ejes estratégicos

En este capítulo se presentan ocho ejes estratégicos y 25 medidas que se componen de un objetivo, justificación, periodo de ejecución, instrumentación, actores implicados, contaminantes involucrados, potencial de reducción, meta y costo estimado.

Los ejes estratégicos y medidas están orientados a reducir y a controlar las emisiones contaminantes a la atmósfera en beneficio del ambiente y protección de la salud de la población. Es importante señalar que la aplicación efectiva del ProAire Tlaxcala reside en el grado de incidencia y transversalidad que tenga sobre las políticas públicas y la participación social en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Los ejes estratégicos y medidas se determinaron con base en el análisis y diagnóstico expuesto en capítulos anteriores. En este sentido, es importante señalar que el éxito del ProAire Tlaxcala 2015 -2024 depende de la efectiva y oportuna aplicación de las líneas de acción que definen la gestión a desarrollar para garantizar el logro del objetivo central, el cual se define de la siguiente manera:

Objetivo general:

"*Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala, mediante la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención y control de la contaminación atmosférica*".

Eje estratégico 1.- Fuentes móviles

El transporte motorizado con base al inventario de emisiones del Estado de Tlaxcala tiene una aportación significativa de contaminantes al aire. Esto obedece a la densidad del parque vehicular y al crecimiento constante del mismo, aunado a la eficiencia de los vehículos en circulación, que no en todos los casos es la óptima debido a la antigüedad promedio de los mismos y a la falta de una cultura de mantenimiento preventivo. Además, las vialidades en las zonas urbanas de Tlaxcala no brindan siempre las condiciones favorables para una eficiente circulación.

Eje estratégico 2.- Fuentes de área

Las fuentes de área son numerosas y están dispersas en el Estado de Tlaxcala según se observa en capítulos previos, constituyen una parte importante del origen de la contaminación atmosférica, en ellas se puede identificar a una gran diversidad de giros comerciales, a los servicios y hogares, ello conlleva el uso de una gran variedad de combustibles, que da como resultado una gama amplia de contaminantes a la atmósfera. En este eje, se proponen las medidas y acciones para regular y controlar sus emisiones.

Eje estratégico 3.-Fuentes fijas

Las fuentes fijas son esencialmente las industrias; éstas son de jurisdicción federal y estatal, utilizan diversas materias primas y combustibles que son transformados en bienes a través de

procesos de combustión en muchos casos, lo que genera la emisión de gases y material particulado, así como emisiones fugitivas que provienen de las actividades realizadas durante su proceso. Lo anterior, tiene un impacto importante en la calidad del aire, por lo que en este eje se identifican las acciones pertinentes para reducir y controlar las emisiones contaminantes generadas por este tipo de fuente.

Eje estratégico 4.- Reducción de emisiones por fuentes naturales

No sólo las actividades antropogénicas generan emisiones contaminantes a la atmósfera, la vegetación, los suelos y la descomposición orgánica también aportan emisiones al aire, algunas de estas son compuestos orgánicos volátiles conocidos como terpenos de la serie de los isoprenos. En este eje se establecen las acciones en materia de los recursos forestales y la restauración del suelo.

Eje estratégico 5.- Eficiencia energética y energías alternativas

El uso de combustibles de origen fósil es la principal causa de las emisiones contaminantes al aire, según se puede colegir del inventario de emisiones a la atmósfera. Una forma de mitigar estas emisiones es a través del fomento de acciones de eficiencia energética y la implementación de las energías renovables. En este eje se establecen las medidas y acciones que reducirán la dependencia de los hidrocarburos migrando hacia plataformas sostenibles.

Eje estratégico 6.- Fortalecimiento institucional, políticas públicas y legislación

La adecuada gestión requiere de un apropiado marco legal y de la participación activa de todos los sectores involucrados para asegurar la mejora continua de la calidad del aire, para ello es necesario contar con herramientas legales y políticas públicas que den sustento a la adecuada regulación y control de la contaminación, así como dar herramientas a los actores responsables. Asimismo, identificar potenciales programas y fuentes de financiamiento para la efectiva y oportuna aplicación de programas de prevención y control.

Eje estratégico 7.- Protección a la salud humana en el Estado de Tlaxcala

Estudios presentados por el Instituto Mexicano para la Competitividad A. C. (IMCO) y COFEPRIS, mencionan que la zona metropolitana Puebla – Tlaxcala está enlistada entre las ciudades con mayores incidencias en la salud humana debido a la exposición de contaminantes atmosféricos. Por lo tanto en este eje, se establecen los criterios que permiten generar información y definir programas en beneficio de la salud humana vs contaminación.

Eje estratégico 8.- Comunicación, investigación y educación ambiental

Los diferentes sectores de la sociedad, en especial el sector educación juegan un papel importante en la gestión de la calidad del aire. En este tenor, para lograr este objetivo planteado por el ProAire, es necesaria la participación activa y comprometida por los diferentes sectores sociales, esto sólo se logra a través de la sensibilización e información, lo que demanda impulsar proyectos de formación, investigación y desarrollo ambiental, así como el fortalecimiento del tema ambiental en la currícula escolar formal y no formal.

8.2 Medidas y líneas de acción

Eje estratégico 1.- Fuentes móviles.

Medida 1. Fortalecer el programa de verificación vehicular e implementar otros programas de apoyo para el control de emisiones vehiculares

- **Objetivo:** Observar el irrestricto cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes en materia de fuentes móviles por parte de los vehículos matriculados y/o que circulan en el Estado de Tlaxcala, a través del programa de verificación vehicular; consolidando los lineamientos técnicos y operativos conforme a lo establecido por la CAMe. Asimismo, evaluar la viabilidad de implementar otros programas transversales que coadyuven a la reducción de emisiones derivadas por fuentes móviles.

- **Justificación:** El cumplimiento del parque vehicular registrado en el Estado de Tlaxcala al Programa de Verificación Vehicular es del 45%[38]. Por otra parte, el inventario de emisiones del Estado identifica que la principal fuente de contaminación del aire son los vehículos automotores (84.7%), emitiendo 285 mil toneladas anuales.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1.1	Actualizar técnica y operativamente el Programa de Verificación Vehicular, conforme a los criterios de homologación y lineamientos establecidos por la "Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAMe)".	Gobierno del Estado	No. de centros actualizados	*	*								
1.2	Reactivar el "*Programa de revisión urbano y carretera*".	Gobierno del Estado	No. de vehículos inspeccionados	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.3	Vincular el programa de verificación vehicular con otros trámites vehiculares.	Gobierno del Estado	No. de trámites vinculados	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.4	Fortalecer los programas de fomento y difusión a la verificación vehicular.	Gobierno del Estado	Programa de fomento	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.5	Evaluar la viabilidad y en su caso implementar, programas transversales al PVV, como son el "remplazo de catalizadores" y de "inspección físico – mecánica" entre otros.	Gobierno del Estado	Estudios de viabilidad		*	*	*	*	*	*	*	*	*

[38] *Coordinación General de Ecología.*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado en coordinación con la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAMe), definirán la estrategia y plataforma tecnológica que se utilizará para la actualización del programa de verificación vehicular vigente y programas transversales.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, Concesionarios, Tránsito, SEMARNAT y CAMe.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	5%	*	5%	*	2%	*	20%	*	20%	*	10%	*	2%	*	15%

- **Meta:** Aumentar a 90% el número de vehículos verificados al término de seis años: homologar los criterios técnicos respecto a los establecidos por la CAMe en un plazo no mayor a tres años; evaluar a menos dos programas que coadyuven en la regulación de emisiones a la atmósfera referente a los vehículos.

- **Costos estimados:**

    - **Acción 1.1.-** 1 millón de pesos (por centro).
    - **Acción 1.2.-** 700 mil pesos (para adquisición de 1 patrulla ecológica).
    - **Acción 1.3.-** 50 mil pesos.
    - **Acción 1.4.-** 1 millón de pesos (difusión en medios de comunicación).
    - **Acción 1.5.-** 1 millón de pesos (por parte de particulares).

Medida 2. Implementar una estrategia de movilidad sostenible en las zonas urbanas del Estado de Tlaxcala

- **Objetivo:** Mejorar la dinámica del transporte particular y público con base a la infraestructura urbana origen - destino, a través de la adecuada re-estructuración de la circulación en vialidades. Asimismo, dar mayor énfasis a infraestructura dirigida al transporte no motorizado.

- **Justificación:** Las zonas urbanas en Tlaxcala, en su mayoría presentan conflictos en cuanto a su estructura, en este sentido, es necesario optimizar la circulación en las vialidades, establecer corredores peatonales, ciclo-vías, así como incentivar el uso del transporte público masivo que garantice un traslado eficiente y seguro.

- **Periodo de ejecución:**

No.	Acciones	Responsable	Indicador de cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2.1	Realizar un estudio integral de movilidad en el Estado de	Gobierno del Estado	Estudio integral de movilidad	*	*			*	*				*

	Tlaxcala, que incorpore un análisis origen – destino.												
2.2	Implementar un sistema de semaforización inteligente y sincronización.	Gobierno del Estado	Número de semáforos sincronizados	*	*	*							
2.3	Fomentar el uso del transporte público.	Gobierno del Estado	Programa de fomento	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2.4	Impulsar corredores de bajas emisiones.	Gobierno del Estado	Proyecto	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2.5	Implementar programas de transporte no motorizado (corredores peatonales y ciclo vías).	Municipio	Programa de transporte no motorizado	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2.6	Desarrollar e implementar un programa de reordenamiento de rutas y paradas del transporte público.	Municipio	Programa de reordenamiento	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado, conjuntamente con los gobiernos municipales y el sector de transporte, definirá un programa de *Movilidad Sostenible*. Se desarrollarán estudios que permitan identificar los puntos críticos en materia de transporte motorizado. Por otra parte, fomentar corredores peatonales y ciclo-vías.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, municipios y concesionarios.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	10%	*	10%	*	5%	*	20%	*	20%	*	10%	*	10%	*	20%

- **Meta:** Aumentar mínimo en 5 km/hora la velocidad de circulación promedio en las zonas urbanas del Estado de Tlaxcala.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 1.1.-** 2 millones de pesos (estudio).
  - **Acción 2.2.-** 10 millones de pesos (Semaforización).
  - **Acción 2.3.-** 1 millón de pesos (difusión y comunicación).
  - **Acción 2.4.-** 150 mil pesos (por kilómetro construido).
  - **Acción 2.5.-** 10 millones de pesos (por corredor).
  - **Acción 2.6.-** 100 mil pesos (por estudio).

Medida 3. Fomentar un transporte de carga limpio y eficiente

- **Objetivo:** Establecer criterios en el transporte de carga (comercial y mercantil) que permitan reducir sus emisiones.

- **Justificación:** Gran parte de las emisiones contaminantes generadas por vehículos del transporte de carga y mercantil, se deben a las plataformas tecnológicas con las cuales operan, así como a la circulación y descarga en cualquier horario en zonas de alto flujo vehicular, que en su mayoría no están aptas para el ascenso y descenso de mercancías o materiales, lo que ocasiona reducción del flujo vehicular y en consecuencia mayor consumo de combustible y emisiones contaminantes.

  De acuerdo con el inventario de emisiones el transporte de carga es responsable del 15.53% de las emisiones de PM_{10}, 15.41% de $PM_{2.5}$, con un 10.27% de las emisiones de SO_2, con un 6.15% de CO, con un 10.74% de NOx y con el 7.2% de las emisiones de COV´s.

- **Periodo de ejecución:**

No.	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
3.1	Promover la incorporación al "*Programa de transporte limpio*" a las flotillas de transporte de carga registrado en el Estado de Tlaxcala.	Gobierno del Estado	Número de empresas inscritas en el programa		*	*	*	*	*	*	*	*	*
3.2	Realizar y mantener actualizado un padrón de las unidades de transporte de carga.	Gobierno del Estado.	Inventario de unidades	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3.3	Establecer un plan de circulación dirigido a transportistas de carga, que defina horarios de circulación en zonas de alto tráfico vehicular.	Gobierno del Estado, municipios	Plan de transporte		*	*	*			*	*	*	
3.4	Establecer y difundir un programa para incentivar la renovación del parque vehicular de carga.	Gobierno del Estado	Programa de renovación del parque vehicular		*	*	*	*	*	*	*	*	*
3.5	Implementar programas que coadyuven en la mejora físico-mecánica del transporte de carga.	Gobierno del Estado.	Programa de eficiencia.		*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado promoverá entre las empresas que cuenten con flotillas la incursión de las mismas al "Programa de Transporte Limpio", asimismo mantener actualizado el padrón de unidades de carga registrados en el Estado e implementará un programa de circulación de vehículos de carga pesada por las principales vialidades. Y en conjunto con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fomentar la renovación del parque vehicular.

- **Actores involucrados:** Gobierno Federal, Gobierno del Estado, municipios y particulares.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	5%	*	5%	*	5%	*	5%	*	5%	*	5%	*	5%	*	10%

- **Meta:** Reducir en un 5% las emisiones contaminantes al aire a partir de agilizar el flujo vehicular por el establecimiento de horarios, reducir la antigüedad del transporte de carga en dos años promedio.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 3.1.-** 100 mil pesos.
  - **Acción 3.2.-** 0 pesos.
  - **Acción 3.3.-** 0 pesos.
  - **Acción 3.4.-** 300 mil pesos.
  - **Acción 3.5.-** 2 millones de pesos.

Eje estratégico 2.- Fuentes de Área.

Medida 4. Regular los sectores de servicios y comercios en materia de atmósfera

- **Objetivo:** Construir instrumentos de gestión para servicios y comercios, consolidar una base de datos de información ambiental y generar el "Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)" de competencia municipal.

- **Justificación:** Existe una gran diversidad de establecimientos (baños públicos, tortillerías, restaurantes, entre otros) en todos los municipios que integran el Estado de Tlaxcala, emitiendo cantidades considerables de emisiones a la atmósfera, lo que obliga a fortalecer la regulación de servicios y comercios, a través del desarrollo e implementación de herramientas que garanticen el cumplimiento a Normatividad Oficial Vigente.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
4.1	Fortalecer el uso de la "Licencia de Funcionamiento" en los municipios	Municipios	Incremento en el n° de licencias	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.2	Instrumentar la COA municipal en los principales municipios del Estado.	Municipios	Municipios con la COA instrumentada			*	*	*	*	*	*	*	*

4.3	Programa de capacitación para promoventes sobre integración de los instrumentos de regulación y reporte dirigido a los giros de competencia municipal.	Municipios	Programa de capacitación. N° de personas capacitadas		*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.4	Elaborar y publicar el RETC municipal en materia de atmósfera.	Municipios	RETC municipal publicado			*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** Los municipios a través de la licencia de funcionamiento establecerán la condicionante de la regulación ambiental en materia de atmósfera, además promoverán entre los propietarios de establecimientos cursos de capacitación al personal y publicarán el RETC.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, municipios y particulares.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Que el 80% de los establecimientos que generan emisiones a la atmósfera de competencia municipal, cuenten con los instrumentos de regulación y reporte.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 4.1.-** 200 mil pesos.
    - **Acción 4.2.-** 1 millón de pesos.
    - **Acción 4.3.-** 300 mil pesos.
    - **Acción 4.4.-** 300 mil pesos.

Medida 5. Implementar programas de reducción de emisiones en servicios y comercios

- **Objetivo:** Que los establecimientos de servicios y comercios, principalmente aquellos que ocupen un alto volumen de combustible reduzcan sus emisiones.

- **Justificación:** En el Estado de Tlaxcala los diversos establecimientos como son tortillerías, panaderías, baños públicos, etc., con base a sus actividades y uso de combustibles emiten emisiones contaminantes. Por otra parte, el Estado emplea una considerable cantidad de juegos pirotécnicos, mismos que emiten una gran cantidad de emisiones a la atmósfera.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
5.1	Fomentar en los servicios y comercios la producción limpia.	Gobierno del Estado y municipios	N° de establecimientos.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5.2	Establecer un programa especial para el uso de leña.	Gobierno del Estado y municipios	Programa		*	*	*						
5.3	Normar el uso de fuegos pirotécnicos.	Gobierno del Estado y municipios.	Publicación de la norma técnica		*	*	*						

- **Instrumentación:** Los municipios mantendrán actualizado el padrón de establecimientos pertenecientes al mismo y establecerán un programa de producción limpia. De manera particular, en la comunidad de San Juan Totolac, se implementará un programa respecto del uso de la leña en el proceso de elaboración del "pan de fiesta". Finalmente cada municipio deberá regular el uso de fuegos pirotécnicos.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, municipios y particulares.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Aumentar el registro de establecimientos que empleen energías renovables. Asimismo involucrar el 60% de las panaderías de San Juan Totolac al programa especial y reducir en un 30% el uso de fuegos pirotécnicos en el Estado.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 5.1.-** 100 mil pesos.
    - **Acción 5.2.-** 700 mil pesos.
    - **Acción 5.3.-** 100 mil pesos.

Medida 6. Fortalecer el control de vapores en estaciones de servicio

- **Objetivo:** Reducir las emisiones fugitivas de COV´s e hidrocarburos volátiles a la atmósfera que se generen durante el manejo, distribución y despacho de gasolina.

- **Justificación:** En el Estado de Tlaxcala como en todas las entidades, el proceso de despacho de combustibles en las estaciones de servicio emiten COV´s e hidrocarburos a la atmósfera, además contribuyen en la formación de contaminantes secundarios atmosféricos como es el ozono (O_3), ambos que son nocivos para el ambiente y la salud humana.

- **Periodo de ejecución:**

Id	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
6.1	Actualizar el padrón de las estaciones de servicio de gasolina en el Estado de Tlaxcala.	Gobierno del Estado	Padrón de estaciones de servicio		*	*	*	*	*	*	*	*	*
6.2	Firmar un convenio de colaboración con las asociaciones de gasolineras para incorporar el control de emisiones por vapores en nuevas gasolineras.	Gobierno del Estado	Un convenio		*	*							
6.3	Continuar condicionando a través de las autorizaciones de impacto ambiental, que toda estación de servicio nueva implemente sistemas de control de vapores.	Gobierno del Estado.	Resolutivo y condicionante. Sistemas de recuperación instalados.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6.4	Elaborar un inventario de emisiones derivadas del manejo y despacho de gasolina, que permita cuantificar las pérdidas y su potencial impacto.	Gobierno del Estado.	Inventario de emisiones.	*		*		*		*		*	
6.5	Desarrollar y difundir un programa de buenas prácticas operativas para estaciones de servicio.	Concesionarios. Gobierno del Estado.	Programa.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6.6	Establecer o actualizar el marco jurídico estatal y municipal en la materia.	Gobierno del Estado.	Informe.	*	*	*							

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado de Tlaxcala deberá actualizar el padrón de estaciones de servicio de gasolina, asimismo deberá promover entre estás, la inserción de sistemas de control de emisiones y buenas prácticas en el servicio de despacho de combustible. Se dará mayor énfasis a nuevas estaciones. Finalmente, el Gobierno del Estado de Tlaxcala tendrá que actualizar el marco jurídico estatal en la materia.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, concesionarios.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	0%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%	*	30%	*	5%	*	0%

- **Meta:** Garantizar que el 100% de las nuevas estaciones de servicio que se instalen en el Estado cuenten con un sistema de control de vapores. Por otra parte, las ya establecidas, al final del presente ProAire cuenten con los sistemas referidos.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 6.1.-** 100 mil pesos.
    - **Acción 6.2.-** 20 mil pesos.
    - **Acción 6.3.-** 10 mil pesos.
    - **Acción 6.4.-** 300 mil pesos.
    - **Acción 6.5.-** 200 mil pesos.
    - **Acción 6.6.-** 30 mil pesos.

Medida 7. Aprovechamiento del metano de los rellenos sanitarios

- **Objetivo:** Reducir las emisiones generadas en los rellenos sanitarios, además de obtener beneficio económico – ambiental del biogás, a través de la incorporación de sistemas de captación, pirólisis, quema o generación de electricidad.

- **Justificación:** En el Estado de Tlaxcala existen 4 rellenos sanitarios donde la generación de metano debido a la antigüedad y carga orgánica impacta las condiciones de la calidad del aire. En este sentido, es necesario establecer sistemas de control para las emisiones de metano, además de ser potencialmente viable el aprovechamiento del biogás.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
7.1	Realizar un estudio de la generación de biogás en los rellenos sanitarios existentes en el Estado de Tlaxcala.	Gobierno del Estado, INECC	Reporte de estudio		*	*			*	*			*
7.2	Realizar con base en los resultados un proyecto ejecutivo en coordinación con empresas dedicadas al mercado de carbono o equivalente para su valoración pertinente.	Gobierno del Estado	Proyecto ejecutivo	*	*								
7.3	Adecuación de la infraestructura del relleno sanitario para captación de Biogás.	Gobierno del Estado.	Informe de adecuación		*	*	*						

Instrumentación: El Gobierno del Estado de Tlaxcala en conjunto con el INECC, universidades u otros organismos afines; trabajen en un proyecto de factibilidad de valorización del biogás en los rellenos sanitarios existentes. En caso de ser rentable su utilización, iniciar las acciones para establecer sistemas de quema o captación para la generación de vapor o energía eléctrica.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, INECC, empresas, instituciones educativas, organizaciones afines.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	$PM_{2.5}$	Reducción	SO_2	Reducción	CO	Reducción	NO_X	Reducción	COV	Reducción	Tóxicos	Reducción	GEI	Reducción
*	0%	*	0%	*	0%	*	5%	*	0%	*	30%	*	5%	*	10%

- **Meta:** Aprovechamiento de metano producidas en los rellenos sanitarios hasta en un 80%, a través de la quema del biogás, o en su caso, generando energía eléctrica.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 7.1.-** 300 mil pesos.
    - **Acción 7.2.-** 800 mil pesos.
    - **Acción 7.3.-** 6 millones de pesos.

Medida 8. Controlar las actividades de generación de emisiones a la atmósfera de baños públicos, ladrilleras, alfareros y cerámica

- **Objetivo:** Regular los establecimientos más significativos en materia de emisiones a la atmósfera de competencia municipal, como son baños públicos, ladrilleras, alfareros y cerámica.

- **Justificación:** Las emisiones contaminantes que producen los baños públicos, ladrilleras, alfareros y cerámica localmente son significativas, en algunos de los casos utilizan como combustibles como son madera, estopas con aceites, llantas, residuos de la industria automotriz o cualquier objeto que pueda quemarse. Lo anterior implica la emisión de contaminantes tóxicos, además de que las calderas y quemadores en muchos de los casos no cumplen con las especificaciones técnicas básicas.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
8.1	Actualizar la base de datos del padrón de baños públicos, ladrilleras, alfarero y cerámica, que describa las características de combustión y el combustible utilizado.	Municipios y Gobierno del Estado	Padrón actualizado.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
8.2	Elaborar un estudio de eficiencia energética y combustibles utilizados en baños públicos.	Municipios y particulares	Estudio de eficiencia energética.		*	*							

8.3	Fomentar la incorporación de sistemas de control, seguridad y eficiencia energética en baños públicos y ladrilleras.	Gobierno del estado, municipios y propietarios.	Equipos instalados.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
8.5	Diseñar y ejecutar un programa para promover el uso de combustibles limpios.	Municipios.	Presentación de estrategia.		*	*	*						
8.6	Elaborar y publicar normas técnicas que regulen las actividades de baños públicos y ladrilleras.	Gobierno del Estado.	Presentación de la Norma técnica.		*	*	*						
8.7	Crear convenios de colaboración entre los propietarios y gobierno que les permita contar con apoyos para implementar tecnologías para cumplir con la norma.	Gobierno del Estado y municipios.	Convenios.		*	*	*	*					
8.8	Establecer y operar un programa de visitas de verificación y de inspección a este tipo de establecimientos.	Gobierno del Estado y municipios.	Número de visitas de inspección.		*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El gobierno estatal en coordinación con los municipios elaborará y actualizará primeramente el padrón de baños públicos, ladrilleras y cerámica registradas en el Estado de Tlaxcala, asimismo, analizarán la viabilidad de incorporar, conjuntamente con los propietarios de estos establecimientos, sistemas de eficiencia energética. Observando en todo momento su cumplimiento con la legislación ambiental vigente.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, municipios y propietarios.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	10%	*	10%	*	40%	*	20%	*	30%	*	10%	*	20%	*	40%

- **Meta:** Regular ambientalmente el 100% de establecimientos correspondiente a baños públicos, ladrilleras y cerámica en el Estado de Tlaxcala al final del ProAire. Reducir la cantidad de emisiones emitidas a la atmósfera en un 40%, incorporar criterios de eficiencia energética.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 8.1.-** 150 mil pesos.
    - **Acción 8.2.-** 100 mil pesos.
    - **Acción 8.3.-** 100 mil pesos.
    - **Acción 8.4.-** 50 mil pesos.
    - **Acción 8.5.-** 150 mil pesos.
    - **Acción 8.6.-** 200 mil pesos.

- **Acción 8.7.-** 20 mil pesos.
- **Acción 8.8.-** 0 pesos.

Medida 9. Promover mejores prácticas para la reducción de emisiones en establecimientos que generan COV´s

- **Objetivo:** Reducir las emisiones generadas por el uso de solventes y químicos en actividades de recubrimiento y limpieza de superficies.

- **Justificación:** Existe una gran variedad de actividades comerciales y de servicios que utilizan productos y materias primas que contienen solventes, entre los que se observan talleres dedicados al repintado automotriz, tlapalerías, procesos de limpieza, recubrimiento de superficies, manufactura y distribución entre otros; que emiten aerosoles y COV´s. Sustancias que al evaporarse emiten contaminantes tóxicos, además que en presencia de la radiación solar, producen cantidades importantes de contaminantes secundarios como es el ozono (O_3).

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
9.1	Actualizar el padrón de las fuentes de área que generen emisiones de COV´s.	Gobierno del Estado, municipios	Elaboración de padrón.		*		*		*		*		*
9.2	Identificar y fomentar materiales y tecnologías para limpieza y repintado de superficies que contengan menores cantidades de solventes.	Gobierno del Estado.	Campaña de difusión		*	*		*	*		*	*	
9.3	Fomentar el uso de productos de consumo domésticos base agua e incentivar la disminución de solventes.	Gobierno del Estado.	Programa de fomento.		*		*		*		*		*
9.4	Realizar una campaña para fomentar mejores prácticas en el uso de solventes.	Gobierno del Estado.	Campañas realizadas.		*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** Los municipios de manera coordinada con el Gobierno estatal actualizarán el padrón de distribuidores y consumidores de solventes, en el que se identifiquen las principales sustancias utilizadas y los volúmenes distribuidos, con la información anterior, se elaborará un estudio para identificar y fomentar las mejores prácticas y tecnologías de control.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, municipios, establecimientos y proveedores.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	$PM_{2.5}$	Reducción	SO_2	Reducción	CO	Reducción	NO_X	Reducción	COV	Reducción	Tóxicos	Reducción	GEI	Reducción
*	0%	*	5%	*	0%	*	0%	*	0%	*	40%	*	15%	*	0%

- **Meta:** Disminución de hasta un 40% de COV´s emitidos a la atmósfera, reduciendo la exposición a COV´s de los trabajadores y población en general, así como de la formación de ozono.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 9.1.-** 150 mil pesos.
    - **Acción 9.2.-** 30 mil pesos.
    - **Acción 9.3.-** 50 mil pesos.
    - **Acción 9.4.-** 500 mil pesos.

Medida 10. Pavimentar calles de terracería en zonas urbanas con alto aforo vehicular.

- **Objetivo:** Reducir las emisiones de material particulado que se desprenden del suelo debido a la erosión por el paso de vehículos en calles de terracería o de recebo en zonas urbanas.

- **Justificación:** Las emisiones generadas de material particulado por erosión urbana proveniente de caminos de terracería, son una aportación importante en materia de PM2.5 y PM10.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
10.1	Identificar los corredores o vialidades de terracería que presenten un considerable volumen vehicular en zonas urbanas.	Gobierno del Estado y municipios	Vialidades terracería en SIG	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10.2	Consolidar un plan de acción para pavimentar las calles urbanas de terracería.	Gobierno del Estado y municipios	Plan de acción	*	*	*							
10.3	Pavimentación de calles urbanas de terracería en concordancia con los programas de desarrollo urbano y ecológico.	Gobierno del Estado y municipios	Kilómetros pavimentados	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado y municipios se encargarán de coordinar la un estudio que permita identificar los calles urbanas de terracería, así como ajustarlos con los programas de desarrollo urbana.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado y municipios.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	40%	*	20%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%

- **Meta:** Reducir las emisiones por material particulado en un el 10%, aumentar el número de kilómetros pavimentados en zonas urbanas.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 10.1.-** 20 mil pesos.
  - **Acción 10.2.-** 100 mil pesos.
  - **Acción 10.3.-** de 1 millón de pesos (en adelante)

Eje estratégico 3.- Fuentes Fijas.

Medida 11. Fomentar el uso de equipos o sistemas de control de emisiones en la industria

- **Objetivo:** Reducir las emisiones a la atmósfera generadas por fuentes fijas en el Estado de Tlaxcala, tanto de competencia federal y estatal, mediante la implementación de equipos o sistemas de control de gases y partículas.

- **Justificación:** Las empresas establecidas en el Estado de Tlaxcala en su gran mayoría no cuentan con equipos de control de emisiones a la atmósfera. Esto se constata en las "*Licencias de funcionamiento*" o en su caso a la "*Cédula de Operación Anual COA*" otorgadas por las autoridades correspondientes, que son el instrumento de observancia a las Normas Oficiales Mexicanas. En ellos únicamente se vigila el no exceder los límites máximos permisibles.

  Es importante comentar que mientras en nuestro país la legislación permita la operación de las empresas bajo la única condición de que no excedan los límites máximos, entonces las empresas nunca buscarán generar la menor cantidad emisiones, ya que solo requieren cumplir con ciertas concentraciones, por lo que la implementación de estas tecnologías no es un aliciente desde el punto de vista de la legislación. Pero si las industrias pagaran sus derechos con base a lo que emiten, los sistemas referidos serían un elemento común en las industrias.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
11.1	Identificar empresas susceptibles a la implementación de equipos o sistemas de control.	Gobierno del Estado/ SEMARNAT.	Base de datos.		*	*	*	*	*	*	*	*	*

11.2	Promover en el sector industrial los beneficios ambientales y económicos de incorporar equipos o sistemas de control de emisiones.	Gobierno del Estado.	Empresas beneficiadas.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
11.3	Establecer un programa de incentivos a industrias que reduzcan emisiones contaminantes a la atmósfera.	Gobierno del Estado/ SEMARNAT.	Programa de incentivos		*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado en coordinación con la SEMARNAT, identificarán empresas que por sus características, condiciones y procesos son susceptibles a la implementación de tecnologías de control. Posteriormente, establecerán con los particulares la incorporación de este tipo de tecnologías.

- **Actores involucrados:** SEMARNAT, Gobierno del Estado, empresas y distribuidores.
  Contaminantes involucrados y potencial reducción: Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	30%	*	30%	*	20%	*	20%	*	20%	*	10%	*	10%	*	20%

- **Meta:** Incrementar el número de empresas que incorporen sistemas y/o equipos de control en sus procesos.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 11.1.-** 50 mil pesos.
  - **Acción 11.2.-** 300 mil pesos.
  - **Acción 11.3.-** 100 mil pesos.

Medida 12. Implementar el programa de auto-regulación o auditoría ambiental en empresas de competencia estatal

- **Objetivo:** Crear e implementar un programa de auditoría ambiental para empresas de competencia estatal homologada al Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA).

- **Justificación:** Los programas de autorregulación voluntaria se basan en el cumplimiento a la legislación vigente apoyada en la gestión ambiental y la mejora continua de procesos; resultando en un aumento en la eficiencia económica, ambiental y legal por parte de la empresa. Con lo anterior, en el Estado de Tlaxcala se mejoraría la competitividad industrial y el desempeño de las empresas, así como su imagen pública.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024

12.1	Elaborar el Programa Estatal de Auditoría Ambiental, paralelo al Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA).	Gobierno del Estado/ PROFEPA.	Programa Auditoria.		*	*							
12.2	Establecer las modalidades de certificación de industria limpia, así como definir los incentivos.	Gobierno del Estado/ PROFEPA.	Modalidades.		*	*							
12.3	Establecer los lineamientos para las unidades de verificación.	Gobierno del Estado/ PROFEPA	Lineamientos		*	*							
12.4	Publicar el padrón de instituciones o unidades de verificación	Gobierno del Estado/ PROFEPA.	Padrón de unidades de verificación.			*	*	*	*	*	*	*	*
12.5	Establecer cursos de inducción y capacitación sobre la autorregulación ambiental dirigidos a la industria de competencia estatal.	Gobierno del Estado/ PROFEPA.	Convocatoria Cursos de inducción.			*	*	*	*	*	*	*	*
12.6	Realizar entrega pública de certificación a empresas de competencia estatal.	Gobierno del Estado/ PROFEPA.	Eventos de certificación No. de empresas certificadas			*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** Gobierno del Estado actualizará el padrón de industrias de competencia estatal, asimismo, en coordinación con PROFEPA elaborará el programa de auditoría ambiental estatal. Se establecerán los criterios para definir a las instancias certificadoras y se promoverá el programa. Posteriormente, se dará el reconocimiento a las empresas que hayan accedido a dicho programa.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, PROFEPA, instancia certificadora y sector industrial.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.

n.a. No aplica

- **Meta:** Adherir anualmente al programa de auditoría ambiental estatal, al 3% de las empresas registradas en el padrón estatal.

- **Costo estimado:**

- **Acción 12.1.-** 200 mil pesos.
- **Acción 12.2.-** 50 mil pesos.
- **Acción 12.3.-** 500 mil pesos.
- **Acción 12.4.-** 20 mil pesos.
- **Acción 12.5.-** 500 mil pesos.
- **Acción 12.6.-** 20 mil pesos (por evento)

Medida 13. Fortalecer el sistema de regulación de industrias de competencia estatal a través de la instrumentación de la COA

- **Objetivo:** Ampliar la capacidad regulatoria del Estado en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica en empresas de su competencia, a través de la Cédula de Operación Anual (COA) estatal, para conformar el Registro de Emisiones y Transferencia de contaminantes (RETC).

- **Justificación:** En México, la capacidad que tienen los estados en materia de regulación a empresas de su competencia, en la mayoría de los casos no es la óptima, ya sea por los recursos humanos disponibles o por las herramientas técnicas, financieras y/o de capacitación; el Estado de Tlaxcala no es la excepción. En este sentido, es necesario fortalecer los sistemas estatales de regulación industrial, a través de la implementación de la COA.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
13.1	Contar con un padrón actualizado y vigente de las empresas que operan en el Estado de Tlaxcala.	Gobierno del Estado.	Padrón de empresas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13.2	Actualizar en la legislación estatal la figura del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.	Gobierno del Estado/ Congreso local	Publicar norma. Reglamento publicado		*	*							
13.3	Capacitar a los empresarios para el llenado de la COA	Gobierno del Estado/ SEMARNAT	Número de empresas capacitadas		*	*	*	*	*	*	*	*	*
13.4	Consolidar una base de datos de las empresas registradas, mediante la implementación de la COA - estatal.	Gobierno del Estado	Base de datos consolidadas		*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado de Tlaxcala, fortalecerá su aparato regulatorio de industrias de su competencia a través de incorporar la Cédula de Operación Anual estatal, dando como resultado la integración y publicación anual del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

- **Actores involucrados:** SEMARNAT, Gobierno del Estado e industrias de jurisdicción estatal.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.

n.a. No aplica

- **Meta:** Incorporar en los tres primeros años al 70% de las empresas de competencia estatal en el marco de la regulación y cumplimiento ambiental. Al final del programa, incorporar al 90% de las empresas de su competencia.

- **Costo estimado por unidad de cambio:**

  - **Acción 13.1.-** 200 mil pesos
  - **Acción 13.2.-** 200 mil pesos.
  - **Acción 13.3.-** 50 mil pesos.
  - **Acción 13.4.-** 5 mil pesos.
  - **Acción 13.5.-** 0 pesos.

Eje estratégico 4.- Reducción de emisiones por fuentes naturales.

Medida 14. Establecer un programa para la captura de carbono a través de acciones de reforestación y fortalecer el programa de combate contra incendios forestales

- **Objetivo:** Reducir la liberación del carbono contenido en las masas forestales, y en consecuencia las emisiones de GEI, material particulado y carbón negro; a través de la conservación de bosques.

- **Justificación:** Actualmente existen áreas degradadas en el Estado de Tlaxcala por problemas de deforestación, erosión e incendios forestales. Por lo anterior, es importante fortalecer el programa de reforestación y reducir las áreas siniestradas y tiempo de respuesta a causa de incendios forestales.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
14.1	Actualizar cada cinco años el inventario forestal del Estado, con base en la información nacional.	Gobierno del Estado/ CONAFOR.	Inventario forestal.		*				*				
14.2	Coadyuvar en los programas existentes de stock de carbono, a través del Fondo Cooperativo del Carbono y otros.	Gobierno del Estado/ CONAFOR.	Programas vigentes en el Estado.		*			*			*		

14.3	Fortalecer el programa estatal de Reforestación en coordinación con CONAFOR	Gobierno del Estado.	Programa de reforestación. Superficie reforestada		*	*	*	*	*	*	*	*	*
14.4	Establecer un programa de plantaciones dendroenergéticas, dirigido al consumo de leña en hogares rurales.	Gobierno del Estado.	Programa de plantaciones.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
14.5	Coordinar, fortalecer y operar el programa de prevención, combate y atención a incendios forestales (capacitación y equipamiento del personal). En coordinación c on CONAFOR.	Gobierno del Estado.	Programa y nuevo equipo de brigadas.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
14.7	Regular y controlar la quema de residuos agrícolas y esquilmos en el Estado de Tlaxcala, a través de la Norma Estatal de Quemas Agrícolas.	SEFOA y SAGARPA.	Superficie siniestrada		*	*	*	*	*	*	*	*	*
14.8	Implementar del programa de reducción de emisiones por degradación y deforestación (REDD+).	Gobierno de Estado/ CONAFOR/ SEMARNAT.	REDD+.		*	*							

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado y CONAFOR elaborarán el inventario forestal y el stock de carbono. Por otra parte, fortalecerán los programas de reforestación endémica y dendroenergética. Asimismo, se implementará un instrumento legal que regule la quema agrícola.

- **Actores involucrados:** CONAFOR, Gobierno del Estado y Municipios. Así como comunidades beneficiarias y propietarios.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	0%	*	0%	*	0%	*	20%	*	0%	*	0%	*	0%	*	40%

- **Meta:** Incrementar anualmente en un 10% la superficie con vocación forestal del Estado. Reducir en un 20% las hectáreas siniestradas con respecto al año base 2013. Asimismo, reducir en 20% el tiempo de respuesta en tres años.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 14.1.- 1.**5 millones de pesos.

- **Acción 14.2.-** 3 millones de pesos.
- **Acción 14.3.-** 30 millones de pesos.
- **Acción 14.4.-** 100 mil pesos.
- **Acción 14.5.-** 5 millones de pesos.
- **Acción 14.6.-** 0 pesos.
- **Acción 14.7.-** 150 mil pesos.
- **Acción 14.8.-** 150 mil pesos.

Medida 15. Recuperar suelos erosionados rurales, agrícolas y forestales para reducir las emisiones de material particulado

- **Objetivo:** Rescatar los suelos que presentan una avanzada degradación y erosión en el Estado de Tlaxcala, mediante actividades y obras de recuperación y restauración.

- **Justificación:** El suelo es un recurso natural considerado como no renovable. El problema de los suelos reside en que ha sido degradado por actividades físicas, mecánicas, agrícolas y/o químicas. Es un patrimonio subestimado, no obstante, es fundamental para los ecosistemas locales. En Tlaxcala, existen áreas boscosas como es la Malintzi. Asimismo, los suelos agrícolas deben de contar con programas de manejo.

- **Periodo de ejecución:**

No.	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
15.1	Elaborar la carta de uso de suelo, que describa mediante un sistema de información geográfica la superficie degradada y erosionada en el Estado de Tlaxcala. Conforme a los criterios de la elaboración de la "*Carta de erosión de INEGI*".	Gobierno del Estado/INEGI.	Mapa Shape – SIG.		*		*		*		*		*
15.2	Fortalecer el programa de recuperación y restauración de suelos degradados y erosionados, con base en la clasificación de áreas prioritarias de conservación de CONAFOR.	Gobierno del Estado/ CONAFOR.	Programa de suelos.	*	*	*							
15.3	Realizar obras de recuperación y restauración de suelos erosionados en suelos agrícolas, en coordinación con SAGARPA.	Gobierno del Estado/SEFOA/ SAGARPA.	Obras de recuperación.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado de Tlaxcala en coordinación con CONAFOR, SAGARPA, municipios y propietarios, fortalecerán el programa de recuperación de suelos degradados y captura de agua, a través de la realización de acciones y obras de restauración.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado de Tlaxcala, CONAFOR, municipios y propietarios.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	30%	*	20%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%	*	0%

- **Meta:** Ampliar la recuperación y restauración de los suelos erosionados en un 5% anual en el Estado de Tlaxcala.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 15.1.-** 500 mil pesos.
    - **Acción 15.2.- 100** mil pesos.
    - **Acción 15.3.-** 1 millón de pesos (en adelante).

Eje estratégico 5.- Eficiencia energética.

Medida 16. Incentivar el uso de energía limpia o alternativa

- **Objetivo:** Establecer un programa que fomente y gestione el uso de energía limpia o alternativa, para reducir el uso y consumo de combustibles fósiles.

- **Justificación:** El balance energético del Estado de Tlaxcala en capítulos previos, describe un alto consumo y dependencia de combustibles de origen fósil, prácticamente en todos los sectores, desde el de transporte, el industrial, comercial, hasta habitacional. No obstante, las condiciones en materia de insolación y viento a las que se tiene acceso, permitirían explotar estos recursos inagotables en mayor proporción; fundamentalmente para la generación de energía eléctrica y térmica. La situación actual, es que no se ha fomentado su uso de una manera adecuada y sistematizada, además, de que no existe un programa formal en el Estado de Tlaxcala que brinde acceso a bajos costos y a una asesoría especializada.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
16.1	Elaborar los mapas de energía renovables (eólica y solar) del Estado de Tlaxcala, mediante sistemas de información geográfica.	Gobierno del Estado/ Academia.	Shape – SIG.		*		*		*		*		*
16.2	Actualizar los estudios del balance energético, que describan las fuentes de generación, así como los sectores de consumo.	Gobierno del Estado/ Academia.	Balance Energético.	*		*		*		*		*	

16.3	Emprender acciones conjuntas con SENER, CONUEE, FIDE y otras organizaciones; para buscar la incorporación en el Estado de criterios eficiencia energética, en los sectores habitacional, servicios, comercios e industria.	Gobierno del Estado.	Convenios de colaboración.		*	*	*	*					
16.4	Elaborar el "*Programa de eficiencia energética del Estado de Tlaxcala*". Que establezca criterios y recomendaciones para reducir el consumo de energéticos. Con base a sus tendencias actuales y escenarios futuros.	Gobierno del Estado/SENER/ INECC/CRE.	Programa de eficiencia energética.		*	*	*						
16.5	Fomentar uso e instalación de sistemas solares y eólicos en el Estado, a través de convenios con instituciones académicas y/o proveedores. Iniciando en la infraestructura gubernamental y/o empresarial.	Gobierno del Estado.	Kws. (Potencia instalada en kw).	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
16.6	Solicitar a PEMEX a través de la CAMe el suministro de gasolinas limpias, así como diésel de ultra bajo azufre (UBA) para el transporte público.	CAMe, Gobierno del Estado y PEMEX.	Solicitud		*	*	*						
16.7	Promover coordinadamente con la academia, la investigación y el desarrollo de tecnologías en materia de energías no convencionales.	Gobierno del Estado/ Academia.	Estudios sobre energías renovables.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado será el principal promotor del uso de energía de renovables, así como el responsable de elaborar el programa de eficiencia energética estatal, además de buscar la distribución de combustibles más limpios en los diferentes sectores. Asimismo, buscar la inserción de tecnologías en energías renovables.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, SENER, CONUEE, FIDE, Academia, cámaras industriales cámaras, asociaciones comerciales. entre otros.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.	*	n.a.

n.a. No aplica

- **Metas:** Aumentar la capacidad instalada de aprovechamiento de energía solar en un 50% y eólica en un 20% con respecto al año 2013 para finales del programa.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 16.1.-** 300 mil pesos.
    - **Acción 16.2.-** 700 mil pesos.
    - **Acción 16.3.-** 0 pesos.
    - **Acción 16.4.-** 500 mil pesos.
    - **Acción 16.5.-200** milpesos.
    - **Acción 16.6.-** 0 pesos.
    - **Acción 16.7.-** 0 pesos.

Eje estratégico 6.- Fortalecimiento institucional, políticas públicas y legislación.

Medida 17. Consolidar el sistema de monitoreo atmosférico del Estado de Tlaxcala.

- **Objetivo:** Fortalecer el sistema de monitoreo atmosférico en el Estado.

- **Justificación:** Actualmente el Estado de Tlaxcala, como se puede consultar en capítulos anteriores, cuenta con un sistema manual de muestreadores de alto volumen conocidos como "Hi-vol"; que únicamente miden material particulado y que requiere para su interpretación el análisis de laboratorio, el cual no ha mantenido una continuidad en su diagnóstico y operación debido a que ha sido manejado por distintas instancias académicas y gubernamentales. En este tenor, podemos mencionar que sí existe un registro de información, pero no con la suficiencia y validación que se requiere para establecer un plan preciso de medidas de control.

  Por otra parte, se requiere el análisis otros contaminantes, por lo que es necesario contar con un sistema de "monitoreo automático", este sistema garantizará información oportuna y en tiempo real de las concentraciones de los contaminantes presentes en la atmósfera, al tiempo de observar y vigilar el cumplimiento a la normatividad oficial vigente.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
17.1	Realizar un estudio de dispersión de contaminantes en el Estado de Tlaxcala, así como la ubicación de las estaciones de monitoreo.	Gobierno del Estado/ Academia.	Estudio de dispersión.	*	*								
17.2	Adquisición de estaciones de monitoreo automáticas.	Gobierno del Estado. PEF/CAMe.	Adquisición de estaciones.		*	*							

17.3	Actualizar el marco legal estatal en materia calidad del aire en congruencia con el marco nacional.	Congreso local.	Marco legal publicado		*	*							
17.4	Establecer los criterios para implementar y aplicar la NOM-156-SEMARNAT-2012 "*Establecimiento y operación del sistemas de monitoreo de la calidad del aire*".	Gobierno del Estado.	Aplicación norma.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
17.5	Conformar el "*Centro de control de la calidad del aire*"; que opere los sistemas de control de calidad, suficiencia de datos, estadística, validación y reporte.	Gobierno del Estado.	Centro de control.			*	*						
17.6	Elaborar e implementar un programa de mantenimiento y operación del sistema de monitoreo de la calidad del aire (hi-vol y automático).	Gobierno del Estado.	Programa de mantenimiento y operación	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
17.7	Implementar el monitoreo personal, puntual y pasivo en zonas urbanas y rurales del Estado, evaluando extramuros e intramuros.	Gobierno del Estado.	Monitoreo personal y puntual			*	*	*					
17.8	Integrar el sistema de monitoreo del Estado de Tlaxcala al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire "SINAICA".	Gobierno del Estado e INECC.	Integración al SINAICA.			*	*	*	*	*	*	*	*
17.9	Difundir amplia y oportunamente la información de calidad del aire a los diferentes sectores a través de la construcción de del índice de calidad del aire - Tlaxcala.	Gobierno del Estado/ Academia.	Índice – Tlaxcala.			*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno estatal será el responsable de conducir la política pública en la entidad, apoyándose en la SEMARNAT e INECC. Para ello deberá gestionar la adquisición de estaciones de monitoreo garantizando su correspondiente mantenimiento. Asimismo, establecerá los alcances del monitoreo ambiental, personal, puntual o regional que a sus intereses competan. Por otra parte será responsable de la actualización y ampliación del sistema. De igual manera, difundirá la información de forma oportuna a través de su centro de control que para tal objetivo conforme, asimismo se integrará al SINAICA. Por otra parte, del producto obtenido a través del monitoreo atmosférico, se derivaran las acciones pertinentes de prevención y control de la contaminación del aire.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, PEF, SEMARNAT, INECC y academia.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Establecer un sistema (Red Automática) de monitoreo atmosférico para medir contaminantes normados en un periodo máximo que no exceda el 2017, contar con una cobertura del 50% de las zonas urbanas más importantes del Estado.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 17.1.-** 300 mil pesos.
  - **Acción 17.2.-** 4 millones de pesos
  - **Acción 17.3.-** 100 mil pesos.
  - **Acción 17.4.-** 300 pesos.
  - **Acción 17.5.-** 2 millón de pesos.
  - **Acción 17.6.-** 1 millones de pesos.
  - **Acción 17.7.-** 2 millones de pesos.
  - **Acción 17.8.-** 200 mil pesos.
  - **Acción 17.9.-** 300 mil pesos.

Medida 18. Actualización periódica de los inventarios de emisiones a la atmósfera

- **Objetivo:** Contar con información actualizada de las emisiones generadas por las distintas fuentes de emisión (móviles, de área, fijas y naturales) de manera cuantitativa, conforme a los criterios establecidos en el Inventario Nacional de Emisiones.

- **Justificación:** En el Estado de Tlaxcala existen distintas fuentes de emisión que son clasificadas en cuatro grandes grupos (móviles, de área, fijas y naturales). En este sentido, se requiere conocer la "*aportación*" de cada una de ellas, para lo cual se recabará información y se aplicarán modelos para estimar su potencial aportación, lo que permitirá identificar el impacto de cada una de éstas sobre la calidad del aire. El conocimiento de los contaminantes emitidos en un área así como las fuentes que los producen, el sector industrial es el principal emisor de contaminantes de SO_2, el de transporte es en los contaminantes CO Y NOx, así como el sector comercios, servicios y casas habitación en el de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y NH_3 y emisiones de COV´s.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
18.1	El Gobierno del Estado, a través de la Coordinación General de Ecología realizará convenios con las distintas instancias estatales y	Gobierno del Estado	Convenios.	*		*		*		*		*	

	federales para recopilar la información correspondiente.													
18.2	El Gobierno del Estado, generará la información de su competencia y solicitará la correspondiente al gobierno federal.	Gobierno del Estado.	Acopio de información.	*		*		*		*		*	
18.3	Determinar el aporte de emisiones por fuente, de manera cualitativa y cuantitativa, conforme a las metodologías correspondientes.	Gobierno del Estado.	Inventario	*		*		*		*		*	
18.4	Validación de los resultados	Gobierno del Estado/INECC/ SEMARNAT.	Reporte de resultados.	*		*		*		*		*	
18.5	Publicación del inventario.	Gobierno del Estado	Inventario publicado	*		*		*		*		*	

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado se coordinará con la SEMARNAT e INECC para establecer los criterios de elaboración del inventario, asimismo, recabará con las distintas instancias municipales, estatales y federales la información correspondiente, posteriormente, se estimará la aportación de cada una de las fuentes a través de modelos y el análisis especializado; describiendo los resultados de manera cualitativa y cuantitativa (toneladas de contaminantes/año) por fuente y por municipio. Posteriormente se realizará su publicación.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, SEMARNAT e INECC, instancias correspondientes.
- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Publicación bianual del Inventario de emisiones a la atmósfera actualizado.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 18.1.-** 0 pesos.
  - **Acción 18.2.-** 100 mil pesos.
  - **Acción 18.3.-** 550 mil pesos.
  - **Acción 18.4.-** 0 pesos.
  - **Acción 18.5.-** 150 mil pesos.

Medida 19. Diseñar e incorporar instrumentos económicos con fines ambientales

- **Objetivo:** Brindar a los distintos sectores socioeconómicos del Estado de Tlaxcala, instrumentos fiscales, económicos y/o de mercado a los que puedan acceder para realizar mejoras en materia ambiental y obtener beneficios fiscales.

- **Justificación:** Una gran parte de la actividad productiva y de los generadores de emisiones a la atmósfera, no cuentan con oportunidades en materia fiscal que les permita invertir en mejoras ambientales. La ocasión de incorporar algún sistema de control o tecnología coadyuvará a reducir las emisiones. No obstante, a veces no se cuenta con el capital o los incentivos correspondientes para lograrlo.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
19.1	Actualizar y publicar el marco normativo estatal, para incluir instrumentos fiscales, económicos o de mercado para obtener mejoras en materia ambiental.	Gobierno Estatal/ Congreso local.	Marco normativo actualizado		*	*							
19.2	Conformar un fondo ambiental de acuerdo a lo establecido en las leyes	Gobierno estatal.	Fondo ambiental.		*	*	*						
19.3	Elaborar un programa de incentivos fiscales y fondos verdes.	Gobierno estatal.	Programa.			*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado en coordinación con el congreso local, revisarán y adecuaran en su caso el marco normativo estatal en materia de atmósfera. Posteriormente, elaborarán un programa de incentivos fiscales, asimismo, se conformará un fondo ambiental en materia de atmósfera y se buscarán las fuentes o mecanismos para recibir recursos y que estos puedan ser aplicables a acciones de prevención y control para mitigar la contaminación del aire.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, Congreso local e instituciones participantes.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

- **Meta:** Incorporar incentivos fiscales e instrumentos económicos en la ley, así como conformar un fondo ambiental en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica a más tardar en el 2017.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 19.1.-** 150 mil pesos.
    - **Acción 19.2.-** 50 mil pesos.
    - **Acción 19.3.-** 100 mil pesos.

Eje estratégico 7.- Protección a la salud humana en el Estado de Tlaxcala.

Medida 20. Fortalecer el programa de vigilancia epidemiológica relacionado con la calidad del aire

- **Objetivo:** Consolidar el sistema de información estadístico que contenga el registro de los casos de atención medica relacionados con la contaminación atmosférica.

- **Justificación:** La amplia gama de emisiones contaminantes que se generan en el Estado de Tlaxcala, tienen un grado de incidencia sobre la salud de la población, propician enfermedades como infecciones respiratorias agudas (IRAS), bronconeumonías, asma, otitis media, faringitis, isquemias, entre otras. Por lo que se hace necesario fortalecer el Programa de Vigilancia Epidemiológica (PVE) de Tlaxcala, adscrito al Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), en materia de calidad del aire, que sirva como medio de evaluación y correlación, entre los contaminantes atmosféricos y la salud humana.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
20.1	Actualizar un registro estadístico histórico de los casos de morbilidad y mortalidad, por causas de afecciones respiratorias.	Sector salud estatal (COEPRIS).	Base de datos de casos epidemiológicos.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
20.2	Establecer periodos de reporte, de los registros de los casos por estacionalidad, así como de la zonificación a través de sistemas de información geográfica, en coordinación con la COFEPRIS.	Sector salud estatal (COEPRIS).	Reportes periódicos.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
20.3	Publicación de las estadísticas de salud.	Sector salud estatal	Informe			*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado de Tlaxcala, a través del sector salud en coordinación con las instancias federales homólogas, serán las encargadas de conjuntar y mantener actualizadas las bases de datos de los casos y cuadros epidemiológicos de los padecimientos que tengan una potencial relación con la contaminación atmosférica.

- **Actores involucrados:** Sector salud de los ámbitos federal y estatal.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción.															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Contar con una base de datos cronológica (semanal, mensual y anual) consolidada de casos relacionados con la contaminación atmosférica, que permita la posterior correlación; que derive en la implementación de políticas para mitigar los efectos e incidencia sobre la salud humana partir del 2016.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 20.1.-** 150 mil pesos.
    - **Acción 20.2.-** 200 mil pesos.
    - **Acción 20.3.-** 200 mil pesos.

Medida 21. Identificar la incidencia de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población en zonas urbanas y rurales, así como sus costos económicos

- **Objetivo:** Identificar el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud humana y calcular los costos económicos que esto genera en las zonas rurales (intramuros) y áreas urbanas.

- **Justificación:** Las emisiones contaminantes extramuros e intramuros generadas por las diversas fuentes de contaminación, tienen un potencial impacto sobre la salud de la población, en este sentido; se requiere conocer cuál es su otencial, así como su costo, necesario para establecer acciones que favorezcan la calidad de vida de la población bajo las condiciones ambientales a las que están expuestos.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
21.1	Determinar el porcentaje de incidencia que tiene la contaminación sobre los casos de morbilidad y mortalidad por tipo de padecimiento.	Gobierno de Estado (COEPRIS).	Documento con resultados del análisis		*		*		*		*		*
21.2	Estimación de la dosis - respuesta en función de la magnitud de los tiempos de exposición a los contaminantes en los espacios intramuros y extramuros. Identificando las muertes o años de vida perdidos	COFEPRIS, Sector Salud estatal.	Registros salud - ambiente.		*		*		*		*		*

	ocasionados por la contaminación del aire.													
21.3	Realizar un estudio de modelación, mapeo en coordinación con COFEPRIS	COFEPRIS	Estudio.		*		*		*		*		*
21.4	Cuantificar los costos económicos de la contaminación atmosférica en el sector salud.	Gobierno de Estado/ COFEPRIS.	Estimación del costo económico.		*		*		*		*		*

- **Instrumentación:** El sector salud del Estado de Tlaxcala y federal, conformarán un equipo de trabajo cuya función será la de mantener actualizada la información referente a morbilidad y mortalidad en el Estado por tipo de padecimientos relacionados con la contaminación atmosférica. A partir de ello, se correlacionarán los niveles de la contaminación del aire que causan daño sobre la salud de la población, cuantificando los costos económicos y humanos.

- **Actores involucrados:** Sector salud y ambiental en los ámbitos federal y estatal.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Formular la estadística correspondiente al impacto que tienen las emisiones en el área de la salud de la población y con base en esto, a más tardar a partir del 2017.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 21.1.-** 1 millón de pesos.
    - **Acción 21.2.-** 500 mil pesos.
    - **Acción 21.3.- 300** mil pesos.
    - **Acción 21.4.-** 500 mil pesos.

Medida 22. Elaborar un plan de contingencias atmosféricas para las principales zonas urbanas del Estado de Tlaxcala

- **Objetivo:** Establecer un conjunto de fases de alertamiento y actuación en los sectores gobierno – población, una vez se cuente con un sistema de monitoreo automático.

- **Justificación:** En el Estado de Tlaxcala, por la propia actividad natural y antropogénica existe la posibilidad de que se presenten eventos que incrementen los niveles de concentración de contaminantes en el aire. En este sentido, es necesario contar con un plan de contingencias que establezca las acciones a realizar para salvaguardar en un momento dado la salud de la población y ecosistemas.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
22.1	Establecer los límites de concentración por tipo de contaminante que active la contingencia correspondiente.	Gobierno del Estado, Sector Salud.	Límite máximo permisible.				*	*	*				
22.2	Establecer las fases y criterios de respuesta - actuación versus concentraciones atmosféricas.	Gobierno del Estado, Sector Salud.	Fases de contingencia.				*	*	*				
22.3	Elaborar y publicar el Plan de Contingencias Atmosféricas para el Estado de Tlaxcala (PCAT).	Gobierno del Estado, Sector Salud y Ambiental.	Plan de contingencias atmosféricas.				*	*					
22.4	Aplicar y difundir el Plan de contingencias atmosféricas y capacitar a los actores involucrados para su aplicación.	Gobierno del Estado.	Campaña de difusión.						*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** Gobernación del Estado de Tlaxcala en coordinación con el sector salud ambiental y protección civil, elaborarán el Programa de Contingencias Atmosféricas, la parte operativa y de ejecución corresponderá a protección civil.

- **Actores involucrados:** Gobernación del Estado de Tlaxcala, sector salud, ambiental estatal y federal, SEMARNAT, PROFEPA y Protección Civil.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a No aplica

- **Meta:** Contar con un programa de Contingencias Atmosféricas en el Estado de Tlaxcala para actuar en caso de evento(s) de contaminación atmosférica.

- **Costo estimado:**

    - **Acción 22.1.-** 100 mil pesos.
    - **Acción 22.2.-** 100 mil pesos.
    - **Acción 22.3.-** 500 mil pesos.
    - **Acción 22.4.-** No estimado pesos.

Eje 8.- Comunicación, Investigación y educación ambiental.

Medida 23. Construir el Índice Estatal de la Calidad del Aire y los mecanismos de comunicación

- **Objetivo:** Establecer el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala, como instrumento de difusión y comunicación de las condiciones prevalecientes e históricas de la calidad del aire.

- **Justificación:** Actualmente los habitantes del Estado de Tlaxcala no cuentan con un índice que los mantenga informados sobre los niveles de contaminación del aire que respiran para tomar las medidas precautorias.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
23.1	Desarrollar un portal web donde se presenten en tiempo cuasi-real los reportes e índices de la calidad del aire.	Gobierno del Estado.	Página web.			*	*	*					
23.2	Desarrollar los algoritmos correspondientes que permitan presentar los niveles de contaminación en función de las concentraciones, así como en "Puntos IECAT".	Gobierno del Estado.	Índice IECAT Algoritmos y elaboración de banderas.			*	*	*					
23.3	Difundir el IECAT	Gobierno del Estado.	Programa.			*	*	*					
23.4	Mantenimiento y actualización del portal web en materia de calidad del aire.	Gobierno del Estado.	Información actualizada.			*		*		*		*	

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado hará un software en plataforma web, donde se presente en tiempo cuasi-real los reportes e índices de la calidad del aire generadas por las estaciones de monitoreo. Mediante el desarrollo de algoritmos que permitan presentar los niveles de contaminación en concentraciones, así como en "Puntos IMECA".

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica

- **Meta:** Contar con un sistema capaz de mantener informada a la población, día con día, de los niveles que guarda la calidad del aire en el Estado de Tlaxcala, a más tardar en el 2017.

- **Costo estimado por unidad de cambio:**

    - **Acción 23.1.-** 200 mil pesos.
    - **Acción 23.2.-** 150 mil pesos.
    - **Acción 23.3.-** 500 mil pesos.
    - **Acción 23.4.-** 200 mil pesos.

Medida 24. Impulsar el desarrollo de proyectos de investigación y educación en materia de calidad del aire

- **Objetivo:** Promover proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en materia de la calidad del aire y contaminación atmosférica, así como incorporar ésta temática en las áreas de educación formal y no formal.

- **Justificación:** La situación actual de nuestro país y Estado, demanda estudios y desarrollos tecnológicos que permitan entender y dar solución a los variados problemas atmosféricos como son; por nombrar algunos: el comportamiento y dispersión de los contaminantes atmosféricos, efectos en la salud humana, inventarios de emisiones, caracterización y mecanismos de mitigación y control de los contaminantes atmosférico, entre otros más. Por lo que es necesario impulsar líneas de investigación en la materia a través de la gestión de recursos para dichos propósitos.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
24.1	Identificar temas prioritarios en materia atmosférica, para establecer proyectos específicos de investigación científico-tecnológica.	Gobierno del Estado/ Academia.	Lista de temas prioritarios.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
24.2	Incorporar en la currícula de los niveles educación básica y media superior, el tema de calidad del aire y contaminación atmosférica.	SEP estatal.	Tema incorporado.		*	*							
24.3	Establecer cursos, diplomados, talleres y conferencias en materia de calidad del aire y contaminación atmosférica.	Gobierno del Estado/ Academia.	Número de eventos.		*	*	*	*	*	*	*	*	*
24.4	Crear acuerdos gobierno - centros de investigación, para la creación y desarrollo de proyectos.	Gobierno del Estado/ Academia.	Acuerdos.		*	*	*	*	*	*	*	*	*

24.5	Identificar fuentes de financiamiento y gestionar los recursos económicos para el impulso y desarrollo de proyectos de investigación y educación.	Gobierno del Estado/ Academia/ Gobierno federal.	Recursos económicos (pesos).		*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado identificará temas prioritarios que sean objeto de investigación por parte de las instituciones de educación superior, que en coordinación con las dependencias y sectores involucrados den solución a las demandas científico-tecnológicas. Además, propiciará el fortalecimiento de las capacidades locales de investigación en materia de calidad del aire que contribuyan a reducir emisiones a la atmósfera.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado, SEMARNAT, CONACyT, instituciones educativas y otros.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica.

- **Meta:** Impulsar al menos un proyecto de investigación en materia de calidad del aire al año en el Estado de Tlaxcala.

- **Costo estimado:**

  - **Acción 24.1.-** 0 pesos.
  - **Acción 24.2.-** 20 mil pesos.
  - **Acción 24.3.-** 20 mil pesos.
  - **Acción 24.4.-** 0 pesos.
  - **Acción 24.5.-** 0 mil pesos.

Medida 25. Crear el "*Comité Núcleo del ProAire – Tlaxcala*" como órgano de consulta y seguimiento de las políticas y gestión de calidad del aire

- **Objetivo:** Contar con un órgano permanente de consulta y seguimiento en temas relacionados con calidad del aire, integrado por representantes de los distintos sectores sociales y gubernamentales.

- **Justificación:** Es necesario brindar a los diferentes sectores de la sociedad un medio por el cual se puedan expresar, proponer, evaluar y dar seguimiento a las acciones que los tres órganos de gobierno y academia realizan en la materia de gestión de la calidad del aire. Además es necesario para llevar a buen fin las acciones antes planteadas. El "*Comité núcleo del ProAire del Estado de Tlaxcala*" se constituirá legalmente y contendrá su propio reglamento y estatutos, además de sesionar periódicamente.

- **Periodo de ejecución:**

ID	Acciones	Responsable	Indicador de Cumplimiento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
25.1	Establecimiento del comité núcleo del ProAire del Estado de Tlaxcala dentro del COPLADET	Gobierno del Estado.	Acta constitutiva	*	*								
25.2	El Comité núcleo del ProAire del Estado de Tlaxcala dará seguimiento al cumplimiento y avance de las medidas implementadas en el ProAire.	Comité.	Seguimiento medidas.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

- **Instrumentación:** El Gobierno del Estado lanzará a los distintos sectores sociales una convocatoria para conformar e integrar el Comité de Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala. Mismo que se constituirá dentro del marco jurídico para tener personalidad propia y dará seguimiento al cumplimiento y avance de las medidas implementadas en el ProAire, sesionando mínimo 3 veces al año de manera ordinaria.

- **Actores involucrados:** Gobierno del Estado de Tlaxcala, Comité estatal de calidad del aire.

- **Contaminantes involucrados y potencial reducción:** Identificación y caracterización de los contaminantes implicados en las medidas, así como su potencial reducción.

Contaminantes involucrados y potencial reducción															
PM_{10}	Reducción	**$PM_{2.5}$**	Reducción	**SO_2**	Reducción	**CO**	Reducción	**NO_X**	Reducción	**COV**	Reducción	**Tóxicos**	Reducción	**GEI**	Reducción
*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a	*	n/a

n/a.- no aplica.

- **Meta:** Establecer un Comité de calidad del aire en el Estado de Tlaxcala como órgano de consulta y seguimiento de las políticas y gestión de calidad del aire.

Costo estimado:

  - **Acción 25.1.-** 10 mil pesos.
  - **Acción 25.2.-** 0 pesos.
  - **Acción 25.3.- 5**0 mil pesos.
  - **Acción 25.4.**- 50 mil pesos.

9

Fuentes de financiamiento

9. Fuentes de financiamiento

Para el desarrollo, aplicación y logro de las medidas y acciones planteadas en el presente documento "ProAire – Tlaxcala 2014 - 2023, es necesario contar con los mecanismos de financiamiento como lo son: recursos federales, estatales y municipales, así como inversiones internacionales, privadas y de organismos no gubernamentales. Por otra parte, es preciso aclarar que los procesos requieren cumplir con diversos requisitos y lineamientos según corresponda.

Mecanismos de financiamiento

- Inversiones federales, estatales y municipales.
- Programas sectoriales.
- Recursos institucionales.
- Recursos privados.
- Donaciones.
- Aportaciones de instituciones internacionales.
- Líneas de crédito.

Para solicitar financiamiento es necesario que se cuente con las capacidades y asistencia técnica correspondiente, en la figura anterior se muestran las distintas ramas del financiamiento.

A continuación se presentan las potenciales fuentes de financiamiento y apoyo para la implementación de programas y acciones en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica para mejorar las condiciones de la calidad del aire. En este apartado se identifican programas y esquemas de financiamiento con la intención de acceder a los recursos económicos necesarios para la ejecución de las medidas propuestas para el Programa de Mejora de Calidad del Aire en el Estado de Tlaxcala 2014 -2023. Cabe señalar que cada una de ellas están sujetas a reglas de operación específicas, tiempos, requerimientos y condiciones.

Local: Presupuesto de Egresos del Estado de Tlaxcala

Descripción: Dentro de la clasificación funcional del Presupuesto de Egresos del Estado de Tlaxcala, se puede encontrar en el apartado de desarrollo social, específicamente en materia de protección ambiental, la siguiente clasificación: la ordenación de desechos; administración del agua; ordenación de aguas residuales, drenaje y alcantarillado; reducción de contaminación; protección de la diversidad biológica y del paisaje, entre otros.

Información del apoyo otorgado: El monto de apoyo otorgado tiende a variar dependiendo del ejercicio fiscal que corresponda, por ejemplo, para el año 2014 la suma total en materia de protección ambiental fue de $88,164,700.75 pesos, del cual se destinó cerca del 78% en materia

de reducción de la contaminación, el 18% en materia de administración del agua y el 4% en materia de ordenación de aguas residuales, drenaje y alcantarillado.

Datos de contacto:
Página web: http://www.tlaxcala.gob.mx/
Oficinas de gobierno: (246)46 50900 ó 52960

Nacional: Programa de Fortalecimiento Ambiental de las Entidades Federativas

Descripción: Es un programa que contribuye al cumplimiento de los objetivos relacionados con el cuidado del medio ambiente y metas vinculadas con el desarrollo sustentable y el crecimiento ecológico como meta fundamental de los gobiernos en sus tres órdenes.

Información del apoyo otorgado: Se favorece conforme al cumplimiento de los criterios que establece la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados con en los Acuerdos que derivan del mecanismo de discusión y aprobación del Presupuesto de Egresos de la Federación que al efecto establezca la Comisión de Presupuesto y Cuenta Pública.

Postulantes: Todas las Entidades Federativas de la República Mexicana, los Municipios y Delegaciones del D.F.

Datos de contacto:
Contacto: Ing. Leopoldo Chacón Valenzuela
Director General Adjunto de la Dirección General de Programación y Presupuesto
Teléfonos: 56280600 Ext. 10608 y 54902100 Ext. 22164
Correo electrónico: leopoldo.chacon@semarnat.gob.mx

Nacional: Programa de Desarrollo Institucional Ambiental (PDIA)

Descripción: Este programa tiene como objetivo contribuir al fortalecimiento de la capacidad institucional de gestión y planeación ambiental de las dependencias ambientales estatales.

Información del apoyo otorgado: Para que los Gobiernos Estatales tengan la posibilidad de acceder a los recursos federales, deberán contar con un Convenio de Coordinación entre SEMARNAT y el Gobierno Estatal; contar con un PEFI y haber cumplido satisfactoriamente con programas de subsidio similares en los que haya participado. El monto varía de acuerdo al ejercicio fiscal que correspondiente, por ejemplo, al año 2014, el techo presupuestal fue de 3,000,000.00.

Postulantes: Dependencias estatales y municipales encargadas de proteger recursos naturales y del medio ambiente, como son Secretarías, Comisiones, Coordinaciones, Institutos, Consejos, Direcciones Generales, Procuradurías y aquellas que los gobiernos estatales designen como autoridades ambientales.

Datos de contacto:
Dirección: Calle 37 número 403, Colonia Xicohtencalt, Código Postal 90062, Tlaxcala, Tlax.
Teléfono: (246) 462-4134
Horario de Atención al Público: Lunes a viernes de 9:30 a 14:30 hrs.
Página web: http://www.semarnat.gob.mx/apoyos-y-subsidios/pdia

Nacional: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Descripción: La Comisión Nacional Forestal, es un Organismo Público descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal. Cuenta con programas de apoyo orientados a la preservación, cuidado y protección de las áreas boscosas.

Postulantes: Personas físicas, morales y jurídico-colectivas (ejidos y comunidades) que cumplan con los criterios de elegibilidad, los requisitos, y demás disposiciones relativas para solicitar apoyos, señaladas en las Reglas de Operación del PRONAFOR y anexos.

Información del monto: Reciben apoyo las actividades de estudios y proyectos; desarrollo de capacidades; restauración forestal y reconversión productiva; silvicultura, abasto y transformación y servicios ambientales. Los montos varían de acuerdo al concepto, por ejemplo respecto de la restauración se pueden otorgar montos de hasta 7,836.00 pesos.

Datos de Contacto:
Dirección: Av. Vicente Guerrero Núm. 5, colonia Centro C.P. 90000, Tlaxcala
Teléfono: (246) 466 3578, 466 3579
Correo electrónico: http://www.conafor.gob.mx/web/apoyos/apoyos-2015/

Internacional: Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur - Sur (PDIA)

Descripción: A través del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, México está generando factores de emisión óptimos para la estimación y absorciones de dióxido de carbono a nivel nacional. El objetivo principal del proyecto es proporcionar información precisa sobre la ganancia y pérdida de carbono en bosques debido a múltiples actividades humanas y disturbios naturales. Esta información se empleará para los reportes nacionales a las Naciones Unidas. Se realizan evaluaciones del Inventario Nacional Forestal y de Suelos para medir y estimar carbono en la biomasa aérea.

Datos de contacto:
Dirección: Periférico Poniente No. 5360, colonia San Juan de Ocotán. Zapopan, Jal. CP 45019.
Teléfono: 01 (33) 3777-7000 ext. 8052
Correo electrónico: info@mrv.mx
Twitter: @MRVMéxico
Facebook: MRV México
Página web: http://www.mrv.mx/index.php/es/

Internacional: Banco Mundial

Descripción: Es uno de los organismos especializados del sistema de las Naciones Unidas, que se define como una fuente de asistencia financiera y técnica para los llamados países en desarrollo. Entre sus múltiples objetivos está el tema medio ambiental. Otorgando préstamos de bajo interés, créditos sin intereses a nivel bancario y apoyos económicos a las naciones en desarrollo. El Grupo del Banco Mundial ofrece una amplia gama de soluciones para hacer frente a los desafíos de desarrollo; todas están diseñadas para respaldar a los Gobiernos en sus esfuerzos por reducir la pobreza e impulsar la prosperidad en un esquema sustentable.

Datos de contacto:
Responsable: Carlota Molina
Dirección: Insurgentes Sur No. 1605, Piso 24 Col. San José Insurgentes, México 03900, D. F.
Teléfono: (+5255) 5480-4200
Correo electrónico: cmolinahernandez@worldbank.org
Página web: http://www.bancomundial.org/

Internacional: Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Descripción: Es una institución que apoya en el diseño de proyectos, y provee asistencia financiera, técnica y servicios de conocimiento para el desarrollo. Algunos proyectos del BID buscan abordar y mitigar los impactos del cambio climático en áreas de energía renovable, eficiencia energética, reciclaje y biocombustibles, además de invertir en proyectos de educación, salud, vivienda, capacitación laboral y fortalecimiento de capacidades e infraestructura.

Postulantes: Para participar en oportunidades de contratos, tanto los oferentes como los bienes deben cumplir con el requisito de elegibilidad de país miembro del BID. La información a detalle sobre cómo cumplir con este requisito, se encuentra disponible en la sección de Elegibilidad en cada uno de los Documentos Estándar de Adquisiciones del BID.

Datos de Contacto:
Representante: Mercedes Rosalba Araoz Fernández
Dirección: Avenida Paseo de la Reforma Nº 222 Piso 11. Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F. 6600, México
Apartado postal : Avenida Paseo de la Reforma Nº 222 Piso 11. Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F. 06600, México
Teléfono: (52-55) 9138-6200
Fax: (52-55) 9138-6229
Correo electrónico: BIDMexico@iadb.org

Internacional: Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN)

Descripción: Institución internacional administrada y capitalizada en partes iguales por México, Estados Unidos y Canadá, tiene múltiples propósitos, entre ellos el apoyar proyectos de infraestructura ambiental.

Postulantes: El BDAN está autorizado para otorgar préstamos a acreditados, tanto del sector público como del sector privado, que operen en México o Estados Unidos.

Información del monto: El BDAN está preparado para financiar una parte de los costos de capital de los proyectos. Además, los proyectos podrán obtener recursos no reembolsables del PAC por hasta $500,000 dólares.

Elegibilidad: Los recursos del PAC (Programa de apoyo a comunidades) del BDAN están disponibles para proyectos promovidos por una entidad pública en todos los sectores ambientales en los que opera el BDAN. Sin embargo, se les dará prioridad a las obras de infraestructura en materia de agua potable, alcantarillado, saneamiento, conservación de agua y el manejo de residuos sólidos urbanos. Además, el financiamiento, construcción y operación del proyecto propuesto no deben depender de ninguno otro proyecto en desarrollo.

Datos de contacto:
Responsable: Juan Antonio Flores
Dirección: 203, South St. Mary's, Ste. 300, San Antonio, TX 78205
Teléfono: (210) 231-8000
Correo electrónico: webmaster@nadb.org

Internacional: Banco Nacional de Comercio Exterior, S. N. C

Descripción: Otorga crédito y financiamiento para atender proyectos sustentables, con el fin de incentivar la realización de proyectos destinados a la mejora del medio ambiente y al cumplimiento de la evaluación medio ambiental de las autoridades.

Requisitos: Ser una empresa legalmente constituida en México; no encontrarse en estado de insolvencia, quiebra, concurso mercantil o suspensión de pagos; mostrar solvencia moral y crediticia; Presentar proyectos con factibilidad económica, técnica, medio ambiental y social.

Información del monto: Permite a la empresa contar con un financiamiento a largo plazo con tasas de interés competitiva.

Datos de Contacto:
Delegado Tlaxcala: C. P Rubén Ortínez Zavala
Dirección: Blvd. Santa Ana-Tlaxcala No.194, Loc. 8 y 9, Plaza Premier, Col. Industrial, C.P. 90800, Santa Ana Chiautempan, Tlax.
Teléfono: (01 246) 462 3945, 462 6754 Fax (01 246) 462 7883

Internacional: Plan de Acción Global (GAP)

Descripción: Es un programa internacional auspiciado por el PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), que tiene como objetivo mejorar las condiciones de vida de las personas reduciendo el impacto que generamos sobre el medio ambiente, a través de un conjunto de acciones que se pueden realizar desde el hogar.

Datos de contacto:
Página web: http://www.programagap.org/index.php

Internacional: Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)

Descripción: Es una organización financiera independiente que ofrece donaciones a países en desarrollo y países con economías en transición para proyectos en las esferas del cambio climático, el agotamiento de la capa de ozono, la diversidad biológica, las aguas internacionales, la degradación de la tierra, y los contaminantes orgánicos persistentes.

Información del monto: El FMAM financia una amplia gama de tipos de proyectos que varían en función de la escala de los recursos del FMAM, las necesidades del proyecto y el tema abordado. Con el fin de ser aprobado, cada proyecto sigue un determinado ciclo de los proyectos.

Criterios de elegibilidad: Para que pueda tomarse en consideración una propuesta de proyecto tienen que cumplirse los siguientes requisitos: 1)ser compatible con las prioridades y programas nacionales del país elegible, 2)estar dirigido a una o más de las áreas focales del FMAM, la mejora

del entorno global o avanzar la posibilidad de reducir los riesgos a la misma, 3) ser coherente con la estrategia operacional del FMAM, 4) buscar financiamiento del FMAM sólo para el costo adicional convenido sobre medidas para lograr beneficios ambientales globales, 5) involucrar al público en el diseño e implementación del proyecto y 6) estar respaldado por el gobierno del país en el que se implementará.

Datos de contacto:
Área: GEF Secretariat
Dirección: 1818 H Street, NW, Mail Stop P4-400, Washington, DC 20433 USA
Tel: (202) 473-0508
Fax: (202) 522-3240/3245
Email: secretariat@thegef.org
Página web: http://www.thegef.org

Internacional: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)

Descripción: La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), es una Entidad de Derecho Público adscrita al Ministerio de Asuntos Exteriores y Secretaría de Estado de Cooperación Internacional y para Iberoamérica (SECIPI) y su objeto, según el Estatuto de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, es el fomento, la gestión y la ejecución de las políticas públicas de cooperación internacional para el desarrollo, dirigidas a la lucha contra la pobreza, calidad del aire y la consecución de un desarrollo humano sostenible en los países en desarrollo.

Asimismo, el Plan de Actuación Sectorial de Medio Ambiente de la AECID establece el fomento de un nuevo paradigma de desarrollo basado en economías sostenibles, caracterizadas por bajas emisiones de carbono y altos índices de biodiversidad, justicia social y equidad.

Datos de contacto:
Dirección: Avda. Reyes Católicos, nº 428040 Madrid
Centralita:(+34) 91 583 81 00
Fax General de la AECID: (+34) 91 583 83 10/11/13
En la sede están ubicados el Centro de Información y el Registro General de la Agencia:
Teléfono de Información General: 900 20 30 54
Fax del Centro de Información: (+034) 91 583 85 64
Buzón de contacto: centro.informacion@aecid.es
Página web: http://www.aecid.es/ES

Internacional: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)

Descripción: El objetivo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), es brindar apoyo a diferentes instancias nacionales e internacionales, así como proyectos de desarrollo, asistencia técnica y el desarrollo de un entorno financiero favorable, entre ellos está el estímulo en el sector ambiental.

USAID colabora con una gama de organizaciones mexicanas y norteamericanas incluyendo: gobierno federal, estatal y local, ONGs, y el sector privado.

Datos de contacto:
Dirección: U.S. Consulate Guadalajara. Progreso 175, Col. Americana. Guadalajara, Jalisco, México, C.P. 44160
México:
Tel: (01-33) 3268-2100
Fax: (01-33) 3826-6549
Desde los E.U.:
Tel: 011-52-33-3268-2100
Fax: 011-52-33-3826-6549
Página web: http://www.usaid.gov/

Internacional: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA)

Descripción: La USEPA es un organismo que ofrece fondos a los estados e instituciones sin fines de lucro y educacionales con el fin de mejorar las bases científicas para la toma de decisiones en asuntos de medio ambiente. Además la EPA proporciona ayuda financiera para investigaciones y becas para graduados. La agencia apoya proyectos de educación ambiental que fomentan la conciencia pública, el conocimiento, y habilidades para tomar decisiones informadas que afectan la calidad ambiental. La agencia también ofrece información a los estados, a los gobiernos locales y los negocios pequeños sobre financiamiento para proyectos y servicios ambientales. Finalmente otorga otras asistencias de ayudas financieras a través de programas como el de Fondo Circulatorio Estatal para Agua Potable, el Fondo Circulatorio Estatal para Agua Limpia, y el Programa de Rehabilitación de "Brownfields".

Más información: http://www.epa.gov/

Internacional: Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA)

Descripción: Es una Institución Administrativa Independiente que tiene como fin contribuir a la promoción de la cooperación internacional, así como, al firme desarrollo de las economías de Japón y de todo el mundo, dando apoyo al desarrollo socioeconómico, la recuperación o la estabilidad económica de los países en desarrollo.

Información de apoyo: Para el desarrollo de los recursos humanos y la formulación de los sistemas administrativos de los países en vías de desarrollo, la cooperación técnica conlleva el envío de expertos, el suministro de equipo necesario y la capacitación de personal procedente de los países en vías de desarrollo en Japón y otros países. Los planes de cooperación pueden adaptarse para responder a una amplia gama de temas. Los préstamos de AOD apoyan a los países en vías de desarrollo que se encuentren por encima de un cierto nivel de ingresos, proporcionando fondos en condiciones favorables con intereses reducidos a largo plazo (en yenes japoneses) para financiar sus esfuerzos para el desarrollo. Los préstamos de AOD se utilizan para infraestructura de grane escala y otras formas de desarrollo que requieren considerables fondos. Los préstamos de AOD son de bajo interés y a largo plazo, además se ofertan fondos concesionales para financiar los esfuerzos de desarrollo en cada país. Los términos y condiciones de préstamos de AOD japonesa, se detallan por categoría y INB per cápita, además se especifica la tasa de interés, el plazo de pago, el periodo de gracia y las condiciones para la contratación respectivamente.

Datos de contacto:
Página web: http://www.jica.go.jp
Oficina de JICA en México: Ejercito Nacional #904 Piso 16B Col. Palmas Polanco, México, D.F., C.P.11560
Teléfono: +52-55-55579995 Fax: +52-55-53950063

Internacional: Agencia de Cooperación de Alemania (GIZ)

La GIZ pertenece al gobierno federal alemán. Su propósito es contribuir positivamente al desarrollo político, económico, ecológico y social sostenible de los países en desarrollo. En el caso de México, el aspecto fundamental al cual se enfoca la GIZ es la protección del medio ambiente. Sus áreas prioritarias en este sentido son: manejo de agua potable y aguas residuales; minimización, reusó y manejo de residuos; transferencia de tecnología ambiental; protección de la calidad del aire, entre otras.

Datos de contacto:
Agencia de la GIZ en México
Dirección: Torre Hemicor, PH Av. Insurgentes Sur 826 Col. del Valle 03100 México D.F. Juárez
Teléfono: +52 55 55 36 23 44
Fax: +52 55 55 36 23 44
Email: giz-mexiko@giz.de
Postal Address: Oficina de Representación de la GIZ en México, Torre Hemicor, Piso 11, Av. Insurgentes Sur No. 826, Col. Del Valle, Del. Benito Juárez, 03100, México, D.F.
Página Web: http://www.giz.de/en/worldwide/306.html

Internacional: Fondo Francés para el Medio Ambiente (FFEM)

Descripción: Es un fondo público bilateral que tiene como objetivo favorecer a la protección del medio ambiente mundial en los países en desarrollo y transición. El FFEM subvenciona a través de proyectos de desarrollo sostenible la conservación del medio ambiente.

Postulantes: Entidades públicas y privadas.

Proyectos elegibles: Los proyectos deberán producir un impacto positivo significativo sobre el medio ambiente mundial y contribuir al desarrollo social y económico, también deberán ser proyectos innovadores manteniendo la perspectiva social, institucional, económica y ambiental.

Datos de contacto:
Página web: http://www.ffem.fr
Teléfono : 01 53 44 42 42
Fax : 01 53 44 32 48
Email: ffem@afd.fr

Internacional: Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, ICLEI

Descripción: ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, es una agencia internacional dedicada al medio ambiente, que apoya a los gobiernos locales a través de capacitación,

asistencia técnica y asesoría, en el diseño e implementación de programas de desarrollo sustentable.

Datos de contacto:
Dirección: Eje Central Lázaro Cárdenas #13 Piso 8 Interior 803. C.P. 06050 - Col. Centro México, D.F.
Teléfono: 01 (55) 3640-8725 y 01 (55) 5510-1442
Correo electrónico: iclei.mexico@iclei.org
Director Ejecutivo: M. en I. Edgar Villaseñor Franco
Correo electrónico: edgar.villasenor@iclei.org
Página web: www.iclei.org.mx

Internacional: Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo

Descripción: El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (International Development Research Centre - IDRC) contribuye a la búsqueda de soluciones a los problemas sociales, económicos y ambientales de las comunidades en el mundo en desarrollo, a través del financiamiento de investigaciones científicas. El CIID es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá. El CIID ha escogido como prioritarios los siguientes seis temas de desarrollo. Los mismas son: seguridad alimentaria; equidad en el uso de los recursos naturales; conservación de la biodiversidad; empleo sostenible; estrategias y políticas para sociedades saludables e información y comunicación.

Datos de contacto:
Página web: http://www.idrc.ca/EN/Pages/default.aspx
Teléfono: (+1) 613-236-6163
Fax: (+1) 613-238-7230
Correo electrónico: info@idrc.ca

Internacional: Fondo para Proyectos de Prevención de la Contaminación (FIPREV)

Descripción: Otorga crédito a las micro, pequeñas y medianas empresas para la identificación y puesta en marcha de inversiones para prevenir la contaminación ambiental, así como para el equipamiento y modernización tecnológica.

Información del monto: Hasta $200,000 para estudios de evaluación ambiental. Hasta $560,000 para proyectos de prevención o equipamiento.

Postulante: Ser una micro, pequeña o mediana empresa mexicana o persona física con actividad empresarial con alta en la SHCP; mínimo 2 años de antigüedad o tiempo de operación; contar con flujo de efectivo suficiente para soportar el proyecto; acreditar adecuada capacidad técnica y administrativa para ejecutar el proyecto y; cubrir los requisitos inherentes al otorgamiento del crédito (solicitud y documentos).

Datos de contacto:
Responsable: C.P. José Luis Carrera Domínguez
Correo electrónico: jlcarrera@funtec.org
Dirección: Manuel Ma. Contreras No. 133-101, Col. San Rafael, C.P. 06470

México, D.F.
Teléfono: (55) 55 91 0091
Fax: (55) 55 92 6882
Página web: www.funtec.org/programas/fppc.html
Correo electrónico: funtecleon@prodigy.net.mx

Iniciativa Privada

Descripción: El Sector privado juega un rol muy importante en el desarrollo de una economía de mercado, puesto que es el principal generador de empleos y de inversión. Sin embargo, pese a que el sector privado es un motor de crecimiento económico también contribuye en algunos casos a la preservación y conservación del medio ambiente.

El programa de financiamiento de apoyos del sector privado abarca varios temas en lo que se incluyen financiamiento de proyectos de infraestructura ambiental, conservación de la biodiversidad y equidad social.

Lista de tablas y figuras

Tabla 1.1 Principales elevaciones del Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.2 Principales almacenamientos de agua del Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.3 Climas presentes en el Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.4 Climas por municipio del Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.5 Temperatura y precipitación media para el Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.6 Tipos de suelo para el Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.7 Uso de suelos para el Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.8 Áreas Naturales Protegidas de carácter Estatal y Federal.
Tabla 1.9 Indicadores demográficos Tlaxcala.
Tabla 1.10 Población económicamente activa por edad, 2010-2020.
Tabla 1.11 Estructura sectorial del producto interno bruto de Tlaxcala, 2010.
Tabla 1.12 Sectores económicos del Estado de Tlaxcala.
Tabla 1.13 Distribución de los sectores económicos por municipio, 2010.
Tabla 1.14 Distribución de los sectores económicos 2010.
Tabla 1.15 Características de carreteras, caminos y sector transporte en el Estado de Tlaxcala.
Tabla 2.1 Estaciones manuales de la red de monitoreo atmosférico del Estado de Tlaxcala.
Tabla 2.2 Sitios de PST del Estado de Tlaxcala y años de monitoreo.
Tabla 2.3 Sitios de PM10 del Estado de Tlaxcala y años de monitoreo.
Tabla 2.4 Fuente de las bases de datos de PST y PM10 del Estado de Tlaxcala, 2014.
Tabla 2.5 Cumplimiento de la NOM 156 SEMARNAT 2012.
Tabla 2.6 Valores límites recomendados por la OMS para material particulado.
Tabla 2.7 Valores límites establecidos en las Norma Oficial Mexicana.
Tabla 2.8 Indicadores usados para la evaluación.
Tabla 2.9 Porcentaje de datos válidos por trimestre y por año de PST.
Tabla 2.10 Porcentaje de datos válidos por trimestre y por año de PM10.
Tabla 2.11 Valor del percentil 98 de PST.
Tabla 2.12 Valor del percentil 98 de PM10.
Tabla 2.13 Concentración promedio anual por estación de monitoreo de PST, ($\mu g/m^3$).
Tabla 2.14 Concentración promedio anual de PM10, ($\mu g/m^3$).
Tabla 2.15 Días por arriba del valor límite permisible por estación de monitoreo de PST.
Tabla 2.16 Días por arriba del valor límite permisible de norma por estación de monitoreo de PM10.
Tabla 2.17 Concentración promedio anual por estación de monitoreo de PST, ($\mu g/m^3$).
Tabla 2.18 Concentración promedio anual de PM10, ($\mu g/m^3$).
Tabla 2.19 localización de centros de verificación.
Tabla 2.20 Características generales de los CVV del Estado de Tlaxcala
Tabla 2.21 Cumplimiento al Programa de Verificación Vehicular (%).
Tabla 2.22 Potenciales de Calentamiento Global de los principales GEI.
Tabla 3.1 Inventario de emisiones a la atmósfera del Estado de Tlaxcala, año base 2011.
Tabla 3.2 Inventario de emisiones a la atmósfera por subcategoría, año 2011.
Tabla 3.3 Inventario de emisiones a la atmósfera de fuentes fijas del Estado de Tlaxcala, año 2011.
Tabla 3.4 Emisiones de fuentes fijas desglosadas por municipio en toneladas al año.
Tabla 3.5 Correspondencia vehicular EEUUA-México.
Tabla 3.6 Contaminantes analizados.
Tabla 3.7 Flota vehicular del Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.8 Condiciones climatológicas Estado de Tlaxcala en enero 2011.
Tabla 3.9 Altura promedio Estado de Tlaxcala
Tabla 3.10 Propiedades de los combustibles
Tabla 3.11 Emisiones de Fuentes Móviles para el Estado de Tlaxcala (ton/año).
Tabla 3.12 Población por municipio del Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.13 Categorías y subcategorías de fuentes de área.
Tabla 3.14 Metodología aplicada en el cálculo de emisiones.
Tabla 3.15 Emisiones por combustión comercial del Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.16 Emisiones por combustión doméstica del Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.17 Emisiones por uso de solventes del Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.18 Resumen de contaminantes emitidos por fuentes de área en el Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.19 Emisiones generadas por fuentes biogénicas en el Estado de Tlaxcala.
Tabla 3.20 Balance energético estatal 2011. Energía primaria en petajoules (PJ).
Tabla 3.21 Balance energético estatal 2011. Energía secundaria en petajoules (PJ).
Tabla 3.22 Producción estatal de energía, entradas y total de energía disponible (incluye cuantificación de electricidad).
Tabla 3.23 Consumo final de energía (PJ).
Tabla 3.24 Consumo energético en el sector industrial en Petajoules.
Tabla 4.1 Variables que inciden en la dispersión de los contaminantes.
Tabla 4.2 Variables que intervienen en la dispersión atmosférica.
Tabla 4.3 Niveles de estabilidad atmosférica.
Tabla 4.4 Instrumentación de técnicas de monitoreo atmosférico.
Tabla 4.5 Métodos de referencia.
Tabla 4.6 Objetivos y alcances de las metodologías de una red de monitoreo
Tabla 4.7 Características topográficas.
Tabla 4.8 Lineamientos para la ubicación de estaciones de monitoreo atmosférico por parte del Instituto Nacional de Ecología, 2008.
Tabla 4.9 Lineamientos con los que debe cumplir una estación de monitoreo OPS(Organización Panamericana de la Salud).
Tabla 4.10 Criterios de ubicación de tomas de muestra o estaciones para monitorear contaminantes atmosféricos.
Tabla 5.1 Efectos en la salud humana por contaminantes atmosféricos.
Tabla 5.2 Recomendaciones de las guías de calidad de aire de la organización mundial de la salud.
Tabla 5.3 Casos evitados de morbilidad.
Tabla 5.4 Estimaciones de los costos directos de morbididad y de los costos por mortalidad.
Tabla 5.5 Costos evitados directos (estimación en pesos para 2012).
Tabla 5.6 Costos evitados indirectos (estimación en pesos para 2012).
Tabla 5.7 Costos evitados totales (estimación en pesos para 2012).
Tabla 5.8 Casos evitados de mortalidad.
Tabla 5.9 Costos evitados de mortalidad (estimación en pesos para 2012).
Tabla 6.1 Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica para los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala así como para el Distrito Federal.
Tabla 6.2 Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica para los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala así como para el Distrito Federal.
Tabla 6.3 Instrumentos, mecanismos y procedimientos regulados por la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala, en relación a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera.
Tabla 6.4 Disposiciones que vinculan el quehacer institucional de los sectores salud y ambiente del Estado de Tlaxcala.
Tabla 6.5 Propuesta de reformas a la constitución en materia de contaminación a la atmósfera y cambio climático.
Tabla 6.6 Propuesta de reformas a la ley de ecología y de protección al medio ambiente del Estado de Tlaxcala para incluir las bases del ProAire.
Tabla 6.6 Propuesta de reformas a la ley de ecología y de protección al medio ambiente del Estado de Tlaxcala para incluir los instrumentos de política ambiental y los mecanismos y procedimientos relativos a la prevención y control de la contaminación atmosférica y la calidad del aire, previstos en la legislación federal.

Figura 1.1 Localización del Estado de Tlaxcala.
Figura 1.2 Topografía del Estado de Tlaxcala.
Figura 1.3 Hidrología del Estado de Tlaxcala.
Figura 1.4 Tipo de climas para el Estado de Tlaxcala.
Figura 1.5 Temperatura media normal para el Estado de Tlaxcala.
Figura 1.6 Precipitación acumulada para el Estado de Tlaxcala.
Figura 1.7 Usos de suelo y vegetación del Estado de Tlaxcala.
Figura 1.8 Áreas Naturales Protegidas en el Estado de Tlaxcala.
Figura 1.9 Población por municipio para el Estado de Tlaxcala.
Figura 1.10 Infraestructura carretera del Estado de Tlaxcala.
Figura 2.1 Ubicación de Estaciones de la red de monitoreo atmosférico del Estado de Tlaxcala.
Figura 2.2 Días por arriba del valor límite permisible por estación de monitoreo de PST.
Figura 2.3 Días por arriba del valor límite permisible por estación de monitoreo de PM10.
Figura 2.4 Concentración promedio anual por estación de monitoreo de PST ($\mu g/m^3$).
Figura 2.5 Tendencia anual por estación de monitoreo de PM10.
Figura 2.6 Áreas de operación del departamento de verificación vehicular.
Figura 2.7 Ubicación de centros de verificación vehicular del Estado de Tlaxcala
Figura 2.8 Imagen del agujero de ozono en la Antártida.
Figura 2.9 Consumo nacional de HCFC como sustancias alternativas a los CFC, 1989 – 2007.
Figura 2.10 Promedios anuales de dióxido de carbono en el observatorio de Mauna Loa, Hawaii. Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/) and Dr. Ralph Keeling, Scripps.
Figura 2.11 Producción mundial de energía 1971-2011.
Figura 2.12 Temperatura normal 1950-2000.
Figura 2.13 Temperatura proyectada Escenario A2 a 2030.
Figura 3.1 Fuentes del inventario de emisiones a la atmósfera.
Figura 3.2 Aportación por fuente de emisión en el Estado de Tlaxcala, inventario 2011.
Figura 3.3 Contribución porcentual por contaminante en el Estado de Tlaxcala, inventario 2011.
Figura 3.4 Municipios con mayor cantidad de industrias en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.5 Municipios con mayor cantidad de industrias en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.6 Giros industriales en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.7 Número de industrias por competencia en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.8 Consumo de combustibles por las fuentes fijas en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.9 Emisión de contaminantes de fuentes fijas en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.10 Emisiones de fuentes fijas desglosadas por municipio en toneladas al año.
Figura 3.11 Generación de contaminantes por giro industrial en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.12 Flota Vehicular del Estado de Tlaxcala.
Figura 3.13 Resultados de los contaminantes en fuentes móviles (ton/año).
Figura 3.14 Distribución porcentual por contaminante en fuentes móviles del Estado de Tlaxcala.
Figura 3.15 Distribución porcentual de partículas PM10 por categoría vehicular.
Figura 3.16 Distribución porcentual de partículas PM2.5 por categoría vehicular.
Figura 3.17 Distribución porcentual de contaminante SO_2 por categoría vehicular.
Figura 3.18 Distribución porcentual de contaminante CO por categoría vehicular.
Figura 3.19 Distribución porcentual de contaminante NOx por categoría vehicular.
Figura 3.20 Distribución porcentual de contaminante COV por categoría vehicular.
Figura 3.21 Distribución porcentual de contaminante NH_3 por categoría vehicular.
Figura 3.22 Población del Estado de Tlaxcala
Figura 3.23 Población del Estado de Tlaxcala proyectada a 2011.
Figura 3.24 Estaciones meteorológicas del Estado de Tlaxcala.
Figura 3.25 Datos de uso de suelo del Estado de Tlaxcala.
Figura 3.26 Uso de suelo general Estado de Tlaxcala (hectáreas), total de Ha Sembradas 248,776.75.
Figura 3.27 Emisiones horarias de fuentes biogénicas en el Estado de Tlaxcala
Figura 3.28 Emisiones de fuentes biogénicas en el Estado de Tlaxcala.
Figura 3.29 Emisiones de partículas generadas por fuentes biogénicas, toneladas al año.
Figura 3.30 Balance energético estatal 2011, en petajoules (PJ).
Figura 3.31 Porcentaje de la energía disponible cubierto con producción estatal. La franja azul constituyen la producción, el fondo verde representa el total de energía disponible.
Figura 3.32 Estructura porcentual del consumo energético final total.
Figura 3.33 Evolución anual del consumo final total de energía.
Figura 3.34 Evolución anual del consumo energético por rama industrial.
Figura 4.1 Composición del aire en porcentaje de volumen.
Figura 4.2 Digitalización del territorio del Estado de Tlaxcala.
Figura 4.3 Dinámica de vientos en la región centro del país.
Figura 4.4 Delimitación del Estado de Tlaxcala.
Figura 4.5 Digitalización de elevación del Estado de Tlaxcala.
Figura 4.6 Simulación de partículas.
Figura 4.7 Canales de viento.
Figura 4.8 Vectorización de los canales de viento.
Figura 4.9 Cuenca atmosférica de Tlaxcala.
Figura 4.10 Zonas urbanas dentro de la cuenca atmosférica de Tlaxcala.
Figura 4.11 Zona neutra de deposición atmosférica en el Estado de Tlaxcala.
Figura 4.12.- Propuesta de ubicación potencial de estaciones de monitoreo.
Figura 5.1 Efectos de la contaminación sobre la salud de la población.
Figura 5.2 Efectos de la contaminación sobre la salud de la población Zona Metropolitana Puebla – Tlaxcala.
Tabla 6.1 Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica para los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala así como para el Distrito Federal.
Figura 7.1 Sectores involucrados en la estrategia de comunicación, difusión y educación.
Fig. 7.2 Canales de comunicación para el posicionamiento del tema de calidad del aire.
Fig. 7.3 campañas de comunicación, difusión y educación.
Fig. 7.4 Diagnóstico permanente de la calidad del aire.

Acrónimos

ACS.- (Sociedad Norteamericana de Cáncer, por sus siglas en ingles)

APHEA (Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica y la salud, por sus siglas en inglés)

ASHMOG (Adventist Health Study Of Smog)

BC (Bronquitis Crónica)

CAFÉ -CBA (El estudio Aire Limpio para Europa - Coste Beneficio)

CCA – UNAM (Centro de Ciencias Atmosféricas- Universidad Nacional Autónoma de México)

CCVM (Consejo de Cuenca del Valle de México)

CEIDARS (California Emission Inventory Development and Reporting System)

CENICA (Centro Nacional de Información y Capacitación Ambiental)

CFC (Clorofluorocarbonos)

CGE-Tlaxcala (Coordinación General de Ecología del Estado)

CH_4 (Metano)

Clean Air Act (Ley de Aire Limpio)

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático)

CNP (Comité Núcleo del ProAire)

CO (Monóxido de carbono)

COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios)

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad)

CONAPO (Consejo Nacional de Población)

COT (Compuestos orgánicos totales)

COV´s (Compuestos orgánicos volátiles)

CPEUM (Constitución Política de Estados Unidos Mexicanos)

DGGCA (Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire)

DGICURG (Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global)

EE (Error estándar)

EPA (por sus siglas en inglés Agencia de Protección Ambiental)

FCR (Función concentración-respuesta)

GDF (Gobierno del Distrito Federal)

GEI (Gases de efecto invernadero)

GIZ (The Deutsche GesellschaftfürInternationale Zusammenarbeit)

GWP (Potencial de calentamiento global tomando como base al dióxido de carbono, por sus siglas en inglés)

Hazardous Air Pollutants (Contaminantes tóxicos del aire)

HBFC (Hidrobromofluorocarbonos)

HCFC (Hidroclorofluorocarbonos)

IC (Intervalo de confianza)

ICA (Índice de la Calidad del Aire)

IEA (Institute of Energy Analysis)

IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social)

INE (Instituto Nacional de Ecología)

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático)

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)

INEM (Inventario Nacional de Emisiones de México)

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por sus siglas en ingles)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IRAS (Infecciones respiratorias agudas)

ISAAC (international study of asthma and allergies in childhood)

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

LMP (Límite Máximo Permisible)

NH_3 (Amoniaco)

NO_2 (Bióxido de nitrógeno)

NOM (Normas Oficiales Mexicanas)

NOx (Óxidos de nitrógeno)

O_3 (Ozono)

OMM (Organización Meteorológica Mundial)

OMS (Organización Mundial de la Salud)

PACMUN (Programa de Acción Climática Municipal)

PAO (Potencial de Agotamiento del Ozono)

PCA (Plan de Contingencia Atmosférica)

PCB (Poder calorífico bruto)

PCN (Poder calorífico neto)

PEACC (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático) del Estado de Tlaxcala

PICCA (Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica)

PM_{10} (Partículas menores a 10 micrómetros)

$PM_{2.5}$ (Partículas menores a 2.5 micrómetros)

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)

Ppm (Partes por millón)

ProAire Tlaxcala (Programa Estatal de Calidad del Aire)

PST (Partículas suspendidas totales)

PVE (Programa de Vigilancia Epidemiológica)

PVV (Programa de Verificación Vehicular)

REMNI (Radiación electromagnética no ionizante)

RETC (Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes del Estado de Tlaxcala)

RMCA (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire)

RR (Riesgo relativo)

SAO (Sustancias agotadoras de la capa de ozono)

SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial)

SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

SEMARNAP (extinta Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca)

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

SENER (Secretaría de energía)

Shape (Programa de diseño)

SINE (Sistema Nacional de Emisiones)

SMN (Servicio Meteorológico Nacional)

SO_2 (Dióxido de azufre)

SOx (Óxidos de azufre)

SSAOT (Secretaría De Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial)

TAR (Terminal de Almacenamiento y Reparto)

TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality, Comisión para la Calidad Ambiental de Texas)

UAT (Universidad Autónoma de Tlaxcala)

UCCA (Unidades Ciudadanas de Calidad Ambiental)

USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos)

VVE (Valor de una vida estadística)

Bibliografía

- Abad-Camacho MT. *Estudio Evaluación de la morbilidad respiratoria en vendedores ambulantes de la Ciudad de Puebla*. Hospital Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014.
- Acquatella, J. *Aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en América Latina y el Caribe: desafíos y factores condicionantes*. Santiago de Chile: CEPAL-PNUD, 2001.
- Aguilar, A. G. *Cambio climático, una visión desde México.* INE-SEMARNAT. México, DF., 2004.
- Ayala Espino, J. *Economía Pública*. México. UNAM-CFE, 1997.
- Balderas, G. D., Mayorga, R., Jáuregui, E,. *Patrones de viento y topografía local en la Ciudad de Puebla.* Presentado en: Congreso Internacional "Climatología Urbana, Contaminación Atmosférica y Bio-indicación". La Paz - Bolivia, Junio, 2014.
- Carral García. *Sitios urbanos en Puebla.* Tesis Licenciatura. Arquitectura. Departamento de Arquitectura, Escuela de Artes y Humanidades, Universidad de las Américas, Puebla, 2004.
- Cesar, H.; Borja, Cicero, V.H.; P. *Modulo A, Valoración Económica del Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*, 2001
- Clean Air Institute. Puebla, 2013.
- Cmic. *Puebla, la cuarta zona más contaminada.* Delegación Puebla, 2014.
- Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios – COFEPRIS . *Primer Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental y Ocupacional.* México, D.F., 2002.
- Comisión Nacional del Agua. *Normales Climatológicas 1961–1990.* Banco Nacional de Datos Climatológicos. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional., 2000.
- Contreras, A.M. *Hacia una gestión integral de la calidad del aire en México.* Dirección de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. SEMARNAT. México, 2008.
- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, DGGCARETC.
- Echeverría Arzate. *Estudio Modelo de dispersión atmosférico.* Ingeniería Química, Universidad de las Américas, Puebla., s. f.
- Emisiones del sector energía con base en datos 2006.
- Fehsenfeld, F., J. Calvert, R. Fall, P. Goldan, A.B. Guenther, C.N. Hewitt, B. Lamb, S. Liu, M. Trainer, H. Westberg y P.R. Zimmerman. *Emission of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry.* Global Biogeochem. Cycles 6, 1992.
- Gobierno de Nuevo León. Redes de monitoreo ambiental, 2012.
- IEE, Sistema Estatal de Información Ambiental 2007.
- INDETEC. *Estimación de la pérdida de las cuotas de IEPS de gasolinas y diésel en 2012 para las entidades federativas*. Dirección de Política Fiscal y Prospectiva, 2010.
- INECC. *Cambio Climático en México.* Portal en internet por el Instituto Nacional de Ecología y en apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2012.
- INECC. *Sistema Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA) de Puebla*. Dirección general del centro nacional de investigación y capacitación ambiental. Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, 2013.
- INEGI. Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Con base en SEMARNAT. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Aguascalientes, Ags, 2012.
- INEM. *Inventario Nacional de Emisiones de México, 1999*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, 2009.
- International Agency for Research on Cancer. Press Release No. 208. Lyon, France, 2011.
- J. J. García Ramírez y S. Flores González. *Los Retos del Desarrollo Urbano y Regional en el siglo XXI*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Primera Edición, México, 2005.
- Juárez, N. A. *¿Por qué medir la calidad del aire?*. Revista Elementos, No. 34. Vol. 6, 1999.
- Ley General de Cambio Climático, publicada en el Diario Oficial de la Federación, 2012.
- Mobile 6.2 -Mexico Documentation and User's Guide, Prepared for: Western Governors' Association, Denver, Colorado and Binational Advisory Committee November 20, 2000.
- Molina, M. Resumen Ejecutivo del Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010, Massachussets Institute of Technology, 2000.
- Molina, T. L. *Cal-Mex 2010 Synthesis Report*. Molina Center for Energy and Environment. San Diego, CA. Junio, 2010.
- Norma Oficial Mexicana NOM-046-SEMARNAT-1993 que establece los niveles máximas permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de tritóxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfonico en fuentes fijas.
- Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
- Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
- Norma Oficial Mexicana NOM-097-SEMARNAT-1995, que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país.
- Norma Oficial Mexicana NOM-105-SEMARNAT-1996, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.
- Norma Oficial Mexicana NOM-123-SEMARNAT-1998, que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV´s), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.
- Organización Mundial de la Salud, OMS. Guías de Calidad del Aire, actualización mundial, Bonn Alemania, 2005.
- Secretaría de Energía SENER. Petróleos Mexicanos, gas y petroquímica básica, 2014.
- SEMARNAT-INE-CENICA. Primer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas. 1996.
- Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA). Temas Ambientales: Zona Metropolitana del Valle de México, UNAM, México, D.F., 1996.
- Radian International. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Sacramento, CA. 1997.
- Rasmussen, R.A., and Went, F.W. *Volatile organic material of plant origin in the atmosphere.* Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) 53, 1965.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de Puebla, Dirección de Ingeniería del Transporte.
- Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Puebla; Base de datos, 2012.
- Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable. Estimaciones del modelo SIREM municipal de acuerdo a censos económicos INEGI, 2013.
- Secretaría de Finanzas Y Administración del Gobierno del Estado de Puebla. SFA Base de datos, 2010.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Baja California. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire, de la Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito 2012-2020*, 2012.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Nuevo León. *Programa para mejorar la calidad de aire del área metropolitana de Monterrey 2008-2012*, 2008.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Morelos. *Programa de gestión para el mejoramiento de la calidad de aire de la zona metropolitana de Cuernavaca 2009-2012*, 2009.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Puebla. *Programa de Gestión de Calidad del Aire 2012-2020 del Estado de Puebla*, 2012
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Puebla. *Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 2006-2012*, 2006.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012*, 2007.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en León 2008-2012*, 2008.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022*, 2013.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de México. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire Valle de Toluca 2012-2017*, 2012.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Puebla. *Programa de Gestión de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011*, 2006.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa De Gestión Para Mejorar La Calidad Del Aire En La Zona Metropolitana De León 2013—2022.Purísima y San Francisco del Rincón- Silao*, 2013.
- Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011*, 2007.
- SEMARNAP. *Gestión Ambiental Hacia la Industria, Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995-2000*, México. 2000
- SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología. *Guía de elaboración y usos del inventario de emisiones*. Western Governors Association, 2005.
- Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), 2007.
- Tovalín Horacio. Tesis de Doctoral, University of Texas School of Public Health.
- Universidad Autónoma de Tlaxcala. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Volumen 16, Número 4, 2000.
- US Environmental Protection Agency. T*ransportation and Air Quality, Modeling and Inventories*, 2010.
- Wark, K., Warner, C. F. *Contaminación del Aire Origen y Control.* Limusa Noriega, Eds. México D. F., 1994.
- WHO. *Analysing and Interpretation Air Monitoring Data.* World Health Organization. WHO Offset Publication No. 51. Geneva. Switlzerland, 1980.
- Wöhrnschimmel H. *Evaluación de la Exposición Personal a Contaminantes Atmosféricos en Pasajeros de Vehículos de Transporte Público.* México, D.F., 2004.

Sitios web consultados

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProaireProAires/ProAireProAires_Vigentes/6_ProAireProAire%20AMM%202008-2012.pdf, fecha de consulta: 14 de abril de 2014.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProAires/ProAires_Vigentes/7_ProAire%20ZMC%202009-2012.pdf, fecha de consulta: 22 de abril de 2014.

http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire.

http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/

http://www.epa.gov/mobile.htm, fecha de consulta: 28 de abril de 2014.

http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/consultaspublicas/Documents/pecc/

http://sissao.semarnat.gob.mx, fecha de consulta: 13 de mayo de 2014.

http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/489/inventario.pdf

www.e-local.com, fecha de consulta: 25 de junio de 2014.

http://www.conapo.gob.mx/micros/proymunloc/index.html

http://www.arpansa.gov.au/pubs/comment/dr_elf_childhood_leukaemia.pdf.

http://maps.grida.no/go/graphic/greenhouse-effect.

http://www.indetec.gob.mx/cpff/politica/Comparativo _P%C3%A9rdida_IEPS_Gasolinas.pdf

http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/ Acceso

http://www.epa.gov/ttncatc1/cica/help/haqshaps_s.html

http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/queeselcc/comoseproduceelcc.html

http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/qpodemoshacerparamitigar/comoindividuos.html

http://www.iarc.fr/ENG/Press_Releases/archives/pr136a.html

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf

http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/06:atmosfera/cap6_3.html.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/05_atmosfera/cap5_3.html.

http://www.newscientist.com/article/mg21428600.200-no-need-to-waitfor-the-clean-air-dividend.html.

http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2012/02/184055.html.

http://www.seicap.es/polenes.asp.

http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/paginas/ProtocolodeMontreal.aspx.

http://sissao.semarnat.gob.mx/sisao/p4.html.

http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/

http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/allprimarymainfeatures/2FEC26084579A43BCA2571E1001E7F28?opendocument.

http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3.

http://data.worldbank.org/indicator/IS.ROD.SGAS.PC/countries/1W?display=graph.

http://www.lta.gov.sg/corp_info/index_corp_facts.htm.

http://www.ieej.or.jp/aperc/2007pdf/2007_Reports/APERC_2007_Urban_Transport.pdf.

http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=133&Itemid=212

http://www.setravi.df.gob.mx/wb/stv/programa_integral_de_transportes_y_vialidad.

http://www.censtatd.gov.hk/hong_kong_statistics/statistics_by_subject/index.jsp?subjectID=10&charsetID=1&displayMode=T

http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.php?action=select_countries&theme=6&variable_ID=290

http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/calidadaire/libro_zml.pdf

http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/calidadaire/proaireProAire_salamanca-celaya-_irapuato_2013_2022.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/ProAireProAire%20ZMT2.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/ProAireProAire%20Puebla2.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProaireProAires/ProAireProAires_Vigentes/ProAireProAire%20Mexicali%202011-2020.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProaireProAires/ProAireProAires_Vigentes/6_ProAireProAire%20AMM%202008-2012.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProaireProAires/ProAireProAires_Vigentes/7_ProAireProAire%20ZMC%202009-2012.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProaireProAires/ProAireProAires_Vigentes/4_ProAireProAire%20Salamanca%202007-2012.pdf.
http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/ProaireProAires/ProAireProAires_Vigentes/2_ProAireProAire%20Ciudad%20Ju%C3%A1rez%202006-2012.pdf.
http://www.conapo.gob.mx/
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones.
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Delimitacion_de_Zonas_Metropolitanas.
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010.
http://www.pueblacapital.gob.mx/
http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=21
http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/territorio/clima.aspx?tema=me&e=21
http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/territorio/default.aspx?tema=me&e=21
http://www.municipiospuebla.com.mx/
http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/index.html
http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/estadistica/default.aspx
http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/
http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/noms
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/NOM-105.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/NOM-043OK.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO3239.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DO3098.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2298.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/NOM-123.pdf
http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-fuentesmoviles
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO2977.pdf
http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-impacto
http://www.inecc.gob.mx/
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=416
http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATUALES
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
proAire
TLAXCALA
GOBIERNO DEL ESTADO
2011 - 2016
ECOLOGÍA
COORDINACIÓN GENERAL DE ECOLOGÍA DEL ESTADO
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
1578