



GOBIERNO DE
PUEBLA
SECRETARÍA DE
SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL
Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL



PROGRAMA DE
**Gestión de la Calidad del Aire
del Estado de Puebla
2012 - 2020**

Gobierno del Estado de Puebla

Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial

Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático

www.ssaot.puebla.gob.mx

Título original:

**“Programa de Gestión de Calidad del Aire 2012-2020
del Estado de Puebla”**

Impreso en Puebla, México

Primera Edición 2012

Todos los derechos reservados

Presentación

El Plan Estatal de Desarrollo 2011 – 2017, en su Eje 1 “Más empleo y Mayor Inversión”, establece en el punto 1.6 “Responsabilidad para preservar los recursos naturales”; que toda sociedad humana produce bienes y servicios para satisfacer sus necesidades. Dichos satisfactores requieren la aplicación de recursos naturales.

El Estado de Puebla como muchas otras regiones de nuestro País, presenta serios problemas estructurales y desequilibrios, al haber privilegiado el crecimiento sobre el desarrollo, lo que ha generado un déficit ambiental, dando poco valor a las acciones encaminadas a proveernos de servicios ambientales.

Tal es el caso de la calidad del aire que 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, las cuales tienen una correlación alta con el incremento en la concentración de contaminantes y los tiempos a los que están expuestos los receptores.

Por lo anterior, es necesario promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales como palanca del desarrollo. Es por ello que el Gobierno del Estado de Puebla, a través de la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial, en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal SEMARNAT, elaboraron este Programa de Gestión de la Calidad del Aire para el periodo 2012 – 2020, el cual establece las líneas de acción que garantizan el mejoramiento de la calidad del aire que respiramos.

En este sentido, es necesario mantener un equilibrio entre el desarrollo económico, el social y la conservación ambiental, de forma tal que no comprometamos la viabilidad de las generaciones futuras.



Mensaje

El capital ambiental 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 cotidianas y productivas para obtener nuestros diversos satisfactores.

La calidad del aire está en función de las emisiones generadas por las distintas fuentes y su volumen de aportación, que proceden de vehículos automotores, servicios, comercios, hogares, industria y erosión eólica, entre otros; afectando ecosistemas, incidiendo en la salud de la población y acrecentando la problemática del cambio climático.

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, La Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial construye líneas de acción que permiten la viabilidad ambiental sin descuidar el desarrollo económico y social, que reclama la adecuada y oportuna toma de decisiones para controlar y regular las fuentes de emisión mitigando de esta manera 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 ofrece al mismo tiempo a los actores involucrados diversos nichos de oportunidad.



Prólogo

Contar con información precisa sobre la calidad del aire que respiramos es de vital importancia. En este sentido, es necesario un conocimiento cualitativo y cuantitativo de los factores que determinan esa calidad, derivando de ello las acciones necesarias y pertinentes para mejorarla y protegerla.

Es así que se desarrolló el ProAire-Puebla 2012-2020, conjuntando los esfuerzos del gobierno federal, del gobierno estatal, municipal e instituciones de educación superior del país como es la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Universidad Nacional Autónoma de México.

El ProAire 2012-2020, es la herramienta clave para mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas y rurales del Estado. En él se definen acciones precisas que tendrán éxito en la medida en que participen los diferentes actores clave y sectores de la sociedad. Por ello, la importancia de desarrollar en paralelo instrumentos de educación y comunicación estratégica.

Otro aspecto importante por considerar es la producción y consumo de energía, ya que estos procesos influyen de manera directa en la degradación de la calidad del aire. El consumo de combustibles fósiles en el Estado de Puebla, no solo contribuye al cambio climático global, sino que genera contaminantes que afectan a la salud de la población. Por otra parte, la ubicación geográfica del Estado de Puebla brinda un nicho de oportunidades en el campo de las energías renovables, específicamente energía solar, eólica y geotérmica.

Asumir implícitamente que el ambiente y el humano somos la misma entidad, y que por lo tanto, dañarlo implica dañarnos a nosotros, es un punto de partida que, sin duda, podrá contribuir a que mejoremos la calidad del aire que respiramos, mejorando al mismo tiempo nuestra calidad de vida.

Participantes

Gobierno del Estado

Rafael Moreno Valle Rosas

Gobernador Constitucional del Estado de Puebla

Juan Carlos Morales Páez

Encargado del despacho de la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial

Marco Antonio Herrera García

Director de Calidad del Aire y Cambio Climático

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Juan Rafael Elvira Quesada

Secretario del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ana María Contreras Vigil

Directora General de Gestión de la Calidad de Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)

Carlos Albicker Albicker

Delegado Federal en el Estado de Puebla

Colaboradores

Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT)

Guillermo Fernández Hoyos

Jefe del Departamento de Calidad del Aire

María de la Cruz Martínez Portugal

Secretaria Técnica de la Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático

Francisco Javier Solano Huitzil

Analista en la Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático

Christhian Dennise Hernández Juárez

Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático

María Esperanza Dávila Coronado

Diseño e imagen Institucional

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Mauricio Limón Aguirre

Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental

Ramiro Barrios Castrejón

Director de Calidad del Aire

Maricruz Rodríguez Gallegos

Directora de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

Arturo Amador Higuera

Bárbara Icaza Hernández

Christian Marie Contreras Juárez

Gloria García Santiago

Gloria Yáñez Rodríguez

Hugo Landa Fonseca

Oscar León Morales

Roberto Martínez Verde

Sara Guadalupe Montiel Yáñez

Dirección de Calidad del Aire

Fidel Omar Núñez Martínez

Gustavo Medina Marín

José Antonio Romero Salvador

Oscar Trejo Cuevas

Dirección de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)

Guadalupe de la Luz González

Subdirectora Ejecutiva de Evaluación Económica y Análisis del Impacto

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

Enrique Agüera Ibáñez

Rector

José Alfonso Esparza Ortiz

Secretario General

Oscar Ignacio Gilbon Rosete

Tesorero General

Cupatitzio Ramírez Romero

Director de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas 2008-2012

José Ramón Enrique Arrazola Ramírez
Director de la Facultad de Ciencias Físico
Matemáticas 2012-2016

Apolonio Juárez Núñez
Coordinador del ProAire

Daniel Reyes Lastiri
Emma Juárez Núñez
Erika Molinos Hernández
María de los Ángeles Jiménez Infante
Raúl Calixto Adriano
Sergio Carús Lárraga
Facultad de Ingeniería Química

Carlos López Ramírez
Juan Antonio Cruz Juárez
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Ingeniería & Imagen, S. de R. L. de C. V.
Luis Miguel Munguía Ojeda

**Universidad Nacional Autónoma de Puebla
(UNAM)**

Bertha Eugenia Mar Morales
Cyintia Gabriela Resendiz Martínez
José Agustín Gracia Reynoso
Luis Gerardo Ruiz Suárez
Ricardo Torres Jardón
Centro de Ciencias de la Atmósfera

**Geosistemas y Desarrollo Ambiental SC
(GEODA)**

Alberto Rojas Rueda
Carla Santos Ribeiro
Julieta Anabel Leo Lozano
Manuel de J. Tripp Rivera
Octavio Klimek Alcaráz
S. Paulina Delgado Robledo

**Agencia Española de Cooperación
Internacional para el Desarrollo (AECID)**
David Rojas Rueda

Contenido

Introducción	14
1. Generalidades del Estado de Puebla	18
1.1. Delimitación del área de interés	18
1.2. Aspectos físicos	18
1.3. Aspectos Socioeconómicos	28
2. Diagnóstico y tendencia de la calidad del aire en zonas urbanas y rurales del Estado de Puebla	32
2.1 Contaminantes considerados	32
2.2. Medición y/o monitoreo atmosférico	34
2.3. Cumplimiento de las normas	35
2.4. IMECA	47
2.5. Meteorología	49
2.6. Evaluación de los niveles críticos de O ₃	53
2.7. Metodología Aplicada	57
2.8. Conclusiones	59
3. Inventario de emisiones	62
3.1. Descripción general del inventario	62
3.2. Inventario de emisiones a la atmósfera	64
3.3. Inventario de emisiones a la atmósfera desagregado por fuentes fijas	67
3.4. Inventario de gases de efecto invernadero (GEI)	86
3.5. Balance energético estatal	87
3.6. Conclusiones y recomendaciones	97
4. La incidencia de la contaminación del aire sobre la salud de la población y el ambiente	100
4.1 Contaminación del aire y salud	100
4.2 Efectos a la salud por contaminante	100
4.3 Evaluación del impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública	107
4.4 Evaluación del impacto económico de la contaminación atmosférica en la salud pública	114
4.5 Impacto de la contaminación atmosférica en el ambiente	118
4.6 Conclusiones	119
5 Análisis de factores que afectan la calidad del aire y evaluación de criterios para la protección de la atmósfera	122
5.1. Sustancias agotadoras de la capa de ozono	122
5.2 Cambio climático y mitigación de gases de efecto invernadero (GEI)	123
5.3 Black Carbon	125
5.4 Contaminantes tóxicos	125
5.5 Radiación Electromagnética No Ionizante (REMNI) y sus efectos en la salud pública	127

6	Diseño de políticas pública Marco Jurídico, capacidades institucionales y criterios de gestión de la calidad del aire	134
6.1.	Marco jurídico actual	135
6.2	Políticas, programas e instrumentos públicos actuales	144
6.3	Instrumentos Económicos	148
6.4	Capacidades institucionales de gestión de la calidad del aire	155
6.5	Respaldo social y actores relevantes	156
6.6	Beneficios	156
6.7	Conclusiones	156
7	Estrategia, líneas de acción, seguimiento y evaluación del ProAire Puebla 2011 – 2020.	160
7.1	Definición de estrategias, medidas y líneas de acción.	160
7.2	Estrategia	162
	Conclusiones	211
	Lista de Tablas y Figuras	213
	Acrónimos y Glosario	217
	Referencias	222

Introducción

El Estado de Puebla se ubica en la parte central del territorio nacional, está integrado por 217 municipios con una importante diversidad climática y orográfica. Contribuye con el 3.44% al PIB nacional, proveniente en su mayor parte de la producción de automóviles, autopartes e industria maquiladora del vestido.

Su población registrada en 2010 fue de 5,799,829 habitantes, conformada en un 48% por hombres y 52% de mujeres. De esta población, aproximadamente el 72% reside en áreas urbanas.

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), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco (NH_3).

Las normas oficiales mexicanas establecen para los contaminantes criterio límites máximos permisibles, así como tiempos de exposición.

El Estado de Puebla cuenta con importantes zonas urbanas, entre las que destacan la Zona Metropolitana del Valle de Puebla, Teziutlan, Atlixco, Tehuacán, San Martín Texmelucan e Izúcar de Matamoros, que cuentan con un considerable parque vehicular, actividad industrial, habitacional y de servicios. Adicionalmente, la zona metropolitana del Valle de Puebla se encuentra dentro del radio de influencia en donde las emisiones del Volcán Popocatepetl inciden sobre la calidad del aire.

Por lo anterior, en el capítulo 2 se estudia la tendencia de la calidad del aire en la ZMVP, determinada por las cuatro estaciones de monitoreo: *Tecnológico, Ninfas, Serdán y Agua*

Santa. El análisis de tendencias de la calidad del aire a lo largo de los años, permite inferir si existe un problema de deterioro creciente o una mejoría paulatina para cada uno de los contaminantes criterio. Por ejemplo, los resultados de este estudio indican que para el año 2009, se ha presentado una disminución en los niveles de PM_{10} , SO_2 y CO con respecto a 2005.

En el capítulo 3 se desarrolla el inventario de emisiones del Estado de Puebla. Este inventario tiene como finalidad conocer la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera, además de ser una herramienta básica para el desarrollo y puesta en práctica de cualquier programa de gestión de la calidad del aire.

Como resultado del inventario sobresalen las emisiones generadas por fuentes móviles (vehículos automotores), seguidas de las fuentes de área (servicios, comercios y hogares), fuentes fijas (industria) y fuentes naturales.

La incidencia de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población se trata en el capítulo 4. El método consiste en relacionar la exposición a partículas suspendidas PM_{10} y sus efectos en la salud en 18 municipios del Estado de Puebla. Esto se logra al evaluar el nivel de la exposición, identificar el riesgo que corre la población, conocer las funciones dosis respuesta entre la exposición y el efecto en la salud; y cuantificar el riesgo. Como resultado, se encontró, que es posible evitar hasta 1,227 muertes, mediante la reducción de partículas en la atmósfera.

Hay otros contaminantes que influyen en la calidad del aire, como la emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), contaminantes tóxicos, radiación

electromagnética no ionizante (REMNI) y el ruido. Por tal razón, en el capítulo 5 se determina la influencia de estos factores sobre la calidad del aire en el Estado de Puebla. También se calcula la huella de carbono que permite contabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que para el año 2009 fue de 3.5 tonCO₂eq/hab.).

En el capítulo 6 se analiza el Fundamento Constitucional del Marco Jurídico Ambiental en México para los ámbitos nacional, estatal y municipal, relacionado con la gestión de la calidad del aire. Se encontró, entre otras cosas, que la legislación local prevé la existencia de instrumentos económicos y fiscales para la gestión de la calidad del aire.

Finalmente, para fortalecer el Programa de Gestión de Calidad del Aire 2012-2020, en el capítulo 7 se desarrolla una estrategia con 41 medidas de acción, clasificadas en ocho ejes,

con un enfoque ecosistémico y metas específicas.

Es necesario recalcar la importancia que se puede dar a la educación, para que a mediano y largo plazo mejoren los indicadores de la calidad del aire en las zonas metropolitanas del Estado de Puebla. La educación ambiental, tanto en el sistema formal como en el no formal, podría ser el factor que detone el mejoramiento de la calidad del aire en el Estado de Puebla.

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



1

Generalidades del Estado de Puebla

1. Generalidades del Estado de Puebla

1.1. Delimitación del área de interés

La República Mexicana está integrada por 32 entidades federativas (31 Estados y el Distrito Federal), entre ellas el Estado de Puebla, constituido a su vez por 217 municipios. Su capital es Puebla de Zaragoza (Figura 1.1).

Entre las poblaciones más importantes del Estado figuran La Heroica Puebla de Zaragoza, Tehuacán, Atlixco, Texmelucan de Labastida, Cholula de Rivadavia, Teziutlán, Libres, Huauchinango, Izúcar de Matamoros, Xicotepec de Juárez, Amozoc de Mota, Zacatlán, San Andrés Cholula, Tecamachalco, Moyotzingo, Ciudad Serdán, Tepeaca, Huejotzingo, Acatzingo de Hidalgo, Ajalpan, Acatlán de Osorio y Zacapoaxtla.

1.2. Aspectos físicos

1.2.1 Localización y extensión

El Estado de Puebla está localizado al sureste del Altiplano de la República, entre la Sierra Nevada y la Sierra Madre Oriental. Se ubica entre los paralelos 17°52' y 20°52' de latitud norte, y los meridianos 96°43' y 99°04' de longitud oeste. Colinda con los Estados de Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo. La entidad tiene una superficie total de 33,919 km², que representa el 1.7% del territorio nacional; y posee una población de 5,779,829 habitantes, de acuerdo al censo INEGI 2010

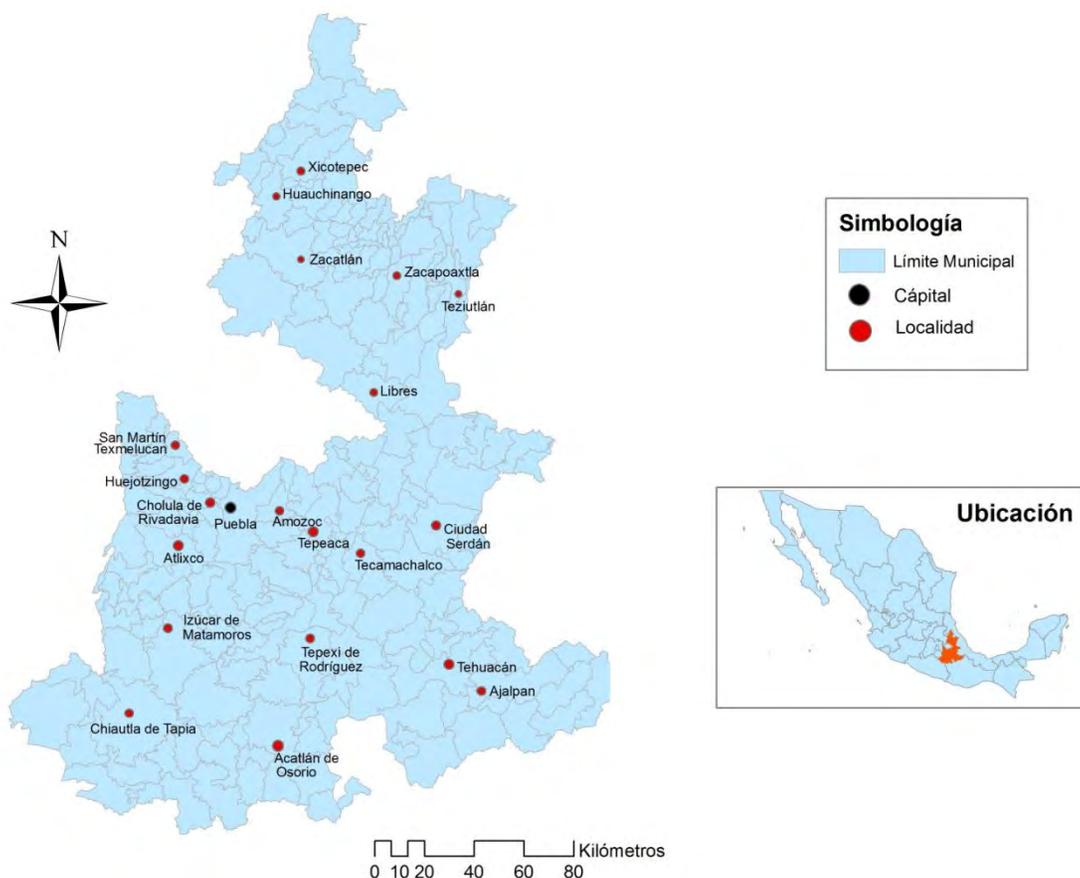


Figura 1.1 Mapa del Estado de Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008.

1.2.2 Orografía

La Sierra Madre Oriental y la Cordillera Neovolcánica caracterizan al Estado de Puebla. La primera lleva el nombre de Sierra Norte de Puebla y recorre el noreste del territorio poblano. En su trayectoria se divide en las sierras de Zacapoaxtla, Huauchinango, Teziutlán, Tetela de Ocampo, Chignahuapan y Zacatlán, presentando altitudes de hasta 4,282 msnm.

Las cumbres más sobresalientes en el Estado se muestran en la Tabla 1.1. Sobresale el volcán Popocatepetel por estar activo en el presente.

Tabla 1.1 Cumbres sobresalientes del Estado de Puebla.

Cumbre	Altura (m)
Citlaltépetl	5,610
Popocatepetl	5,500
Iztaccíhuatl	5,220
La Malinche	4,420

Fuente: Perspectiva Estadística Puebla, México. INEGI.

En la parte sur del territorio se localiza la Sierra Madre de Oaxaca, conocida con el nombre de Sierra Colorada. Ésta recorre la Sierra Mixteca baja o poblana, cuyas elevaciones principales son la Sierra de Atenahuacán, Zapotitlán, El Lomerío al suroeste, y la Sierra de Tehuacán.

También la Sierra Madre del Golfo conforma la orografía del Estado; de ésta se desprende el Nudo Mixteco, que recorre al Estado de sur a norte, paralelo a la costa, la Sierra de Tehuacán y una faja serrana que se forma entre el Citlaltépetl y El Cofre de Perote, en los límites con Veracruz La Sierra Negra.

1.2.3 Hidrografía

La hidrografía de Puebla está constituida por tres vertientes alimentadas por diez cuencas principales (Figura 1.2).

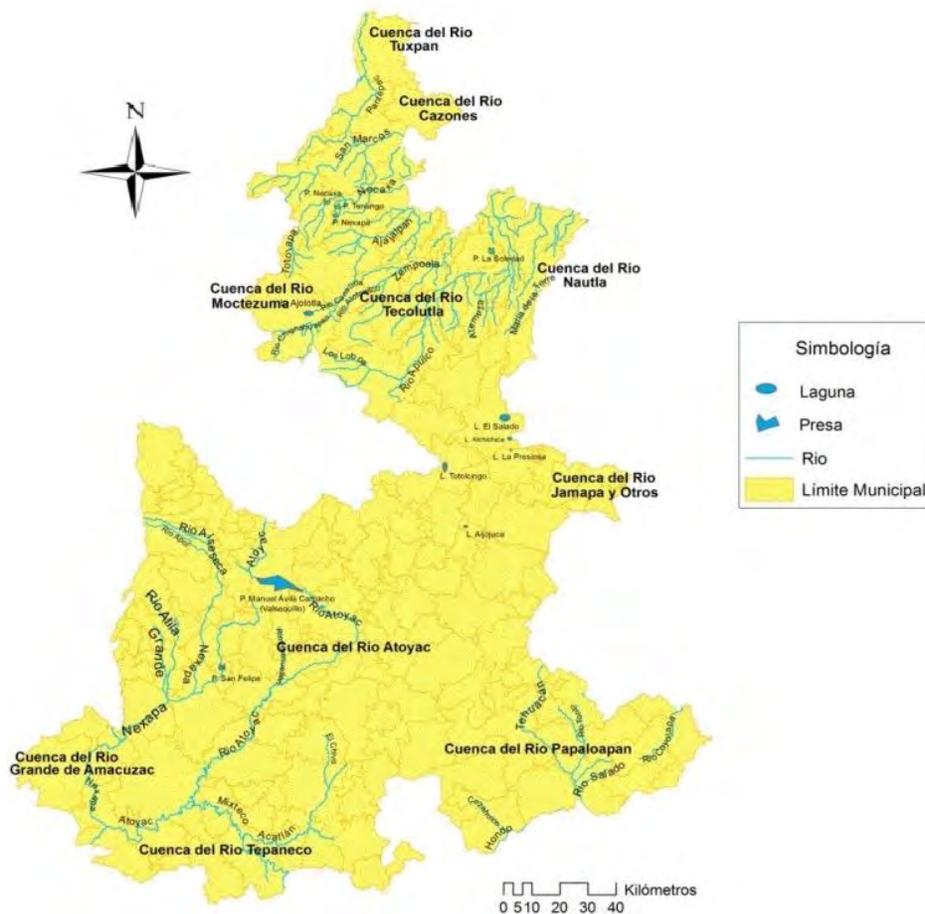


Figura 1.2 Hidrografía del Estado de Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008

La vertiente interna, conformada por los ríos Tlapanalá, Valiente y Quetzalapa, en el este, y Capulines, Cuautlapanga, Río Frío, Calcingo, Tlahuapan, Huepalco, San Matías, San Lucas El Verde, Santa Elena, Temizac, Zopanac, Chahuac, Prieto, Cuautlanapa y Atzala, en el oeste.

La del Pacífico, en donde se localizan los ríos Atoyac, Telapón y Papagayo. Esta vertiente recibe como afluentes los ríos Acateno, Atila, Amacuzac, Molinos y Cohetzala. Cruza los límites de Cholula, Puebla y Tecali en el Cañón del Diablo para formar la presa de Valsequillo o *Manuel Ávila Camacho*. Esta última recibe las aguas de los ríos Alseseca, Laxamilpa (Tepexi), Acatlán (Chiautla), Mixteco (Estado de Guerrero), Tlapaneco (Coatzingo) y Huehuetlán.

La vertiente del Golfo, en donde destacan los ríos Pantepec, Cazones, Necaxa, Laxaxalpan, San Pedro o Zun, Zempoala, Apulco, Cedro Viejo, Salteros y Martínez de la Torre, ubicados en la región

septentrional. A la región oriental pertenecen los ríos Huetzilapan y Tilapa. Por último, a la región sudoriental los ríos Tonto, Petlapa, Tehuacán y Hondo (INEGI, 2010).

El Estado también cuenta con algunas lagunas y presas, entre las más importantes están las lagunas de Alchichica, Aljojuca, Ajolotla y Totolcingo, así como las presas *Manuel Ávila Camacho*, La Soledad, Tenango, Nexapa y Necaxa.

1.2.4 Clima

El Estado de Puebla posee una integración climática muy variada, con clima subhúmedo en la región central y sureste, templado subhúmedo con lluvias de verano en la parte norte, centro y sureste; seco y semiseco hacia el sur y centro oeste; cálido húmedo localizado en el norte y sureste; templado húmedo en la región norte y una pequeña área hacia el sureste, y un pequeño porcentaje de clima frío en la cumbre de los volcanes (Figura 1.3).

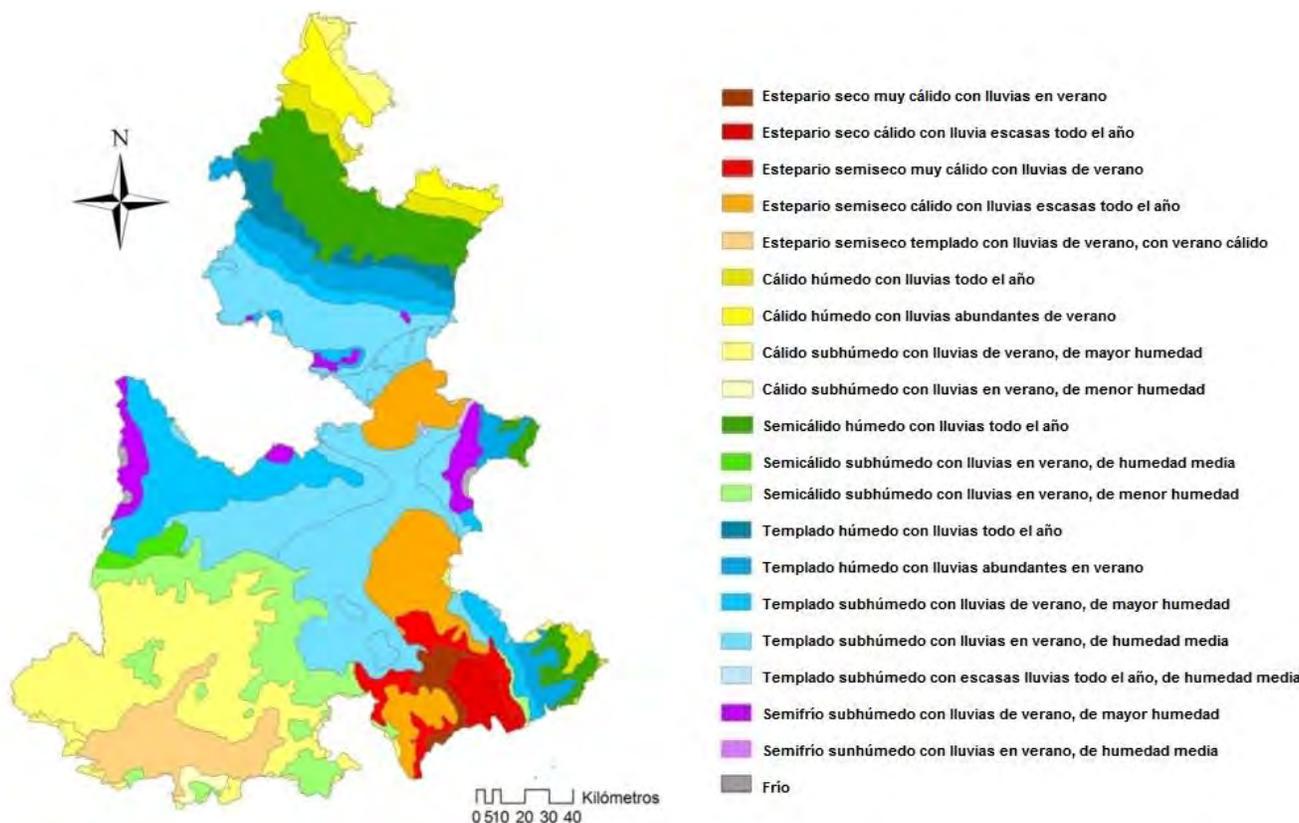


Figura 1.3 Climas del Estado de Puebla

Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008.

La temperatura media anual del Estado es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C, presente en los meses de abril y mayo, y la temperatura mínima promedio es de 6.5°C durante el mes de enero.

La precipitación media estatal al año 2009 es de 1,236mm anuales, con presencia de lluvias en los meses de junio a octubre.

1.2.5 Características y usos de suelo

Aproximadamente el 70% del territorio estatal es apto para uso agrícola. De éste, el 55%, ubicado en el centro y sureste de la entidad, es apto para la agricultura tecnificada, debido a que el suelo es plano o con pequeñas ondulaciones; el 15% restante es apto para la agricultura mediante tracción animal, y se ubica indistintamente en todo el Estado. Los cultivos cíclicos más abundantes son maíz, frijol, sorgo, elote, papa, calabaza y cebolla.

En cuanto a cultivos perennes se produce café cereza, naranja, alfalfa verde y caña de azúcar (Figura 1.4)

Con respecto al potencial pecuario, las tierras más aptas para el desarrollo de la actividad ganadera intensiva se ubican en la misma zona apta para la agricultura tecnificada debido a las extensas superficies llanas existentes. En terrenos donde no es posible construir establos se practica la ganadería semiextensiva o la extensiva, sustentadas por numerosos terrenos de pastos, bosques, selvas o matorrales aptos para ser aprovechados por este tipo de ganadería.

En el caso del pastoreo de caprinos, un alto porcentaje de la superficie estatal es apta para la actividad, debido a que cuenta con una topografía accidentada donde no se recomienda la introducción de otro tipo de ganado.

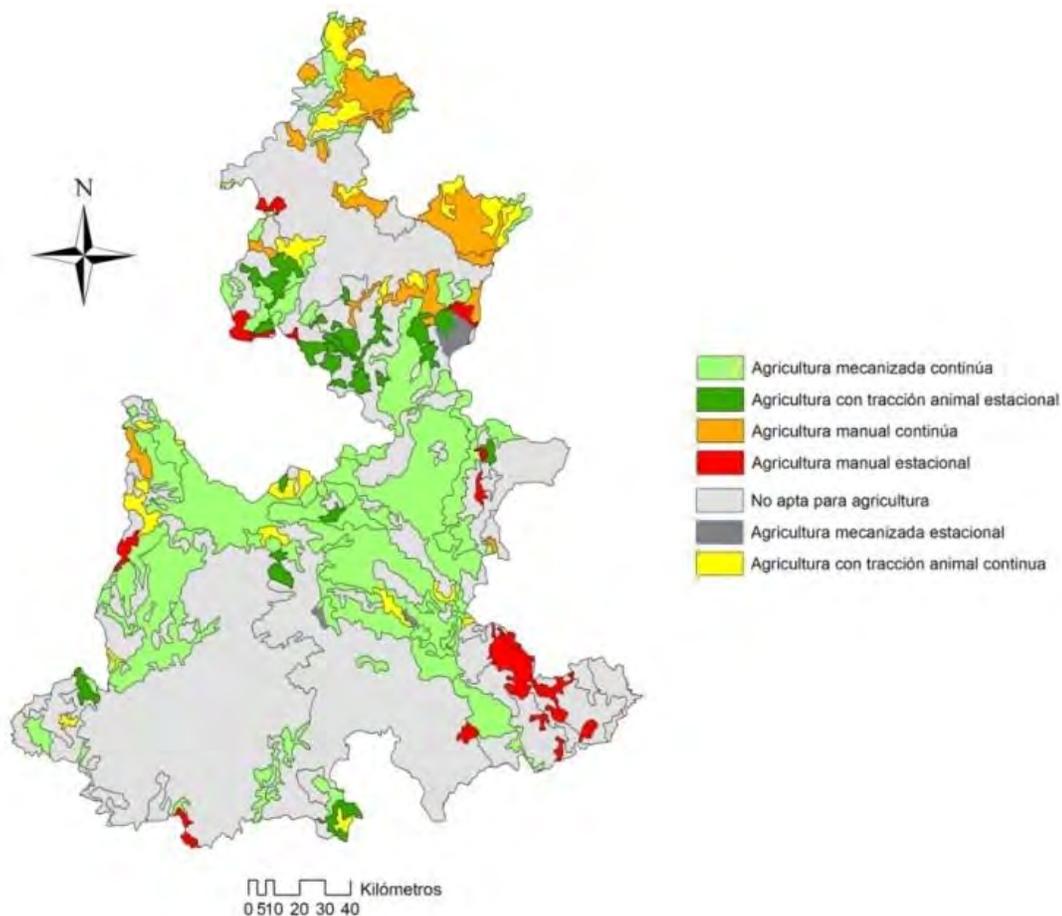


Figura 1.4 Mapa agrícola del Estado de Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008.

El aprovechamiento forestal con fines comerciales se realiza en zonas altas de relieve irregular, donde las condiciones ecológicas y climáticas permiten el crecimiento de coníferas. Tal es el caso de las faldas de los volcanes, donde pueden obtenerse recursos maderables y no maderables. Las selvas, por su lado, están distribuidas al norte del Estado y pueden aprovecharse también con fines económicos (Figura 1.5).

Hay también numerosas zonas de bosques, selvas o matorrales con flora cuyo uso es exclusivamente doméstico, debido a que la vegetación natural ha sido alterada.

En el Estado de Puebla, al año 2007, se registran 1160 comunidades que se rigen por propiedad ejidal, por lo que la actividad agrícola, ganadera y forestal en estas tierras se desarrolla en forma colectiva.

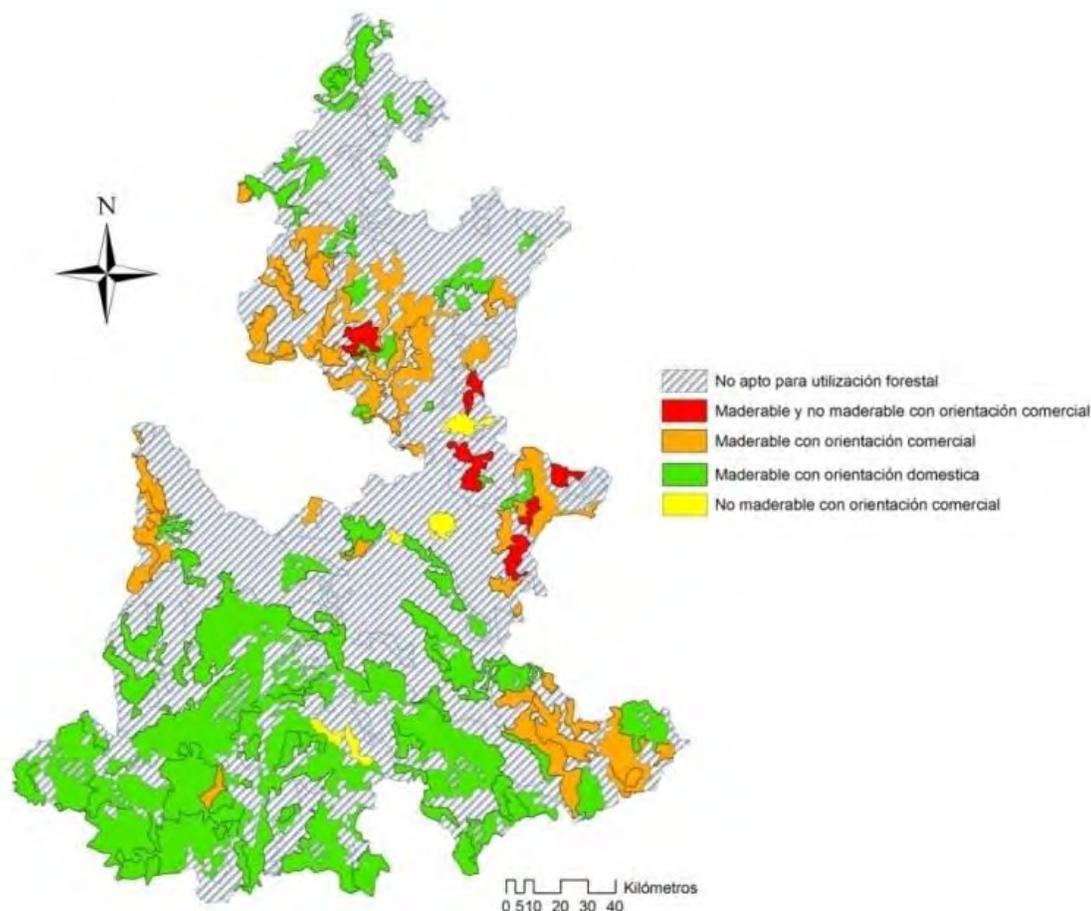


Figura 1.5 Mapa forestal del Estado de Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008.

1.2.6 Flora y Fauna

Por su gran diversidad de clima, el Estado de Puebla cuenta con una gran variedad de vegetación, pudiéndose encontrar flora de selva alta como canchán, ojobo y palo de agua, en la ladera oriental de la Sierra Madre; en las partes altas de la sierra de Puebla hay palo mulato, pino, encino y oyamel; en las partes más secas de la

meseta se pueden observar matorrales espinosos, mezquite y huisache; y en los valles de las sierras semicálidas árboles y arbustos de hoja caediza como cuajote, copal y cuachalalate.

En el caso de la fauna en la entidad predominan el jabalí, jaguar, coyote, tejón, puercoespín, ardilla, nutria; ceniztonle, jilguero y variedad de aves de colores vistosos, así como víbora de cascabel y coralillo, entre otras. El Estado posee alrededor de

900 especies endémicas que pueden encontrarse en su mayoría en la reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán y en Zapotitlán Salinas.

1.2.7 Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Las Áreas Naturales Protegidas son instrumentos de política ambiental para la conservación de la biodiversidad. El Instituto Nacional de Ecología reporta 383 áreas protegidas en el ámbito nacional, de las cuales 174 son administradas actualmente por la Comisión Nacional de Áreas Protegidas, por ser de carácter federal.

El Estado de Puebla cuenta con 14 de estas áreas protegidas, aportando así 8% al total nacional, entre las de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, los Parques Nacionales del Citlaltépetl,

Zoquiapan y anexas, La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl, siendo éstas de control federal. En el caso de control estatal aparecen el Área Natural Protegida del Jardín y Viveros de Cactáceas, el Área Natural Protegida Sujeta a Conservación Ecológica *Filo de la Tierra Colorada*, el Parque Ecológico *Flor del Bosque* y las Reservas Ecológicas del *Cerro de Amalucan*, *Cerro Comalo*, *Cerro Mendocinas*, *Cerro Tepeyac*, *Cerro Totolqueme* y *Cerro Zapotecas* (Figura 1.6).

Las áreas protegidas, en la mayoría de los casos, son regiones compartidas con otros Estados, pero han sido registradas como Reservas Naturales del Estado de Puebla, esto se puede observar en la Tabla 1.2.

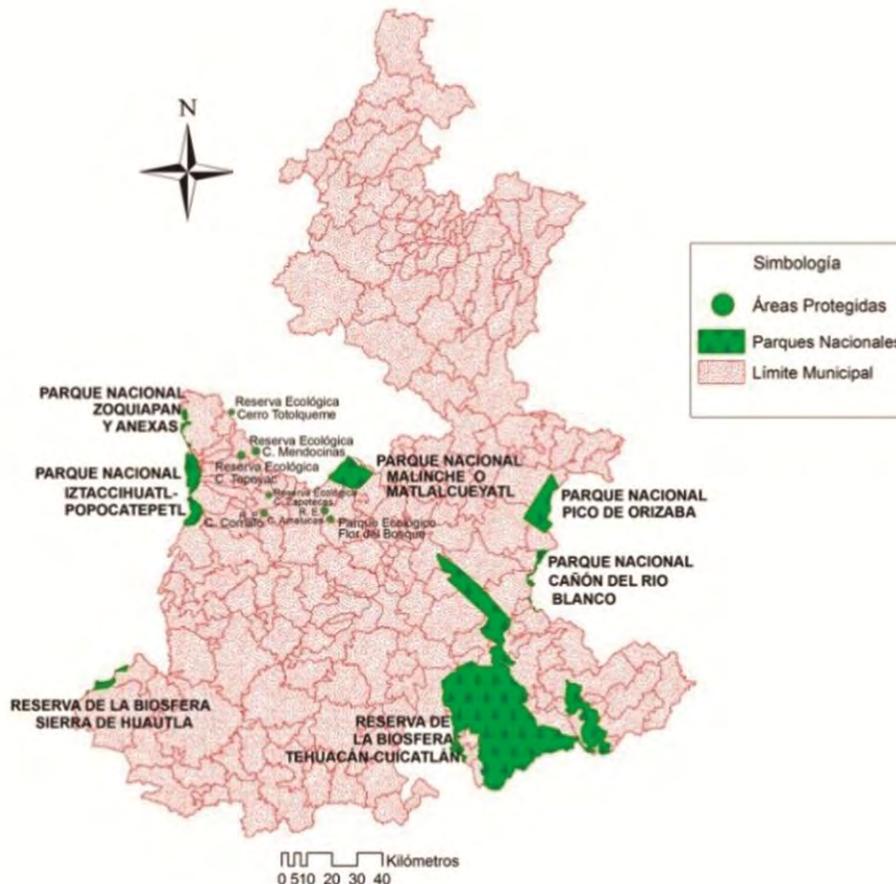


Figura 1.6 Áreas Naturales Protegidas de Puebla

Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008.

1.3. Aspectos Socioeconómicos

1.3.1 Dinámica poblacional

De acuerdo al conteo de población y vivienda realizado por INEGI en 2005, el Estado de Puebla contaba con una población de 5,383,133 habitantes, conformada en un 48% por hombres y 52% por mujeres. Para el año 2010 la población reportada fue de 5,779,829 habitantes, con los mismos porcentajes del censo anterior, lo que representa una tasa de crecimiento poblacional del 1.4% en dicho periodo. Como resultado, la densidad de población también presentó un aumento, al pasar de 148 a 168 hab/km².

Tabla 1.2 Listado de ANP en Puebla.

Nombre	Entidad federativa	Superficie (Hectáreas)	Año de decreto
Área de Protección de Recursos Naturales (APRN)			
Cuenca hidrográfica del río Necaxa	Hidalgo y Puebla	41,692	1938
Parque Nacional (PN)			
Cañón del Río Blanco	Veracruz de Ignacio de la Llave y Puebla	48,800	1938
Iztacihuatl-Popocatepetl	México, Puebla y Morelos	40,591	1935
Malinche o Matlalcuéyatl	Tlaxcala y Puebla	45,494	1938
Pico de Orizaba	Veracruz de Ignacio de la Llave y Puebla	19,601	1937
Reserva de la Biósfera (RB)			
Sierra de Huautla	Morelos y Puebla	59,031	1999
Tehuacán-Cuicatlán	Oaxaca y Puebla	490,678	1998

Fuente: Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente, INEGI. Con base en SEMARNAT. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Aguascalientes, Ags., Octubre 2010

En la Tabla 1.3 se observa la distribución por edad y sexo de la población para el año 2010.

El 72% de la población estatal es urbana y el 28% rural. El 39% de la población se concentra en solo 7 de los 127 municipios del Estado: Amozoc, Puebla, San Andrés Cholula, Texmelucan, San Pedro Cholula y Tehuacán

En los últimos cinco años, la tasa de mortalidad se ha mantenido casi constante, a diferencia de la tasa bruta de natalidad que ha tenido una tendencia a la baja de aproximadamente 0.4% anual. La esperanza de vida ha incrementado en casi un año, siendo esta de 73 años para varones y 78 años para mujeres.

Tabla 1.3 Población 2010 del Estado de Puebla distribuida por edad y por sexo.

Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-4	291,584	282,929	574,513
5-9	314,122	306,264	620,386
10-14	305,657	299,188	604,845
15-19	299,098	304,996	604,094
20-24	241,187	270,498	511,685
25-29	203,626	237,932	441,558
30-34	192,949	227,543	420,492
35-39	182,690	212,271	394,961
40-44	151,228	177,328	328,556
45-49	129,308	150,117	279,425
50-54	110,377	129,643	240,020
55-59	88,207	100,712	188,919
60-64	69,041	81,524	150,565
65-69	53,384	62,606	115,990
70-74	43,408	53,277	96,685
75-79	30,238	36,781	67,019
80-84	18,969	24,398	43,367
85 y más	16,816	23,994	40,810
N. E.	27,966	27,973	55,939

Fuente: Censo de Población y Vivienda. INEGI, 2010

La población económicamente activa en el Estado ha mostrado un comportamiento ascendente, según el registro hecho por INEGI para los años 2005 al 2010, como se muestra en la Tabla 1.4.

La inmigración neta interestatal ubica a Puebla en el lugar 16 en el país, el número de personas que ingresan al Estado para residir en él es superior a las que salen para residir en otro, 52,000 individuos. La migración internacional en cambio mantiene valores negativos, superando por 30,000 personas el número que abandonan Puebla para residir fuera del país, respecto del número de extranjeros que ingresan al Estado para residir en él; esta cifra coloca al Estado en la posición número 20 en la esfera nacional.

Tabla 1.4 Población económicamente activa.

Año	Población Económicamente Activa		Población Económicamente Activa Ocupada	
	Ocupada	Desocupada	Hombres	Mujeres
2005	2,139,834	72,581	1,331,666	808,168
2006	2,126,347	82,804	1,293,936	832,411
2007	2,234,171	80,859	1,352,090	882,081
2008	2,213,351	83,248	1,328,713	884,638
2009	2,198,927	107,819	1,369,553	829,374
2010	2,243,886	102,180	1,372,957	870,929

Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, serie 2005-2010. Cifras al primer trimestre del año, INEGI.

1.3.2 Desarrollo económico

El Estado de Puebla goza de cercanía con la capital del país, importante foco de desarrollo industrial, lo que da a la entidad la oportunidad de participar de manera significativa en este rubro.

Durante el 2009, Puebla produjo el equivalente al 3.44% del PIB nacional, siendo el sector terciario el responsable del 60% de dicha aportación, seguida por el sector secundario, con el 35%, y el primario, con el 5%.

De las actividades económicas secundarias, resalta la realizada por las industrias manufactureras, que contribuyeron con el equivalente al 80% del total aportado por el sector industrial, principalmente en las ramas de maquinaria y equipo, alimentaria, bebidas, tabaco y construcción. Este sector emplea alrededor de 72 mil personas al año.

De las actividades terciarias, sobresalen los servicios inmobiliarios y de alquiler y el comercio, seguidas por transportes, correos y almacenamiento.

El Estado cuenta con una producción incipiente de petróleo crudo, gas natural y sus derivados.

1.3.3 Dinámica urbana e infraestructura

i. Vías de comunicación

El Estado de Puebla tiene colindancia con el Estado de México, lo que ha convertido al Estado en un importante foco de desarrollo económico e industrial, propiciando la construcción de una amplia red de carreteras y, en menor proporción, vías de comunicación aéreas, para el transporte de materias primas, productos manufacturados y pasajeros (Figura 1.7).

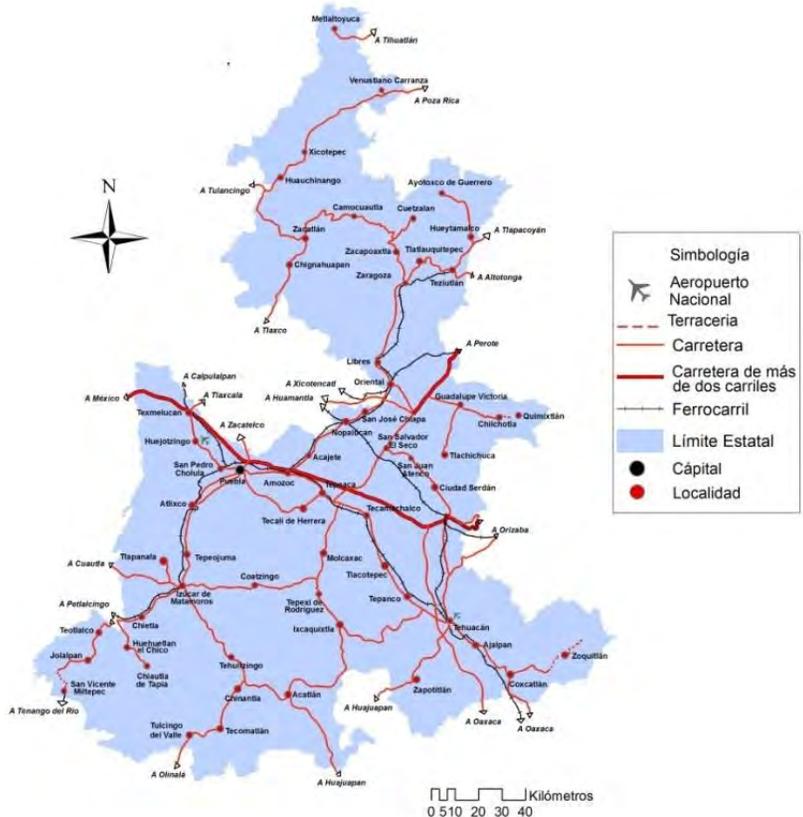
Las carreteras suman una longitud total de 11,116km, conformados de acuerdo a la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Tipos de carreteras en el Estado de Puebla (2009).

Tipo de Carretera	km
Carreteras principales pavimentadas	1,622
Carreteras secundarias pavimentadas	4,466
Carreteras secundarias revestidas	45
Caminos rurales pavimentados	174
Caminos rurales revestidos	4,829

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Puebla 2010.

Las carreteras más importantes del Estado son la *carretera federal de cuota 150*, que parte de la Ciudad de México y atraviesa el valle de Puebla y Tlaxcala, y continúa al oriente para entrar a Veracruz; la *carretera federal libre 150*, paralela a la anterior; la *carretera federal libre 125* que llega de Pinotepa Nacional y entronca con la carretera federal libre 150 en Tehuacán; la *carretera federal 135*, que parte del extremo sureste de Tehuacán hasta Teotitlán de Flores Magón en Oaxaca; la *carretera federal 130*, que sale de Teotihuacán a Tulancingo, Hidalgo, cruzando el Estado de Puebla para llegar a Poza Rica, en el Estado de Veracruz; y la *carretera federal libre 129* que parte de Puebla y llega a Veracruz.



Fuente: Elaboración propia con datos de Síntesis Geográfica del Estado de Puebla 2008.

Las vías férreas suman una longitud total de 750.9km, de los cuales 625.9km son vías troncales y ramales, 100.3km son vías auxiliares y 24.7km son propiedad de particulares.

El Estado de Puebla cuenta con dos aeropuertos ubicados en las ciudades de Tehuacán y Huejotzingo, además de 10 aeródromos ubicados en Ajalpan, Atlixco, Cuyuaco, Jalpan, Tehuitzingo, Libres, Palmar de Bravo, Chiapa, Tlaxco y Tlacotepec.

Hasta octubre de 2005 el 96.85% de la población disponía de energía eléctrica, el 83.82% tenían acceso a agua de la red pública y el 80.50% a la red de drenaje.

El Estado cuenta con 4 plantas potabilizadoras de agua que tratan un promedio de 545 litros por segundo, así como con 8 presas en funcionamiento (Tabla 1.6).

Tabla 1.6 Presas y capacidades total y útil en el Estado por municipio (2009).

Municipio	Presas	Cap. Total *	Cap. Útil *
Acatlán	Peña Colorada	5.0	4.6
Huauchinango	Tenango	43.1	4.6
	Nexapa	15.5	12.5
Jolalpan	Huachinantla	4.6	3.9
Juan Galindo	Necaxa	42.9	29.1
Puebla	Manuel Ávila Camacho	330.6	265.1
Tehuitzingo	Boqueroncitos	5.0	4.5
Tlatlauquitepec	La Soledad	45.9	13.3
Total		492.6	359.8
*Millones de metros cúbicos			

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Puebla 2010. INEGI

En 2009, contaba con rellenos sanitarios en 18 municipios, que suman una capacidad disponible de 3,243,687 m³ (Tabla 1.7).

Tabla 1.7 Rellenos sanitarios en el Estado de Puebla.

Municipio	Volumen de desechos recolectados anualmente*	Superficie (ha)	Capacidad disponible **
Ajalpan	144	9	171,428
Atlixco	336	13	60,000
Cuetzalan del Progreso	48	29	8,571
Cuyoaco	22	6	432,857
Chalchicomula de Sesma	125	18	22,286
Huauchinango	168	5	1,036
Huejotzingo	422	2	1,357,714
Izúcar de Matamoros	81	11	72,926
Libres	43	8	10,286
Nicolás Bravo	0	10	44,152
Puebla	8,332	32	850,286
Quecholac	133	19	151,069
San Martín Texmelucan	216	3	432
Tehuacán	1,075	10	48,038
Tepanco de López	29	4	2,165
Tepeaca	144	10	9,201
Tulcingo	25	7	1,240
Total	11,343	196	3,243,687

*Miles de Toneladas. **Metros cúbicos

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Puebla 2010.
INEGI

i. Transporte e industria

En el año 2009, en el Estado de Puebla se reportó un parque vehicular de 1,138,679 unidades, distribuido según la Tabla 1.8.

Tabla 1.8 Parque vehicular en el Estado de Puebla por tipo de vehículo, 2009.

Tipo de Vehículo	Número de unidades
Automóviles	695,365
Camiones y camionetas*	406,116
Camiones de pasajeros**	9,237
Motocicletas	27,961
De los cuales	
Particulares	1,095,626
Alquiler	43,053
Total	1,138,679

*Incluye particulares y de carga

**Incluye microbuses

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Puebla 2010.
INEGI

En la figura 1.8 se observan los municipios de mayor importancia económica, se resaltan en color amarillo los de importancia comercial y en marrón los de mayor desarrollo industrial.

Cabe mencionar a Tehuacán, como segundo municipio en importancia por el número de habitantes, después de la capital, con actividades agrícolas, maquiladoras e industria refresquera; San Martín Texmelucan, que tiene un gran desarrollo comercial por la producción y comercialización de productos textiles y en donde se ubica el Complejo Petroquímico Independencia; Teziutlán y Acateno, con la industria de la maquilación textil; Huejotzingo con la industria textil, conservas, sidra y maquila textil; además de otros municipios como Zacatlán, Izúcar de Matamoros y Atlixco, de amplia tradición turística, comercial y artesanal.

En 2009, ocho municipios albergaron al 63% del parque vehicular del Estado, de los cuales el 70% corresponde a vehículos registrados en el municipio de Puebla. (Tabla 1.9).



En cuanto a la edad del parque vehicular, el 34% está conformado por modelos 2000-2009, el 36% por modelos 1991-2000 y el 30% restante por modelos 1990 y anteriores.

Clasificado por tipo de combustible, 96.06% del parque vehicular consume gasolina, mientras que 2.86% funciona con diesel y sólo 1.04% emplea gas.

Al año 2011, las industrias automotriz y textil fueron las más importantes en el Estado, llegando esta última a 75 unidades de producción detectadas y presentando ingresos de más de 74 millones de pesos en 2011.

El Estado cuenta con 16 parques industriales: Huauchinango, Zacatlán-Chignahuapan, Tehueya y Oriental, en la región Norte del Estado; Chachicomula, Esperanza y Valle de Tehuacán en el Este; y los parques Área 1, El Carmen, 5 de Mayo, FINSA, Nopalucan, Chachapa, San Jerónimo, Resurrección y Puebla 2000 en el centro.

Tabla 1.9 Municipios del Estado de Puebla con mayor parque vehicular (2009).

Municipio	Automóviles registrados
Puebla	384,683
Tehuacán	30,877
Cuatlancingo	25,012
San Martín Texmelucan	21,619
San Pedro Cholula	19,445
San Andrés Cholula	14,823
Atlixco	14,759
Teziutlán	11,228
Resto de municipios	172,919

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Puebla 2010. INEGI



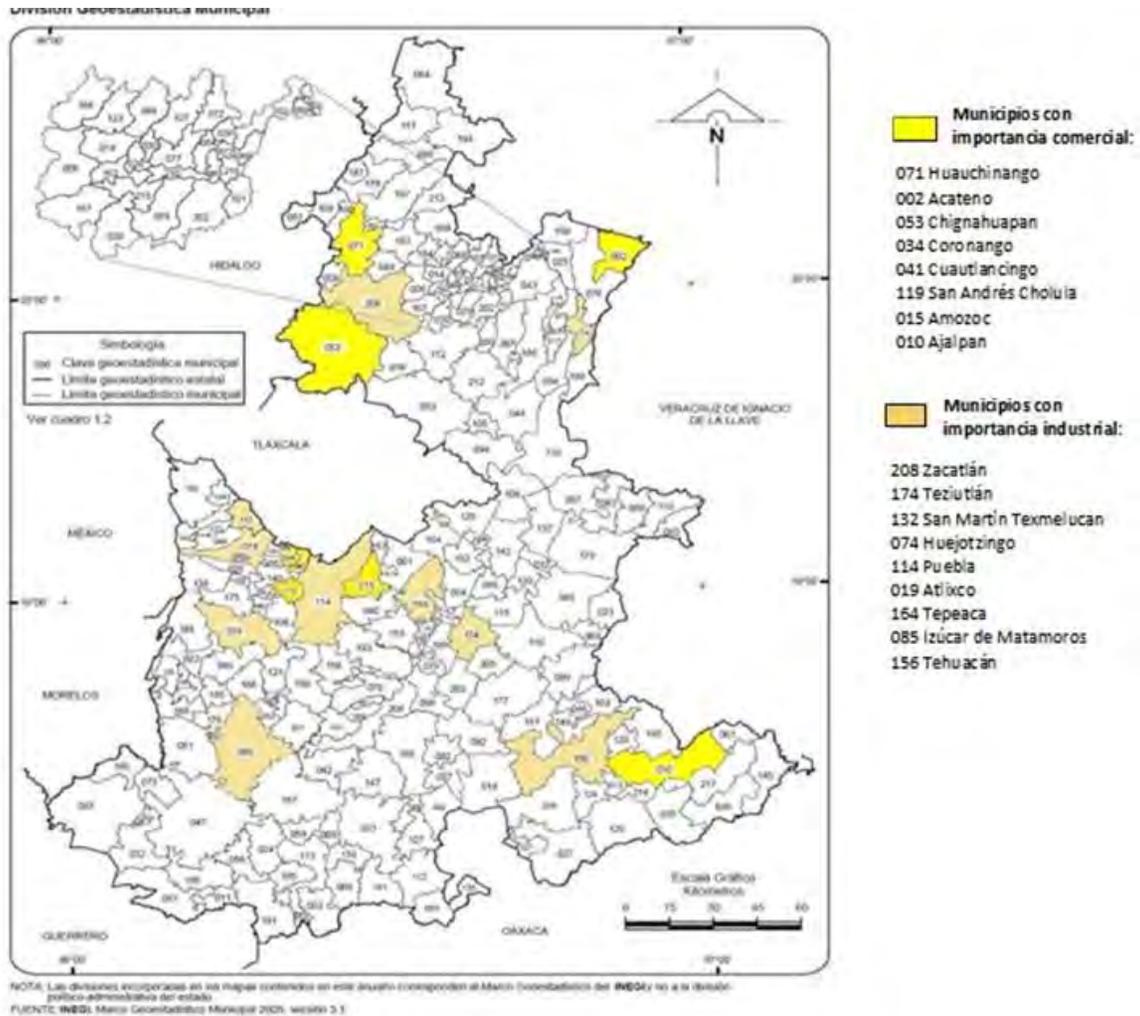


Figura 1.8. Municipios con mayor actividad económica en el Estado de Puebla.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.



2

Diagnóstico y tendencia de la calidad del aire en Zonas Urbanas y rurales

2. Diagnóstico y tendencia de la calidad del aire en zonas urbanas y rurales del Estado de Puebla

2.1. Contaminantes considerados

Una buena calidad del aire se puede definir como el conjunto de concentraciones de componentes presentes en la atmósfera en un periodo de tiempo dado, que satisfacen la salud, el bienestar de la población, el equilibrio ecológico, y los materiales con valor económico.

El monitoreo atmosférico proporciona información acerca del estado que guarda el recurso aire en nuestras ciudades y, por lo tanto, constituye una herramienta indispensable en el desarrollo de los Programas de Gestión de la Calidad del Aire que aplican las autoridades ambientales y demás sectores involucrados.

La calidad del aire en una región se establece en términos de los *contaminantes criterio*. Los contaminantes criterio se han identificado como tales porque previamente fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire en los Estados Unidos, con el fin de establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el entorno y el bienestar de la población.

El término “contaminantes criterio” ha sido adoptado en muchos países, incluyendo México, y actualmente comprende: las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros (PM_{10}) y menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), el ozono (O_3), el bióxido de azufre (SO_2), el bióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de carbono (CO).

De acuerdo a su origen, se clasifican en primarios y secundarios. Los contaminantes primarios, son aquellos emitidos en la forma en que se encuentran en el aire, mientras que los secundarios no son emitidos por ninguna fuente en particular, sino que se generan en el aire a partir de diversas reacciones químicas en la atmósfera.

La Tabla 2.1 presenta los contaminantes considerados para la realización del diagnóstico y la tendencia de la calidad del aire en la Zona

Metropolitana del Valle de Puebla (ZMVP) y su entorno rural.

Tabla 2.1 Contaminantes criterio considerados en el diagnóstico y tendencia de la calidad del aire del Estado de Puebla.

Contaminante	Categoría por origen
NO_2	Primario y secundario
SO_2	Primario
CO	Primario
PM_{10}	Primario y secundario
O_3	Secundario

El monitoreo continuo y en ocasiones integrado de dichos contaminantes, sirve para determinar la calidad del aire en una zona a partir de su comparación contra los niveles permisibles establecidos para proteger la salud y bienestar de la población.

Los niveles permisibles han sido establecidos en forma de guías y normas de calidad del aire. Asimismo, el registro histórico de los datos validados de calidad del aire permite elaborar el diagnóstico sobre tendencias y evolución de los contaminantes a lo largo del tiempo y su comportamiento espacial.

Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas. Las guías son recomendaciones que establecen los niveles de exposición a contaminantes del aire, a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos tóxicos. Las normas establecen las concentraciones máximas de los contaminantes del aire que se permiten durante un tiempo definido, y donde estos valores límite son establecidos con un margen de protección ante los riesgos y tienen la finalidad de proteger a la salud humana y el entorno.

En México, el Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de Salud, es quien establece los límites permisibles de concentración de contaminantes que pueden afectar la salud de la población, mediante las Normas Oficiales Mexicanas. Las normas de calidad del aire vigentes en nuestro país se muestran en la Tabla 2.2.

Cabe mencionar que para el uso y aplicación de estas normas se debe seguir un procedimiento que es particular para cada contaminante criterio y que incluye desde una validación previa de los datos, hasta el cumplimiento de un criterio de completación de datos. Este último término se refiere a la cantidad mínima de datos necesaria para realizar un análisis estadístico representativo.

Las normas mexicanas de calidad del aire y en general la práctica internacional, establecen que se asegurará el criterio de completación cuando la base en evaluación cumpla con un mínimo del 75% de datos validados para evaluar la calidad del aire en términos de una norma o guía recomendadas.

Ese mismo criterio se ha aplicado en situaciones en que se busca evaluar una tendencia estadística de cierta concentración o indicador de calidad del aire.

Tabla 2.2 Normas de calidad del aire mexicanas vigentes.

Contaminante	Valores límite			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo para el promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo para el promedio	
Partículas suspendidas totales (PST)	210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)	2% de datos diarios en un año	-	Modificación a la NOM-024-SSA1-1993 (DOF, 2005)
PM ₁₀	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas) ^a	2% de datos diarios ^b en un año	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio aritmético anual) ^c	
PM _{2.5}	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas) ^a	2% de datos diarios ^b en un año	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio aritmético anual) ^c	
O ₃	0.11 ppm (1 hora)	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)
	0.08 ppm (8 horas en promedio móvil) ^d	4 veces al año	-	
SO ₂	0.11 ppm (24 horas)	1 vez al año	0.025 ppm (promedio aritmético anual)	NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2011) ^e
	0.20 ppm (8 horas)	2 veces al año		
CO	11 ppm (8 horas en promedio móvil)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)
NO ₂	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)

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

^b Muestreos de 24 horas o promedios de 24 horas.

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

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

^e Diario Oficial de la Federación del 8 de septiembre de 2010, entró en vigor a los 180 días siguientes de su publicación (8 de marzo de 2011).

- ppm: partes por millón

- $\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramos por metro cúbico.

2.2. Medición y/o monitoreo atmosférico

Se entiende por monitoreo atmosférico al conjunto de métodos diseñados para muestrear, analizar y procesar en forma continua y sistemática las concentraciones de sustancias o contaminantes del aire, con el propósito de determinar el estado que guarda la calidad del aire de una región.

El muestreo y medición de los contaminantes del aire se realizan en estaciones de monitoreo, en las que se cuenta con uno o más instrumentos diseñados específicamente para medir en forma continua las concentraciones de los diferentes contaminantes en el aire.

Las estaciones cuentan también con sensores para medir en forma continua diversos parámetros meteorológicos, debido a su influencia en la variación de la calidad del aire.

La Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA) de la ZMVP, inició operaciones en el año 2000 con cuatro estaciones automáticas configuradas para medir tanto los contaminantes criterio (PM_{10} , O_3 , CO , NO_2 y SO_2), como algunos contaminantes no criterio (hidrocarburos totales y ácido sulfhídrico).

Para establecer el diagnóstico y las tendencias en este estudio, se utilizaron datos generados por las cuatro estaciones de la REMA, cuya ubicación se muestra en la Figura 2.1.

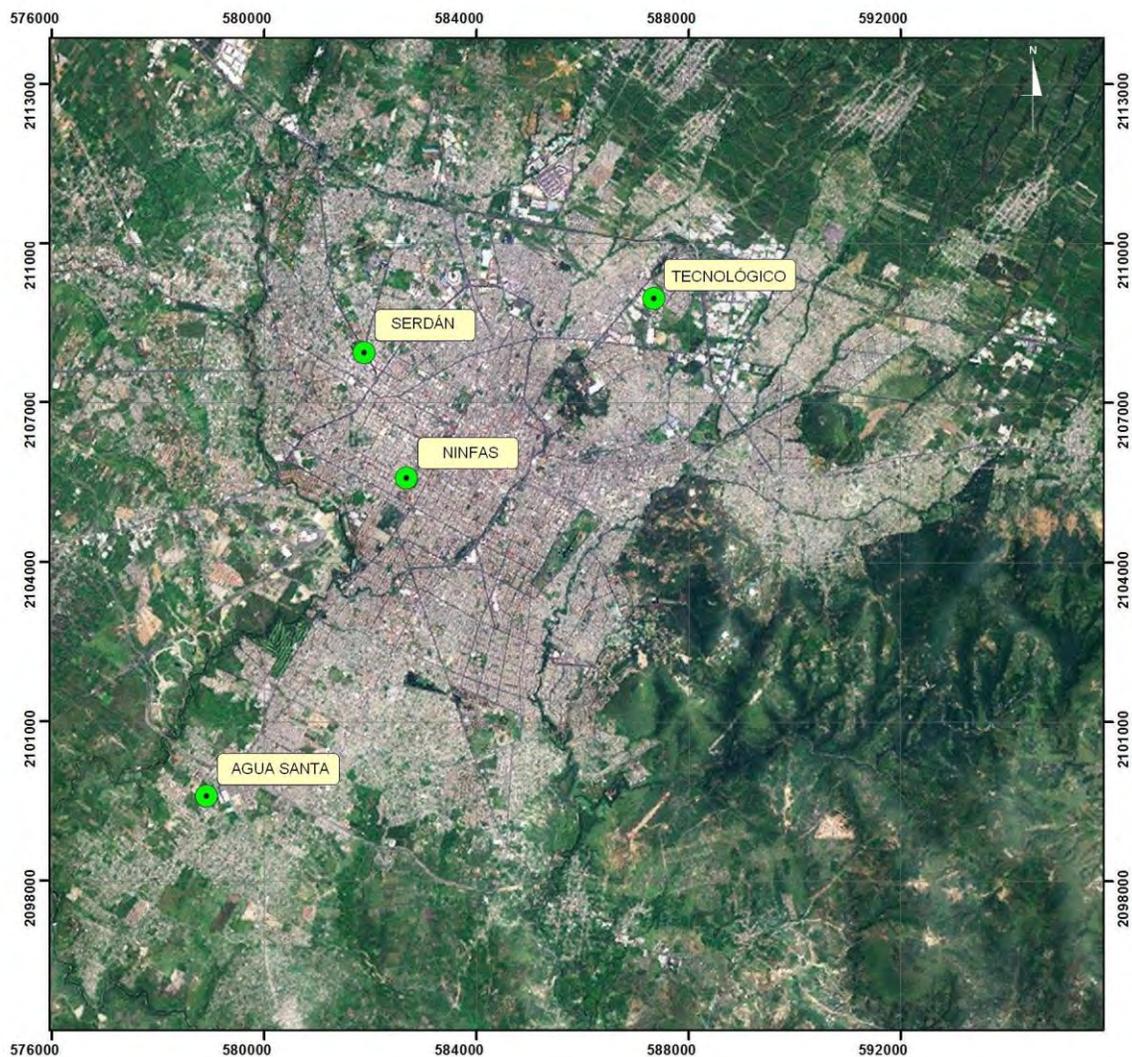


Figura 2.1 Localización de las estaciones de monitoreo en la ZMVP.

La estación de monitoreo Tecnológico se ubica en el sector noreste de la ZMVP, en la Avenida Tecnológico No. 420, a una altitud de 2,216.5 msnmm¹, en una zona con actividades industriales, habitacionales y escolares.

La estación de monitoreo Ninfas se localiza en el sector centro-poniente, a una altitud de 2,136 msnmm, en una zona habitacional.

La estación de monitoreo Serdán está a un costado del Monumento a los Hermanos Serdán, a una altitud de 2,180 msnmm.

La estación Agua Santa se encuentra al suroeste de la ciudad a una altitud de 2,182 msnmm, dentro de una zona habitacional y escolar.

Actualmente, esta red es operada por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT), del Gobierno del Estado de Puebla y está integrada al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA).

Bajo dicho esquema la REMA se sujeta a evaluaciones técnicas periódicas por parte del personal técnico de la Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), dependiente del INE, con el propósito de valorar y constatar el adecuado funcionamiento de sus componentes y garantizar la generación consistente de datos.

El análisis es efectuado para el periodo comprendido entre 2005 y 2009. Los métodos de referencia para la medición de los contaminantes criterio son establecidos por las respectivas normas oficiales mexicanas en materia de calidad del aire.

2.3. Cumplimiento de las normas correspondientes

2.3.1 Bióxido de nitrógeno (NO₂)

Con los valores disponibles del monitoreo de NO₂ en el período 2005-2009, se observa que la norma de calidad del aire respectiva no se rebasó en ningún sitio, aunque esta afirmación debe

¹ metros sobre el nivel medio del mar

considerarse con precaución, pues la compleción de datos requerida para esta evaluación fue reducida. Los datos se presentan en la tabla 2.3.

La Figura 2.2 presenta el comportamiento del promedio horario anual de las concentraciones de NO₂ registradas en las estaciones Serdán y Agua Santa en el año 2006.

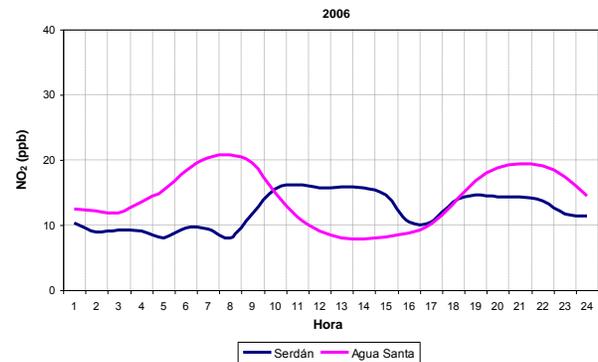


Figura 2.2 Patrón diario de las medianas horarias de las concentraciones de NO₂ registradas en las estaciones Serdán y Agua Santa en el año 2006.

El NO₂ tiene dos orígenes, es un contaminante primario que es emitido por procesos de combustión, principalmente por vehículos con motor de diesel o gasolina, y también es generado como contaminante secundario durante el proceso fotoquímico de formación de O₃.

Generalmente los máximos de este contaminante se presentan a media mañana cuando la actividad fotoquímica alcanza el máximo del día, aunque dependiendo de la posición de la estación de monitoreo, es posible que se observe un segundo máximo en la noche debido al tráfico nocturno típico de las zonas urbanas.

Se observa que las concentraciones de NO₂ en la estación Serdán siguieron el patrón esperado para una estación bajo la influencia de tráfico vehicular constante. En tanto que Agua Santa, ubicada en un extremo de la ciudad, está sujeta a diversos cambios de llegada del viento, y registra niveles ligeramente mayores de este contaminante asociados más a emisiones generadas en otros sitios que locales.

La reducción observada entre las 10 y las 18 horas en este sitio confirman lo anterior. La elevación de NO₂ observada en las primeras horas de la noche pudiera incluso no ser en su totalidad de este

contaminante, sino a interferencias propias de los instrumentos de medición de NO_x (Dunlea et al., 2007).

Tabla 2.3 Máximos de promedios horarios de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVP (2005-2009)^{a,b}.

Estación	2005 (ppb)	2006 (ppb)	2008 (ppb)	2009 (ppb)
Tecnológico	98.8			39.5
Ninfas	105.2			
Serdán	159.4	74.1	74.1	
Agua Santa	78.8	89.4	71.5	97.4

^a NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994): 210 ppb en promedio horario una vez al año

^b No se contó con información para el año 2007

	75% o más de días con promedios al año
	Entre 75% y 50% con promedios con valores al año
	Menos de 50% de promedios al año
	Sin valores

2.3.2 Bióxido de azufre (SO₂)

El SO₂ es un contaminante asociado a la quema de combustibles pesados en la industria y en menor grado por transporte de carga, por lo que las mayores concentraciones se presentan en zonas donde esta actividad es importante.

Las tablas 2.4 y 2.5 presentan la evaluación del cumplimiento a las normas de calidad del aire aplicables al SO₂ para las cuatro estaciones de monitoreo, considerando todos los datos disponibles.

Este contaminante cumplió con la norma respectiva en sus formas para evaluación a exposición crónica y aguda en el periodo 2005-2009.

Tabla 2.4 Máximos de promedios anuales de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMVP para evaluación de la norma respectiva para exposición crónica en el periodo (2005-2009)^a.

Estación	2005 (ppb)	2006 (ppb)	2007 (ppb)	2008 (ppb)	2009 (ppb)
Tecnológico	9.2	9.2	4.5	7.7	7.7
Ninfas	5.1	3.6	5.6		
Serdán	9.6	8.6	5.2	5.6	4.7
Agua Santa	3.6	2.6	4.4	2.6	4.7

^a NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2011): 25 ppb máximo en promedio anual

	75% o más de días con promedios al año
	Entre 75% y 50% con promedios con valores al año
	Menos de 50% de promedios al año
	Sin valores

Tabla 2.5 Tendencia en el cumplimiento de la norma de calidad del aire para SO₂ en exposición aguda en el periodo 2005–2009^a en la ZMVP.

Estación	Año	Cumplimiento de la NOM en la ZMVP	Exposición aguda (frecuencia aceptable)	Valor registrado para el indicador de exposición aguda (ppb)
Tecnológico	2005	SI	200 ppb promedio móvil en 8 horas no más de dos veces al año	61.3
	2006	(D. I.)		65.4
	2007	(D. I.)		35.7
	2008	SI		48.9
	2009	(D. I.)		54.4
	2005	SI	110 ppb promedio en 24 horas a no rebasarse 1 vez al año	30.0
	2006	(D. I.)		24.8
	2007	(D. I.)		19.5
	2008	SI		27.0
	2009	(D. I.)		7.8
Ninfas	2005	SI	200 ppb promedio móvil en 8 horas no más de dos veces al año	37.8
	2006	(D. I.)		18.0
	2007	(D. I.)		25.8
	2008	(D. I.)		
	2009	(D. I.)		
	2005	SI	110 ppb promedio en 24 horas a no rebasarse 1 vez al año	13.3
	2006	(D. I.)		13.2
	2007	(D. I.)		16.7
	2008	(D. I.)		
	2009	(D. I.)		
Serdán	2005	(D. I.)	200 ppb promedio móvil en 8 horas no más de dos veces al año	34.7
	2006	(D. I.)		35.8
	2007	(D. I.)		27.4
	2008	(D. I.)		19.5
	2009	SI		38.4
	2005	SI	110 ppb promedio en 24 horas a no rebasarse 1 vez al año	34.3
	2006	(D. I.)		32.7
	2007	SI		22.8
	2008	(D. I.)		18.8
	2009	SI		5.1
Agua Santa	2005	(D. I.)	200 ppb promedio móvil en 8 horas no más de dos veces al año	13.6
	2006	SI		13.2
	2007	(D. I.)		7.6
	2008	(D. I.)		11.2
	2009	(D. I.)		17.6
	2005	(D. I.)	110 ppb promedio en 24 horas a no rebasarse 1 vez al año	7.8
	2006	SI		9.7
	2007	(D. I.)		5.6
	2008	(D. I.)		8.3
	2009	(D. I.)		4.5

^a NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2011)
(D. I.): Datos insuficientes para la evaluación de la norma respectiva.

	75% o más registros al año
	Entre 75% y 50% registros al año
	Menos de 50% de registros al año
	Sin registros

La Figura 2.3 ilustra la tendencia anual del comportamiento de las medianas de las concentraciones horarias de SO₂ en las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa con los datos disponibles para el periodo 2005-2009.

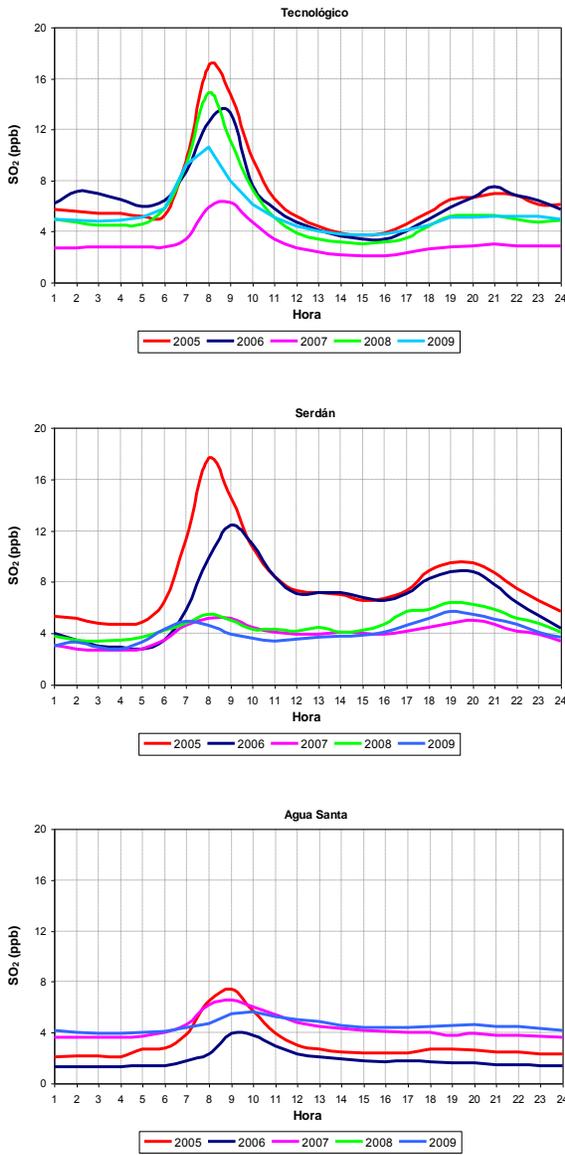


Figura 2.3 Tendencia del comportamiento horario típico de SO₂ durante el día de 2005 a 2009 para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa.

Las concentraciones mayores se registraron en las estaciones Tecnológico y Serdán por la mañana, cuando las condiciones de dispersión de emisiones principalmente por fuentes fijas son más restrictivas, para posteriormente observarse un ligero incremento por la noche asociado

posiblemente a emisiones de transporte y a una mejor ventilación natural.

La estación Agua Santa se ubica en una zona sin tanta influencia de estas emisiones y sólo se aprecia un incremento mínimo por las mañanas. La tendencia en general de las medianas de estas concentraciones es a la disminución, tomando como base el patrón de 2005, en los tres sitios.

La Figura 2.4 presenta la tendencia de los promedios máximos de 8 horas por día de SO₂ registrados en las estaciones Tecnológico y Serdán entre 2005 y 2009.

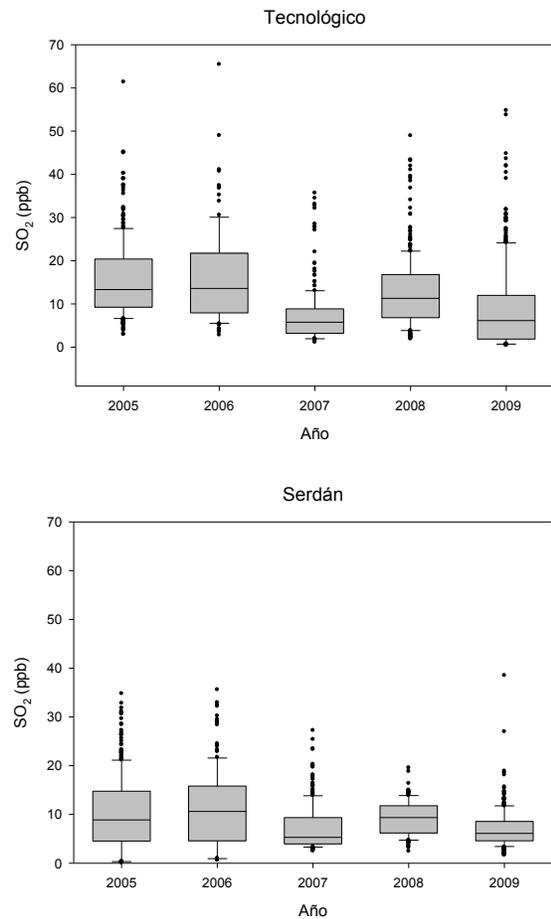


Figura 2.4 Tendencia de las concentraciones de los máximos por día de los promedios móviles de 8 horas de SO₂ en las estaciones Tecnológico y Serdán en el periodo 2005 a 2009. Para los años 2006, 2007 y 2009 en la estación Tecnológico; y de 2005 a 2009, en Serdán, se tuvo una compleción de promedios menor al 75%.

La tendencia de estos promedios en general sugiere para la estación Tecnológico una disminución en la mediana y en el percentil 75 de

los valores, aunque para los valores extremos se aprecia un repunte a partir de 2008. En la estación Serdán, los valores son relativamente bajos y también se observa una ligera tendencia a la disminución, tanto en la mediana de los promedios como en los percentiles 75 y 90 de estos valores. También se aprecia una disminución en el número de valores extremos, aunque esto último podría deberse a que no se contó con un mayor número de datos para confirmar esta tendencia.

En la figura 2.5 se muestran las tendencias de los promedios de 24 horas de SO₂ registrados en las estaciones Tecnológico y Serdán entre 2005 y 2009. Como en la figura previa, las gráficas fueron construidas con los promedios obtenidos a partir de todos los datos disponibles para estas estaciones.

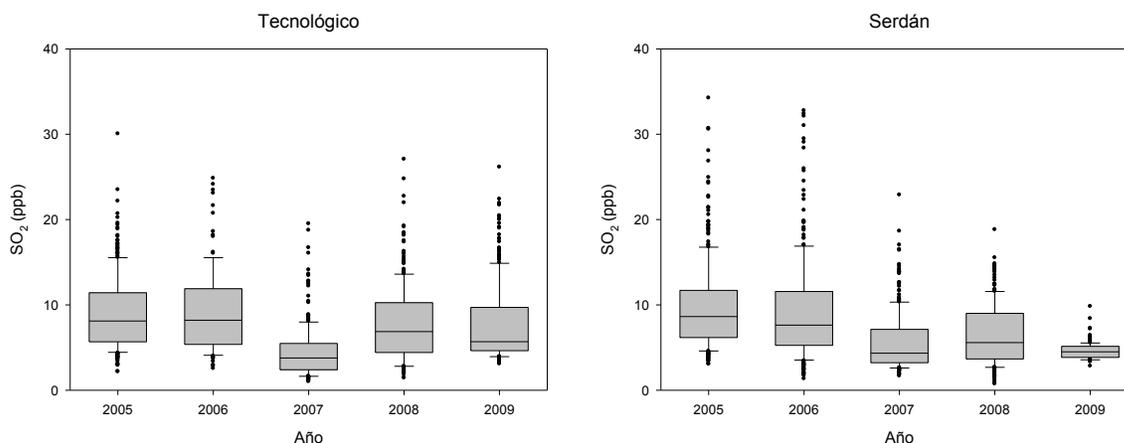


Figura 2.5 Tendencias de las concentraciones de los máximos por día de los promedios de 24 horas de SO₂ registradas en las estaciones Tecnológico y Serdán en el periodo 2005 a 2009. Para los años 2006, 2007 y 2009 en la estación Tecnológico, y de 2005 a 2009 en Serdán, se tuvo una completión de promedios menor al 75%.

Así como en el caso de la tendencia de los promedios móviles de 8 horas para SO₂, en ninguna de las dos estaciones se alcanza el valor límite a 24 horas, de 110 ppb.

La tendencia en las medianas en general fue hacia una disminución, aunque se observa que los valores extremos en *Tecnológico*, si bien son del orden de tres a cuatro veces menores que el valor normado, no muestran una disminución clara. En la estación de monitoreo Serdán esta disminución es clara en todos los parámetros estadísticos.

2.3.3 Monóxido de carbono (CO)

El CO es un contaminante asociado con emisiones vehiculares. De acuerdo a los datos disponibles, no excedió la norma respectiva durante el periodo de estudio, en todos los sitios.

La Tabla 2.6 presenta los valores máximos de los promedios móviles de 8 horas por día entre 2005 y 2008, en todas las estaciones.

La estación Serdán presentó en general los mayores valores sin llegar a rebasar la norma, en tanto los valores menores se encontraron en Agua Santa. Esto debido a la influencia local de las emisiones vehiculares en Serdán en contraste con Agua Santa.

La tendencia de las medianas del comportamiento horario de CO para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa en el periodo 2005-2008, se presenta en la Figura 2.6. Esta figura fue construida con la mediana de los datos disponibles para estos años.

Las concentraciones máximas se registran en las horas de mayor tráfico, es decir, durante las mañanas y por las noches.

Tabla 2.6 Máximos de promedios móviles de 8 horas de CO por estación de monitoreo en la ZMVP (2005-2008)^a.

Estación	2005 (ppm)	2006 (ppm)	2007 (ppm)	2008 (ppm)
Tecnológico	3.0	3.5	2.4	2.5
Ninfas	4.7		2.7	
Serdán	4.4	7.5	3.7	3.4
Agua Santa	2.5	2.6	1.7	1.3

^a NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994):11 ppm (8 horas en promedio móvil)

- 75% o más de días con promedios al año
- Entre 75% y 50% con promedios con valores al año
- Menos de 50% de promedios al año
- Sin valores

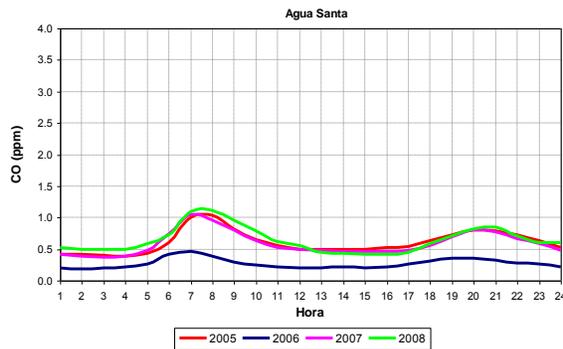
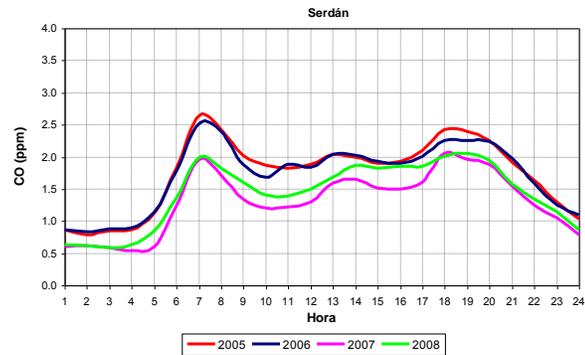
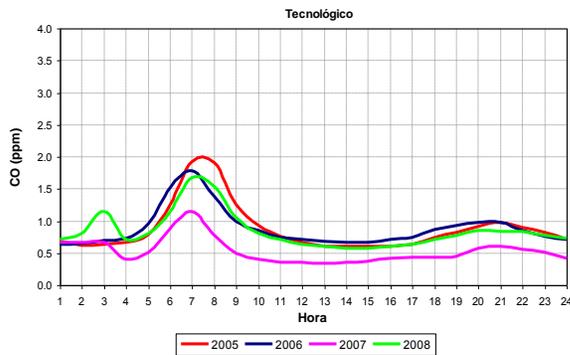


Figura 2.6 Tendencia del comportamiento horario típico de CO durante el día de 2005 a 2008 para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa.

El sitio con mayores niveles es Serdán, ubicada en una zona con intenso tráfico durante prácticamente todo el día, seguida por Tecnológico también con contribuciones vehiculares importantes, y en tercer lugar Agua Santa ubicada en una zona relativamente alejada de tránsito vehicular.

En general se observa una ligera disminución en los niveles de los perfiles horarios con respecto a 2005 en los tres lugares, siendo el año 2007 cuando se registran los menores niveles en las tres estaciones.

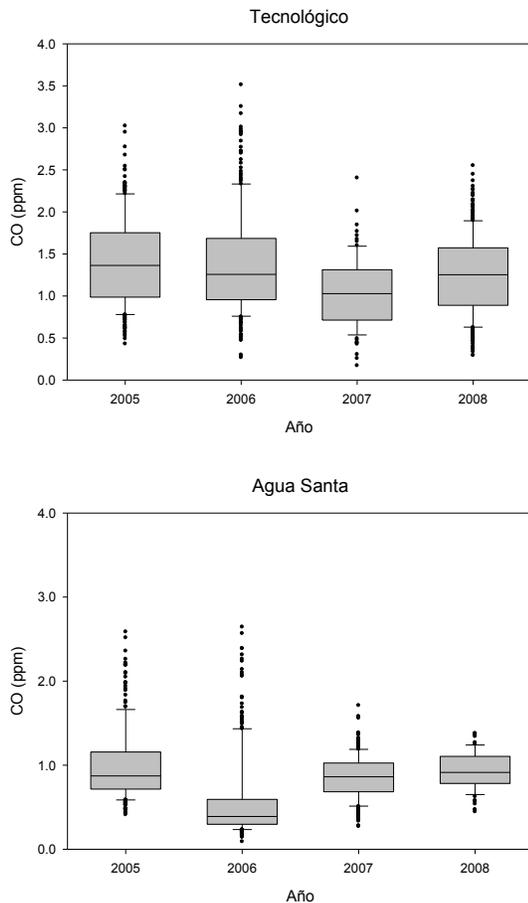


Figura 2.7 Tendencia de las concentraciones de los máximos de los promedios móviles de 8 horas de CO registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en el periodo 2005 a 2008.

La tendencia entre 2005 y 2008 del promedio móvil de 8 horas máximo por día se muestra en la Figura 2.7. Esta figura tuvo una compleción de datos menor al 75% para los años 2005 y 2007 en la estación Tecnológico, y para los años 2005, 2007 y 2008 en Agua Santa, por lo que debe tomarse como indicativa solamente de la tendencia.

Las medianas de las concentraciones promedio máximas en 8 horas por día son más altas en Tecnológico que en Agua Santa. Sin embargo, en ningún año se acercan al valor límite indicado en la respectiva norma de 11 ppm.

No se distingue una tendencia apreciable a la disminución en las medianas de los dos sitios,

aunque para los valores extremos sí se observa un cambio a ser cada vez menores.

2.3.4 Partículas iguales o menores a 10 micrómetros (PM₁₀)

La disponibilidad de datos para la evaluación del cumplimiento de la normatividad para PM₁₀ fue insuficiente, de acuerdo a los lineamientos de evaluación establecidos en la propia norma.

La Tabla 2.7 presenta los resultados considerando las cuatros estaciones de monitoreo. Se observa que la estación de monitoreo Agua Santa no cumplió con la norma de calidad del aire para PM₁₀, tanto en los promedios de 24 horas como en la anual de 2006, presentándose 41 excedencias a los límites recomendados.

Al comparar los valores máximos indicadores de exposición aguda y crónica para el sitio Tecnológico entre 2005 y 2009, se observa un ligero incremento, mientras que en Serdán parece haber una disminución ligera entre 2007 y 2008, situación que no puede confirmarse para años posteriores por la limitación en los datos.

Por otro lado, la Figura 2.8 muestra el comportamiento de las medianas de las concentraciones horarias en el día referente a las PM₁₀ a lo largo de un año, en las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa de la ZMVP. Estos gráficos se generaron a partir de los valores horarios disponibles en las estaciones en el periodo 2005-2007.

Como se aprecia en la Figura 2.8, hay un cambio significativo en la tendencia de las concentraciones horarias de PM₁₀ entre 2005 y 2007. Esta disminución es muy notable para la estación Agua Santa y podría atribuirse a la urbanización tan rápida que ha tenido ese sector de la ciudad. Al pavimentarse y ocuparse terrenos baldíos se reduce la posibilidad de levantamiento de polvos por el viento.

Tabla 2.7 Evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire para PM_{10} (2005–2009) en la ZMVP.

Estación	Año	Cumplimiento de la NOM en la ZMVP	Exposición aguda (frecuencia aceptable en 24 horas)	Valor registrado para el indicador de exposición aguda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Exposición crónica (anual)	Valor para el indicador anual de exposición crónica ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tecnológico	2005	SI	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ percentil 98 anual	67.4	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual	30.9
	2006	SI		75.7		33.2
	2007	(D. I.)		55.1		31.1
	2008	(D. I.)		35.4		24.4
	2009	(D. I.)		51.2		27.5
Ninfas	2005	SI	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ percentil 98 anual	52.3	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual	29.4
	2006	(D. I.)		61.5		32.1
	2007	(D. I.)		60.6		37.5
	2008	(D. I.)				
	2009	(D. I.)				
Serdán	2005	(D. I.)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ percentil 98 anual	126.2	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual	62.6
	2006	(D. I.)		54.9		33.1
	2007	SI		73.8		40.0
	2008	SI		72.2		38.2
	2009	(D. I.)		64.6		31.5
Agua Santa	2005	(D. I.)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ percentil 98 anual	213.5	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual	118.5
	2006	NO		183.13		64
	2007	(D. I.)		86.2		35.6
	2008	(D. I.)		61.0		39.8
	2009	(D. I.)				

(D. I.): Datos insuficientes para la evaluación de la norma respectiva de acuerdo a la modificación a la NOM-024-SSA1-1993, publicada en el DOF el 26 de septiembre de 2005.

	75% o más registros al año
	Entre 75% y 50% registros al año
	Menos de 50% de registros al año
	Sin registros

Las estaciones Tecnológico y Serdán presentan un comportamiento similar. Sin embargo, estos resultados se deben tomar con precaución por la limitación de datos.

En todos los casos se presenta un máximo diurno que coincide con la hora del tráfico vehicular matutino, este máximo parece uniformarse conforme al paso de los años.

El máximo de PM_{10} observado en Agua Santa al atardecer, podría estar asociado a la ocurrencia de vientos fuertes y el consecuente arrastre de polvos.

Este patrón es el comportamiento típico anual, sin embargo, hay fuertes variaciones en las

concentraciones de PM_{10} dependiendo de la época del año. Por ejemplo, la Figura 2.9 muestra el patrón regular de las concentraciones promedio en 24 horas de las PM_{10} en dos estaciones para el año 2006.

La Figura 2.9 indica que los meses de enero a abril son los periodos en donde las concentraciones de PM_{10} alcanzan mayores valores. Entre mayo y septiembre, en coincidencia con la época de lluvias, estas concentraciones bajan, para posteriormente tener un incremento entre octubre y diciembre. Se aprecia también que los promedios de 24 horas en Agua Santa fueron mayores al valor de referencia establecido por la norma respectiva de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la época invernal.

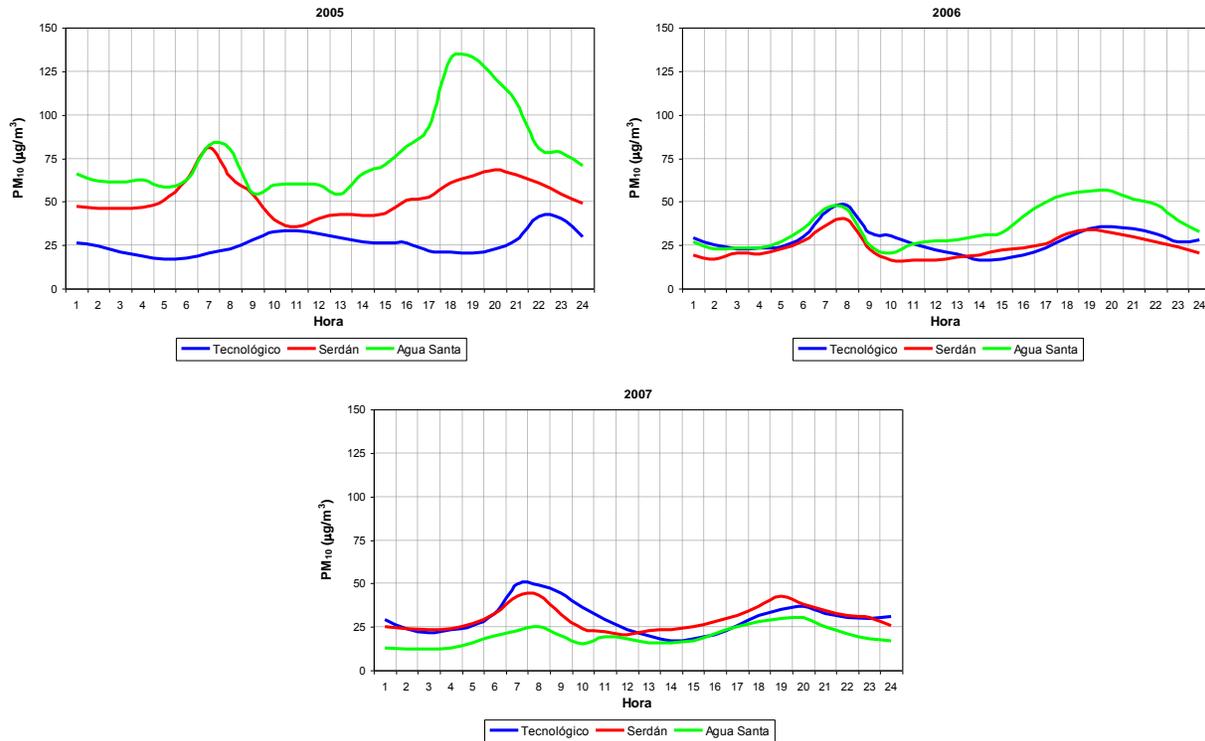


Figura 2.8 Patrón diario de las medianas horarias de las concentraciones de PM_{10} registradas en las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa en el periodo 2005 a 2007.

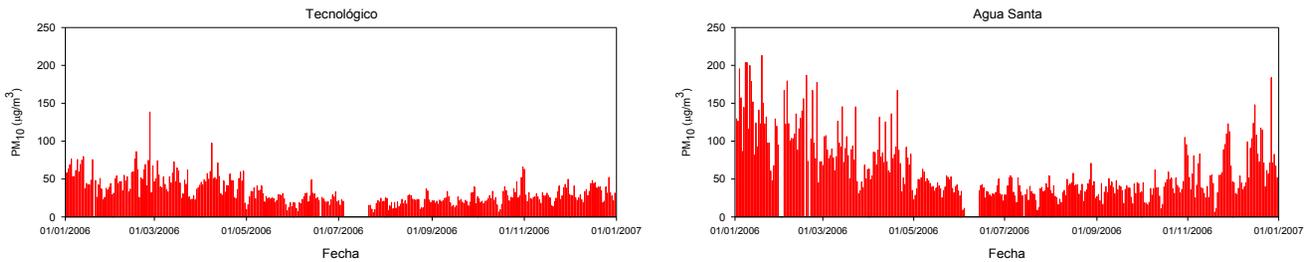


Figura 2.9 Serie de tiempo de las concentraciones promedio 24 horas de PM_{10} registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en 2006.

Con el fin de observar la ocurrencia de alguna tendencia en los promedios de 24 horas para PM_{10} , se utilizaron datos de las estaciones Tecnológico y Serdán considerando que contaban con un mayor número de datos disponibles para este análisis en el periodo comprendido entre 2005 y 2009. La Figura 2.10 presenta estos resultados. Estas gráficas incluyen años en donde no se tuvo completación de datos mayor al 75%. No obstante, se incluyeron con objeto de visualizar tendencias.

La mediana y el percentil 75 de las concentraciones diarias de PM_{10} en Tecnológico, no muestran un cambio significativo con respecto al tiempo, aunque los valores extremos presentan una disminución con respecto al año 2005. En Serdán sí se observa un cambio con respecto al año 2005, aunque se presenta una estabilización en las medianas a partir de 2006. En tanto, el percentil 75 y los valores extremos se incrementan ligeramente.

2.3.5 Ozono (O₃)

La evaluación del cumplimiento de la normatividad para O₃ y considerando la limitación de datos en el periodo 2005 a 2008, indica el número de excedencias a las normas de calidad del aire correspondientes de 110 y 80 ppb en promedio horario por año, en este período.

La Tabla 2.8 presenta el número de veces que el valor recomendado de 110 ppb para 1 hora se rebasó en cada una de las estaciones en el período 2005 a 2008, utilizando todos los datos disponibles. La estación Agua Santa fue el sitio con mayores registros fuera de norma.

Así mismo, la Tabla 2.9 muestra la evaluación del cumplimiento de la norma correspondiente basada en el quinto anual máximo de concentraciones promedio de 8 horas, el cual señala que sólo se permiten cuatro días al año con valores por arriba de 80 ppb. Se observa que ésta norma fue rebasada todos los años en al menos una estación, siendo Aguas Santa el sitio con más excedencias a este valor en este periodo.

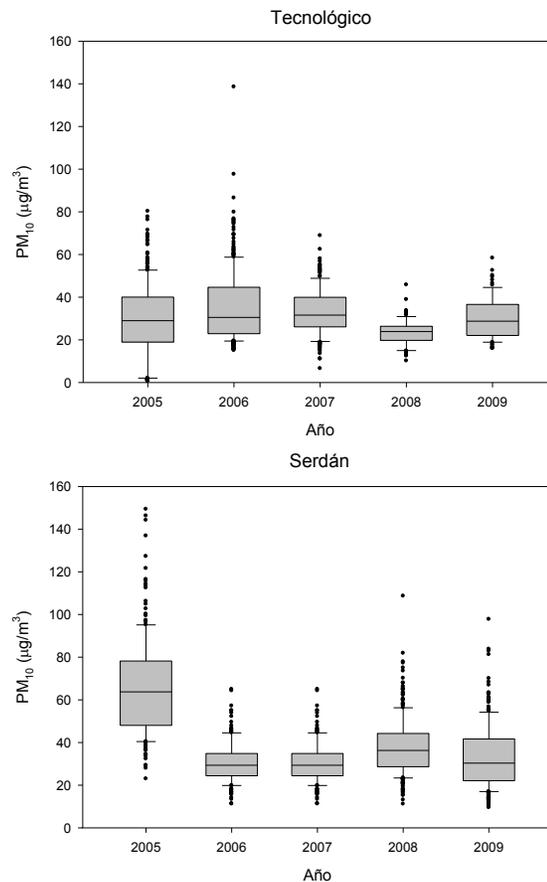


Figura 2.10 Tendencias de las concentraciones de PM₁₀ registradas en las estaciones Tecnológico y Serdán en el periodo 2005 a 2009. Para los años 2008 y 2009 en la estación Tecnológico, y para 2006 y 2009 en Serdán, se tuvo una completación de datos menor al 75%.

Tabla 2.8 Número de excedencias al valor recomendado por la norma de calidad del aire para concentraciones promedio en 1 hora de O₃ (110 ppb)^a entre 2005 y 2008 en la ZMVP.

Estación	Número de excedencias			
	2005	2006	2007	2008
Tecnológico	5	0	0	0
Ninfas	5	3	2	
Serdán	0	0	0	
Agua Santa	2	16	86	37
Total	12	19	88	37

^a Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

- 75% o más registros al año
- Entre 75% y 50% registros al año
- Menos de 50% de registros al año
- Sin registros

Tabla 2.9 Quinto máximo anual de concentraciones de O_3 (promedio de 8 horas)^a por estación de monitoreo (2005-2008) en la ZMVP.

Estación	2005 (ppb)	2006 (ppb)	2007 (ppb)	2008 (ppb)
Tecnológico	83.8	61.8	50.4	47.9
Ninfas	76.9	70.0	71.4	
Serdán	60.7	54.1	39.3	
Agua Santa	73.5	96.4	112.6	107.0

^a Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002). La norma establece un valor límite de 80 ppb en no más de cuatro veces al año.

75% o más de días con promedios al año
Entre 75% y 50% con promedios con valores al año
Menos de 50% de promedios al año
Sin valores

La estación Ninfas presenta valores de concentraciones promedio de 8 horas de O_3 relativamente constantes, en tanto que en Serdán hay una aparente disminución. En Agua Santa, este indicador muestra un incremento significativo de O_3 con el tiempo por arriba del valor límite, siendo la estación que menos cumplió con la norma en el periodo de análisis.

La Figura 2.11 presenta el comportamiento diurno típico de la mediana de los valores horarios de O_3 en las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa para los meses de octubre a diciembre de 2006. Se utiliza este periodo en particular por contarse con registros suficientes en las mismas fechas en estas estaciones y se emplean las medianas debido a que el uso de promedios anuales tiende a suavizar el comportamiento.

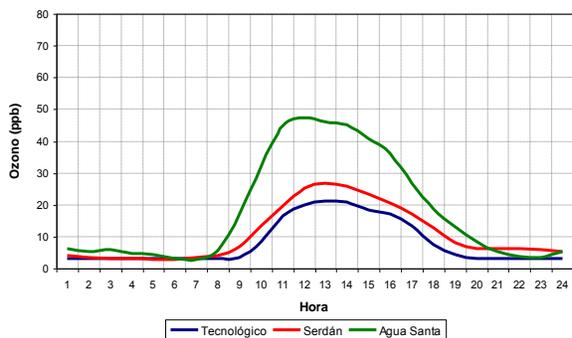


Figura 2.11 Comportamiento horario típico de O_3 durante el día (octubre-diciembre, 2006), para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa.

Cabe recordar que el O_3 es un contaminante secundario que no es emitido directamente, sino que es formado en la atmósfera mediante complicadas reacciones químicas a partir de sus precursores, los óxidos de nitrógeno ($NO_x = NO + NO_2$) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de luz solar, razón por la cual en torno al mediodía se observan las mayores concentraciones de este contaminante.

Claramente se observa que en las estaciones Tecnológico y Serdán hay menores concentraciones en comparación con Agua Santa. Es importante señalar que lo anterior no implica un aire más limpio que en Agua Santa.

Se considera que en un ambiente natural limpio, la concentración de referencia del O_3 es de 40 ppb, lo que aparentemente sugeriría que las estaciones Tecnológico y Serdán estarían en sitios limpios donde no se forma O_3 . La causa es la presencia de altas concentraciones de NO, producto del intenso tráfico vehicular, que altera los mecanismos de acumulación del O_3 .

Si bien el NO es un precursor del O_3 , también interviene en un ciclo alternativo de formación y destrucción química del O_3 , llamado ciclo fotolítico del NO_2 , paralelo a los mecanismos de formación en los que participan también los COV, que a su vez también compiten por el NO.

La presencia de niveles bajos de O_3 por la mañana y hasta el medio día en áreas urbanas, es la consecuencia de la dominancia de dicho ciclo en el que el NO recién emitido destruye al O_3 recién formado, evitando así su acumulación, dando la impresión de ser sitios limpios.

El sitio Agua Santa, al estar en una zona con una densidad menor de emisiones de NO y ubicarse viento abajo de una buena parte de la zona urbana, recibe continuamente masas de aire en proceso de producción de O_3 antes del mediodía; o bien, ya en la tarde, recibe O_3 previamente formado en otros lugares, lo que facilita su acumulación, e incluso lleva a que se rebase el nivel de referencia de las 40 ppb, entre las 11 y las 15 horas.

La Figura 2.12 muestra el comportamiento de la mediana de las concentraciones de O_3 durante el día y su tendencia para el periodo comprendido entre enero y marzo de 2005 a 2008, para las estaciones Tecnológico y Agua Santa. La selección de estas estaciones y este periodo se debió a la disponibilidad de registros.

En Tecnológico se presentó un incremento sensible en las concentraciones de O_3 , que posteriormente regresó al nivel habitual, aunque el comportamiento para 2008 es ligeramente mayor que para 2005 y 2007.

En el caso de Agua Santa es claro que ha ocurrido un incremento notable en los niveles de O_3 . Se observa también que 2006 aparentemente fue un periodo atípico de valores elevados. No obstante, para 2008 la mediana de los valores llegó a sobrepasar las 70 ppb después del mediodía, manteniéndose a niveles por arriba de las 60 ppb después de las 18 horas en apego al hecho de que esta estación de monitoreo está ubicada en una zona receptora de esmog fotoquímico dentro de la ZMVP.

Las tendencias de los valores horarios de O_3 entre 2005 y 2009 para los sitios Tecnológico y Agua Santa se presentan en la Figura 2.13. Estas gráficas se construyeron con los datos disponibles, por lo que sólo se presentan con fines de aproximación.

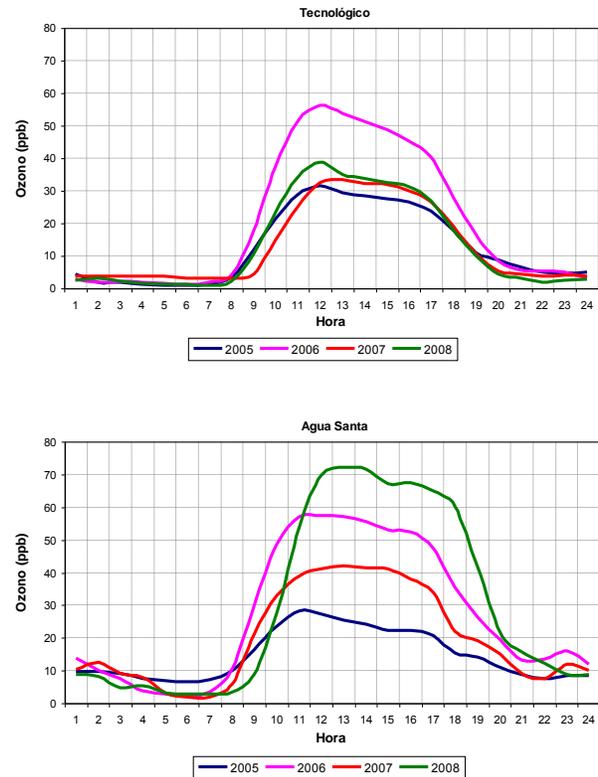


Figura 2.12 Tendencia del comportamiento horario típico de O_3 durante el día (enero-marzo) de 2005 a 2008 para las estaciones Tecnológico y Agua Santa.

De acuerdo a esta última figura, la estación Tecnológico reportó valores constantes en la mediana de las concentraciones horarias, por debajo de la concentración natural de O_3 (aproximadamente 40 ppb) y presentó una tendencia a la disminución de valores extremos. En 2005, en esta estación, se registraron cinco excedencias al valor recomendado por la normatividad para concentraciones horarias.

Por otro lado, los promedios horarios de O_3 en la estación Agua Santa muestran la presencia de una tendencia creciente en la mediana, en el percentil 75 y en los valores extremos de las concentraciones horarias de O_3 .

La tendencia de los valores de los máximos de los promedios móviles de 8 horas de O_3 por día, a partir de los datos disponibles para las estaciones Tecnológico y Agua Santa, se muestra en la Figura 2.14.

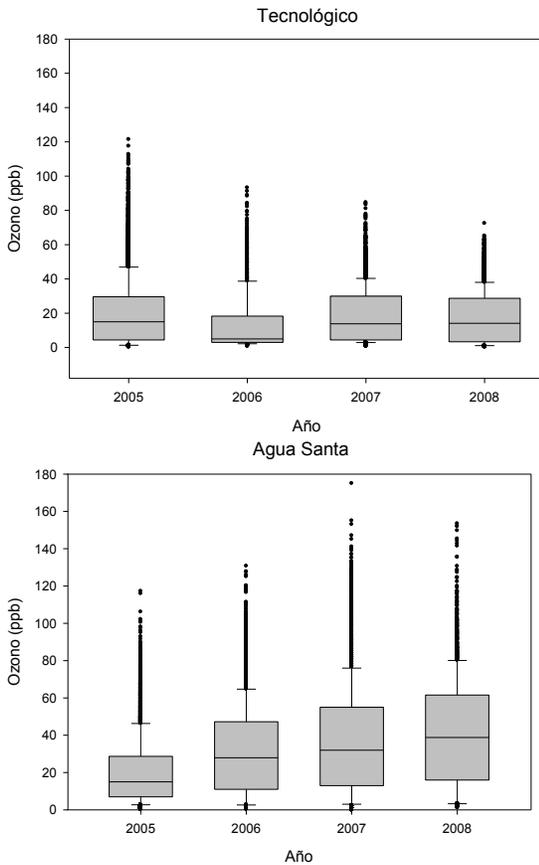


Figura 2.13 Tendencia de las concentraciones de O_3 registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en el periodo 2005 a 2008. Para el año 2006 a 2008 en la estación Tecnológico, y en 2005 y 2008 en Agua Santa, se tuvo una completación de datos menor al 75%.

La tendencia de estas medianas en *Tecnológico* se mantiene constante y los valores por arriba de las 80 ppm de O_3 , (valor del indicador que recomienda la respectiva norma), sólo se observan en 2005, aunque para años posteriores no se puede definir si estos valores se mantienen ya que hay limitaciones en la disponibilidad de datos.

En la estación *Agua Santa* se observa una situación similar al caso de los promedios de una hora en éste mismo sitio, ya que hay una tendencia creciente en las medianas y en los valores por arriba de las 80 ppb entre 2005 y 2007. Para 2008 las concentraciones bajan pero se incrementa el rango de los percentiles 75 y 90, quedando éste último ligeramente debajo de las 80 ppb. No obstante, se debe considerar que en los años 2008 el número de datos disponibles fue limitado en este sitio.

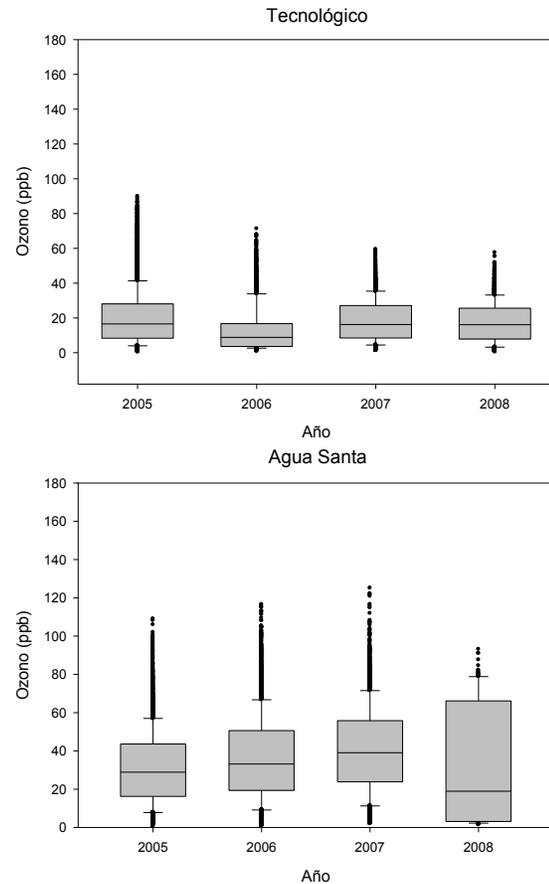


Figura 2.14 Gráficas de caja y bigote de las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas de O_3 registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en el periodo 2005 a 2008. Para el año 2006 a 2008 en la estación Tecnológico, y en 2005 y 2008 en Agua Santa, se tuvo una completación de datos menor al 75%.

2.4. IMECA

El Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA) fue creado con la finalidad de que la población en la zona metropolitana de la Ciudad de México percibiera de forma sencilla la calidad del aire en un momento dado. Este índice ha sido aceptado por diversos Estados para informar a las poblaciones y su obtención se basa en una escala lineal por segmentos, de cero hasta 500, para todos los contaminantes, según su potencial de ocasionar molestias o daño al ser humano.

El IMECA se calcula para los contaminantes criterio: O_3 , SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} y $PM_{2.5}$.

El proceso de cálculo del IMECA se define en la Norma Técnica Ambiental del Distrito Federal (NADF-009-AIRE, 2006) y consiste de un algoritmo matemático mediante el cual se transforman las concentraciones de cada uno de los contaminantes a un valor IMECA. Estos valores describen con calificativos, colores y recomendaciones, el estado

de la calidad del aire para facilitar su interpretación a la población.

Por ejemplo, si el IMECA de un contaminante es mayor a 100 puntos, significa que hay un riesgo de afectación a la salud. La Tabla 2.10 presenta los descriptores del referente al IMECA.

Tabla 2.10 Descriptores del IMECA^a.

IMECA	Calificación	Recomendaciones
0-50	Buena	Adecuada para llevar a cabo actividades al aire libre
51-100	Regular	Posibles molestias en niños, adultos mayores y personas con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como asma
101-150	Mala	Causante de efectos adversos a la salud en la población, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades y/o respiratorias como asma
151-200	Muy mala	Causante de mayores efectos adversos en la salud en la población, en particular los niños y los adultos mayores, con enfermedades y/o respiratorias como asma
>200	Extremadamente mala	Causante de efectos adversos a la salud de la población en general. Se pueden presentar complicaciones graves en los niños y los adultos mayores con enfermedades y/o respiratorias como asma

Fuente: Gaceta Oficial del Distrito Federal la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006.

^aEstablece los requisitos para elaborar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire de los contaminantes criterio, ozono (O₃), partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO).

En el caso particular del presente informe, se consideró apropiado el uso del IMECA para establecer el diagnóstico histórico de los contaminantes para los cuales se obtuvo una compleción de datos aceptable. Este análisis se realizó sólo para PM₁₀ y O₃, dado que estos dos contaminantes fueron los que presentaron excedencias a sus respectivas normas de calidad del aire.

La Tabla 2.11 presenta el condensado del análisis del número de días en que el IMECA 100 se rebasó en las cuatro estaciones de la REMA, considerando todos los datos disponibles.

Como lo muestra la Tabla 2.11, aun con la limitación de datos en el período de estudio, las PM₁₀ excedieron el valor 100 del IMECA en todos los años.

La estación Agua Santa fue la que presentó las mayores excedencias, llegando incluso a aproximarse al valor 200 del IMECA en 2007. Se debe tomar en cuenta que los resultados para los años 2007 y 2008 representan sólo una fracción del total de días disponibles para la evaluación del IMECA.

En lo referente al O₃, la Tabla 2.12 presenta el número de días en que se excedió el valor IMECA 100 para este contaminante, así como el valor máximo del índice en las cuatro estaciones de la REMA. Esta tabla fue construida con los registros disponibles.

Como se aprecia, el IMECA de 100 fue rebasado en todos los años, a pesar de las limitaciones en el número de registros disponibles.

Tabla 2.11 Número de días con excedencias al valor 100 del IMECA para PM₁₀ y valor máximo de este índice registrado entre 2005 y 2008 en la ZMVP.

Estación	Número de días arriba de IMECA 100 (valor máximo)			
	2005	2006	2007	2008
Tecnológico	0 (56)	1 (110)	0 (46)	0 (33)
Ninfas	0 (67)	0 (52)	0 (54)	
Serdán	2 (108)	0 (56)	0 (100)	0 (95)
Agua Santa	35 (139)	38 (142)	2 (197)	1 (104)
Total	37	39	2	1

- 75% o más registros al año
- Entre 75% y 50% registros al año
- Menos de 50% de registros al año
- Sin registros

Tabla 2.12 Número de días por arriba del valor 100 del índice IMECA para O₃ y valor máximo registrado del índice en el periodo 2005-2008 en la ZMVP.

Estación	Número de días por arriba de IMECA 100 (valor máximo)			
	2005	2006	2007	2008
Tecnológico	4 (109)	6 (85)	7 (77)	0 (65)
Ninfas	4 (104)	2 (114)	1 (108)	
Serdán	0 (83)	0 (78)	0 (54)	
Agua Santa	10 (106)	11 (117)	10 (154)	17 (136)
Total	18	19	18	17

- 75% o más de días con promedios al año
- Entre 75% y 50% con promedios con valores al año
- Menos de 50% de promedios al año
- Sin valores

2.5. Meteorología

La meteorología juega un papel determinante en la definición de la distribución espacial de los contaminantes, ya que de ella depende la rapidez con la que los contaminantes emitidos se dispersan, transportan, reaccionan y acumulan en una cuenca atmosférica.

La importancia de las condiciones meteorológicas en el grado de contaminación del aire se reconoce observando las variaciones de la calidad del aire en una zona determinada, de hora a hora o de unos días a otros, aun cuando las emisiones permanezcan prácticamente constantes.

Las principales variables meteorológicas a considerar por su influencia sobre la calidad del aire, son el transporte convectivo horizontal, que depende de las velocidades y direcciones del viento; y el transporte convectivo vertical, que depende de la estabilidad atmosférica y del fenómeno de la inversión térmica de las capas de la atmósfera (Wark y Warner, 1994).

Las estaciones de monitoreo en general cuentan con instrumentación para medir parámetros de viento representativos del transporte convectivo horizontal. El viento, al transportar los contaminantes, produce su dispersión horizontal y

determina la zona que va a estar expuesta a los mismos. Por lo general, una mayor velocidad del viento reducirá las concentraciones de contaminantes al nivel del suelo, ya que se producirá una mayor dilución y mezcla.

El viento se describe por dos variables vectoriales, velocidad y dirección. Los datos que se obtienen por la medición de estos

parámetros se grafican en una rosa de vientos, la cual permite visualizar hacia dónde se dirigió el viento dominante y con qué frecuencia, además de proporcionar información sobre qué tan rápido se desplazó el aire, ayudando a identificar las zonas y distancias que se verán más afectadas por las concentraciones a nivel del piso.

Estudios previos de la circulación de los vientos en Puebla, indican que esta circulación es altamente dependiente de la topografía de la región (Balderas, Mayorga y Jáuregui, 2004).

Los vientos catabáticos de las elevaciones cercanas se presentan en las primeras horas del día, desde las cero horas en invierno y las dos horas en primavera, hasta las 9 u 11 horas, y están constituidos por los escurrimientos de aire frío del Norte y Noreste, encauzados por las pendientes del valle en el sentido Norte-Sur y de La Malinche, ubicada al noreste de la ciudad.

Una o dos horas antes del medio día la circulación se invierte incrementando su intensidad, y se establecen los vientos anabáticos debido a la orientación que tiene el valle del sur. Toda la tarde hasta una hora después de la puesta del Sol, dominan los vientos del Sur generados por el calentamiento del aire en el fondo del valle. Estos vientos contribuyen, en el periodo húmedo, a la formación de nubes convectivas.

Después del atardecer, en la primera parte de la noche, predomina una corriente del Este que tiene

su origen en los valles de Tepeaca y Oriental. Esta corriente es canalizada hacia la ciudad de Puebla por el estrangulamiento que se forma entre las faldas de La Malinche, en su parte Sur, y la sierra de Amozoc.

Por lo general, en Puebla el viento más frecuente al mediodía sopla del Sur-Sureste, mientras que al anochecer y por la mañana sopla del Este.

Datos históricos de observaciones en esta región, indican que no hay un cambio estacional significativo en el patrón diario de la dirección del viento superficial. Típicamente, durante el periodo verano-otoño, los vientos dominantes provienen del Norte y Noreste con velocidades promedio de 3.2 m/s, mientras que en invierno y primavera los vientos dominantes son del Sur y Suroeste, con una velocidad promedio de 1.8 m/s.

La Figura 2.15 presenta las rosas de vientos registradas en el año 2006 por las estaciones de monitoreo Agua Santa y Tecnológico, en donde se muestra que la circulación antes mencionada depende incluso de la posición geográfica y en consecuencia de las elevaciones del terreno.

De acuerdo a estas figuras, la zona donde se ubica Agua Santa es más influida por vientos ligeros a moderados provenientes del Este-Sureste y Sur, en tanto que en la zona de Tecnológico hay mayor influencia de vientos fuertes tanto del Oeste como del Este-Sureste-Este.

La Figura 2.16 muestra las rosas de vientos para estas mismas estaciones en cuatro periodos del día: 0-6, 6-12, 12-18, y 18-24 horas.

Claramente se aprecia que la circulación en la ZMVP, y en consecuencia en toda la región, es complicada, y que dependiendo de la hora y la posición se tiene una circulación particular.

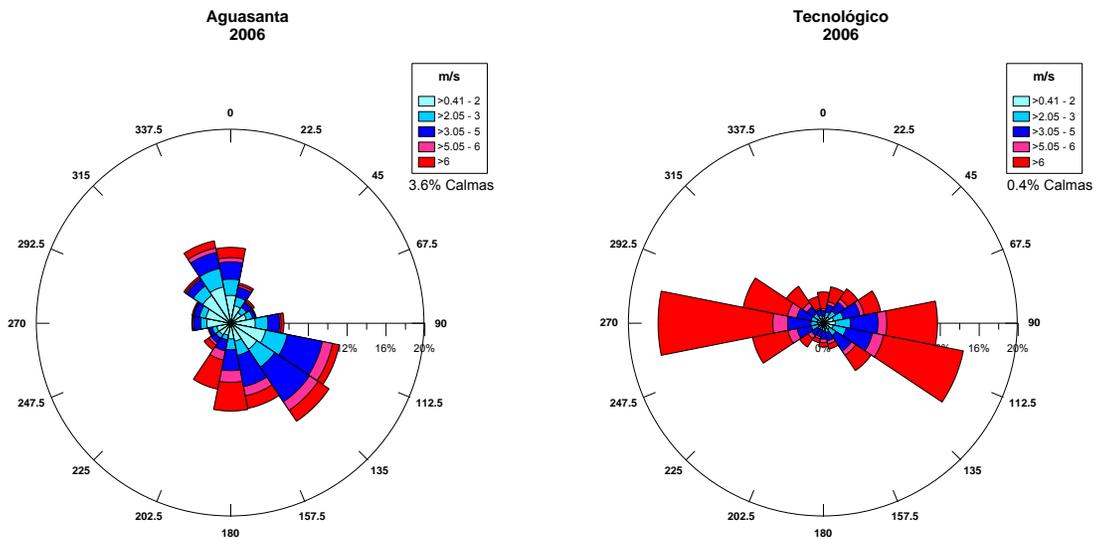


Figura 2.15 Rosas de vientos registradas en las estaciones Agua Santa y Tecnológico en 2006.

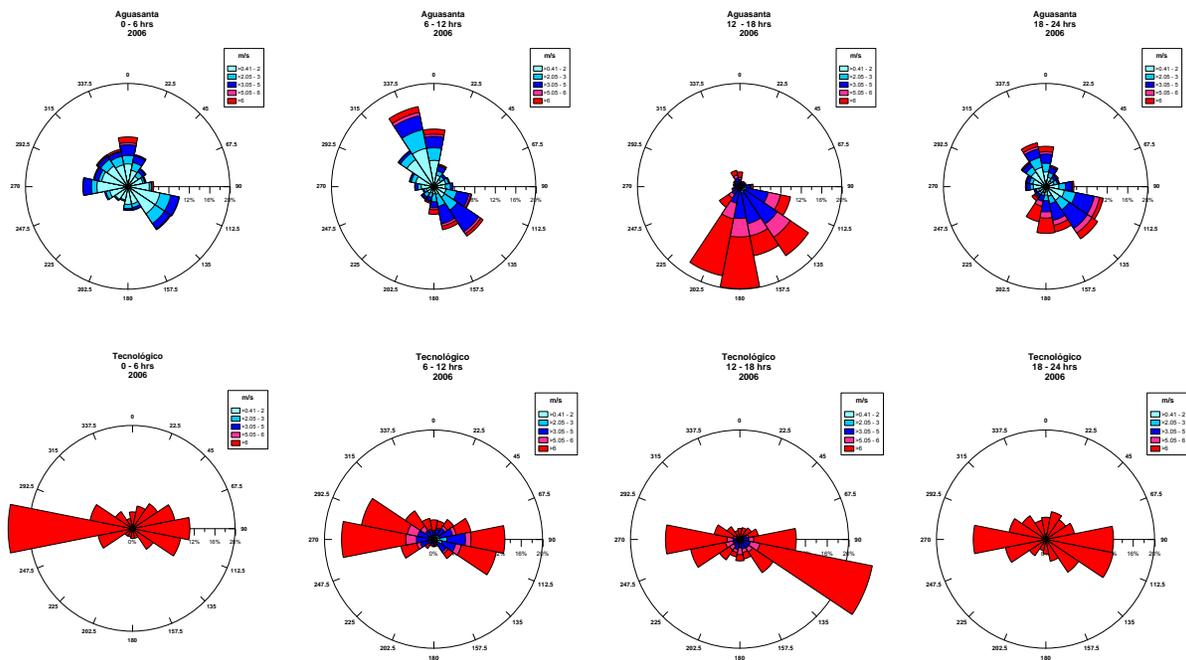


Figura 2.16 Rosas de vientos registradas en las estaciones Agua Santa y Tecnológico en 2006 para los periodos: 0-6 h., 6-12 h., 12-18 h., y 18 a 24 h.

Para el periodo matutino, el sitio Tecnológico recibe vientos fuertes dominantes del Oeste y del Este, en tanto que Agua Santa del Noreste y del Sureste. Entre el mediodía y el anochecer, Tecnológico tiene una influencia más dominante de vientos del Este-Sureste y Agua Santa del Sur-

Suroeste hasta Sureste. Para las primeras horas de la noche hay una recomposición de las direcciones, dominando en Tecnológico vientos del Este-sureste, y en Agua Santa del Noreste y del Sureste.

La importancia de la meteorología en la dispersión y transporte de contaminantes en la ZMVP puede apreciarse en la Figura 2.17, que muestra la rosa de vientos de contaminantes para O_3 en 2006 en Agua Santa.

En esta figura se representa la frecuencia y dirección de proveniencia del viento con respecto a las concentraciones medidas de O_3 en esa estación. Como se aprecia, cuando el viento provino del sector Sur-sureste al Este-sureste, acarrió consigo niveles altos de O_3 , siendo el viento proveniente del Sureste el que dominó sobre todos los demás.

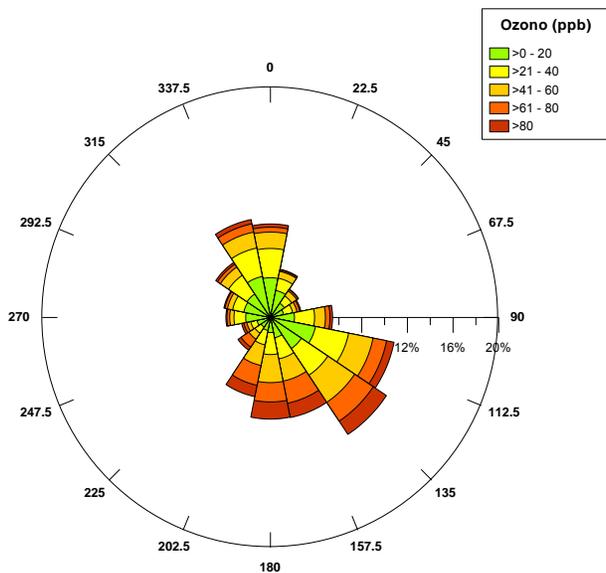


Figura 2.17 Rosa de vientos de contaminantes para O_3 en la estación Agua Santa en 2006.

La implicación de esta rosa de vientos es que no necesariamente la contaminación generada en la ZMVP es la responsable de la ocurrencia de los altos registros de O_3 observados, sino que hay un acarreo sistemático y constante de otras zonas de la región de precursores de este contaminante secundario hacia el Suroeste de la zona metropolitana.

Esta situación fue estudiada en abril-mayo de 2009 por el Grupo Físicoquímica Atmosférica de la UNAM en un proyecto en colaboración con la BUAP, en el que se investigó la importancia del transporte regional de los vientos en un sitio rural potencialmente receptor de masas de aire provenientes no sólo de la ZMVP, sino de otras poblaciones cercanas a esta ciudad (Torres-Jardón,

Ruiz-Suárez y Torres-Jaramillo, 2009).

La Figura 2.18 presenta las rosas de vientos de contaminantes para O_3 observadas durante dicho estudio para dos periodos, 9 a 12 horas y 15 a 18 horas.

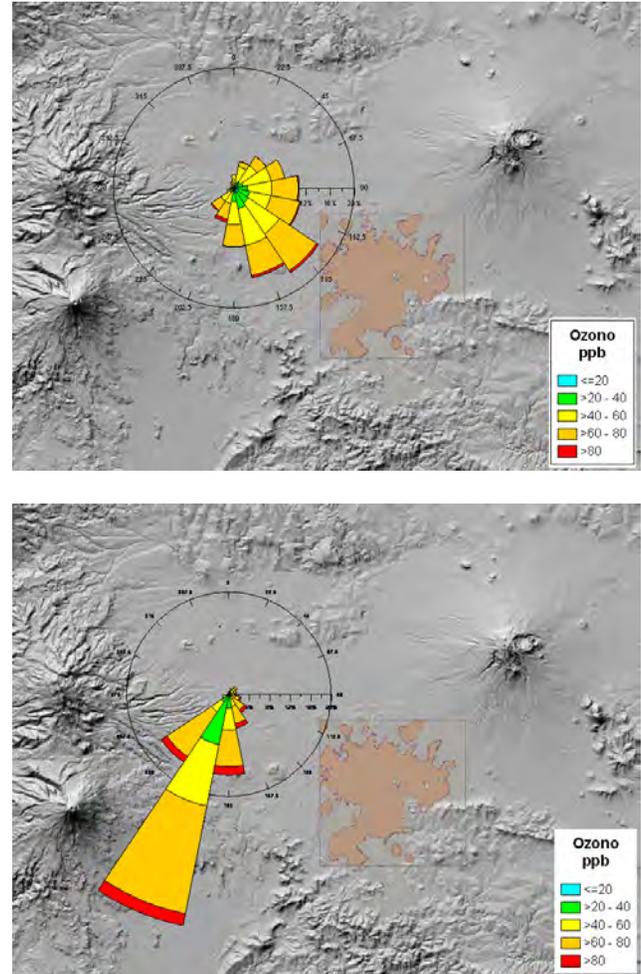


Figura 2.18 Rosas de vientos de contaminantes para O_3 en el lapso de 9 a 12 horas (imagen superior) y de 15 a 18 horas (imagen inferior), con datos de monitoreo de O_3 (promedios de 5 minutos), registrados en Huejotzingo, Puebla, entre el 3 de abril y el 14 de mayo de 2009.

La rosa de vientos de O_3 para el periodo matutino, muestra claramente el transporte y dispersión de los contaminantes generados en la ZMVP hacia el Noroeste de la cuenca. En el periodo vespertino, el O_3 que se registra en el sector rural Suroeste-Oeste-Noreste contiguo a la zona metropolitana, debió haber sido generado en otras zonas del Estado.

La correlación simple entre el crecimiento del parque vehicular y el consumo de gasolinas en la zona de influencia de la ciudad de Puebla, con los niveles de O_3 registrados en Agua Santa, proporciona evidencia de la importancia de la generación de contaminantes no sólo en la ZMVP sino de la región en la ocurrencia de niveles fuera de normas contaminantes secundarios como el O_3 y PM_{10} en este sitio.

Por su posición geográfica en este valle, y como se deduce de la información meteorológica disponible, *Agua Santa* se ubica en una zona receptora de masas de aire ricas en contaminantes secundarios como el O_3 y otros de vida media larga como el CO provenientes principalmente de áreas diferentes a la ZMVP.

La Figura 2.19 presenta la comparación de las tendencias de los indicadores percentil 95 del promedio horario de O_3 y la mediana de las concentraciones horarias de CO en esta estación, generados con los datos disponibles del número de automóviles y consumo de gasolinas para el mismo periodo.

Las tendencias que se observan en esta figura sugieren que ha ocurrido un incremento en las emisiones de precursores de O_3 , los NO_x y los COV, las cuales están asociadas con el aumento en el número de automóviles con pobres sistemas de control en la región, aunado a una disminución en el consumo de gasolina Premium que favorece la disminución de estos precursores, y al aumento de gasolina Magna, utilizada en todo tipo de vehículos con y sin control adecuado de emisiones. Estas emisiones probablemente son dispersadas y transportadas por el viento hacia el Oeste y Noroeste con respecto a la ZMVP, como productos secundarios (O_3 y aerosoles), cruzando el Sur de esta área urbana por la tarde.

2.6. Evaluación de los niveles críticos de O_3

Con el fin de establecer un diagnóstico regional de la distribución espacial y alcance de los niveles de O_3 , se construyeron mapas híbridos de la distribución espacial, tanto de concentraciones como de indicadores de calidad del aire de O_3 (valores máximos de concentraciones a nivel estatal y de excedencias de valores críticos de la

NOM-020-SSA1-1993 para O_3 y del parámetro AOT40, que se refiere a los niveles críticos recomendados por la Unión Europea para proteger cultivos y bosques, por efecto de este compuesto).

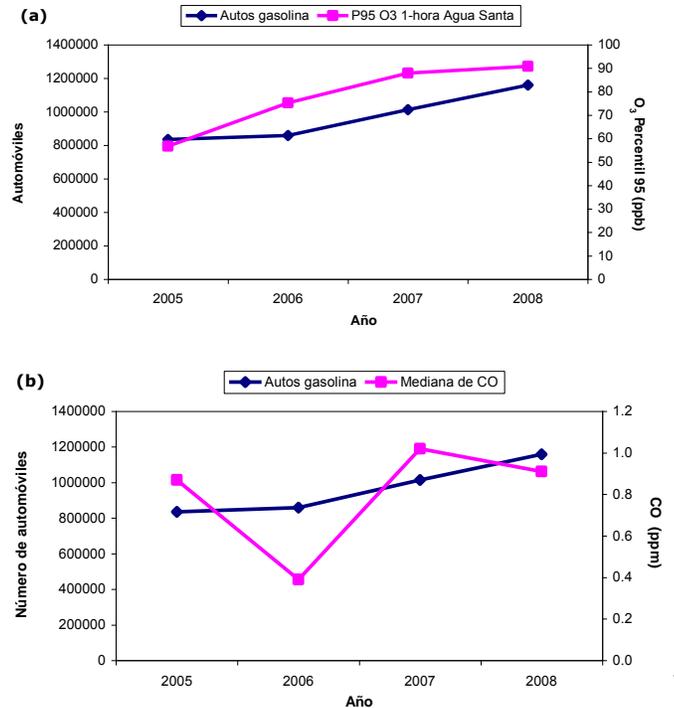


Figura 2.19 Correlación entre: (a) el percentil 95 de las concentraciones horarias de O_3 en Agua Santa y el número de automóviles registrados en la ZMVP, y (b) la mediana de las concentraciones horarias de CO registradas en Agua Santa contra el mismo número de automóviles registrados en el periodo 2005 a 2008.

Esta construcción se realizó mediante la combinación de datos de O_3 observados con resultados de simulaciones numéricas de la formación y dispersión de O_3 , en una malla geográfica que incluye al Estado de Puebla. Los resultados en la malla y los observados se interpolaron mediante el método IDW.

El modelo utilizado fue el WRF-Chem (Grell et al., 2005; Fast et al., 2006) en operación por el Grupo de Físicoquímica Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCA-UNAM). El periodo estudiado fue marzo de 2006. Más detalles de este modelo se presentan en la sección de métodos.

En la Figura 2.20 se presenta el mapa de la distribución espacial de los máximos esperados. La

figura identifica varias zonas al Oriente y Poniente del Estado con niveles relativamente altos de O_3 . No existen datos disponibles para confirmar si al Oriente de Puebla se han registrado niveles similares, por lo que es recomendable confirmar estos hallazgos teóricos.

La Figura 2.21 presenta la distribución espacial de las excedencias durante el mes de marzo de 2006, que junto con abril y noviembre corresponde a los meses de la llamada estación de secas calientes, mientras diciembre, enero y febrero corresponden a los meses de secas frías (Ruiz Suárez 1994).

Para la ZMVP, la temporada de secas está bien documentada como la temporada de mayores niveles de contaminación.

De acuerdo a este mapa, aproximadamente la mitad de la población no estuvo potencialmente expuesta a ninguna excedencia, mientras que la otra mitad estuvo potencialmente expuesta de 1 a 20 días, y esto sólo durante uno de los meses de mayor incidencia de O_3 en superficie. Como ya se mencionó antes, los mapas se construyeron usando valores de O_3 modelados que pueden estar subestimados.

Para la protección de ecosistemas y cultivos se utilizan otros indicadores que no tienen la categoría de norma oficial, pero que permiten estimar el efecto en el rendimiento de cultivos y en la capacidad para fijar carbono de los bosques. El indicador más utilizado en el ámbito científico es el nivel crítico basado en la concentración de O_3 , (CLe_c ppm h AOTX), el cual señala una excedencia acumulada sobre un periodo establecido, arriba del cual pueden ocurrir efectos adversos directos sobre la vegetación de acuerdo al conocimiento actual.

Para un cultivo particular como maíz, trigo y hortalizas, el periodo es el ciclo del cultivo y, dependiendo de la sensibilidad de la especie vegetal a la exposición al O_3 , los valores de X o de la excedencia acumulada pueden cambiar. Para vegetación en general se recomienda el parámetro AOT40 con una excedencia de 3000 ppb h por arriba de la concentración natural del O_3 de 40 ppb y sólo en horas con luz solar.

Se considera que hay efecto adverso cuando se presenta una disminución de 5% en el rendimiento del cultivo o la productividad (ICP Mapping 2004). La Figura 2.22 presenta el mapa híbrido resultante.

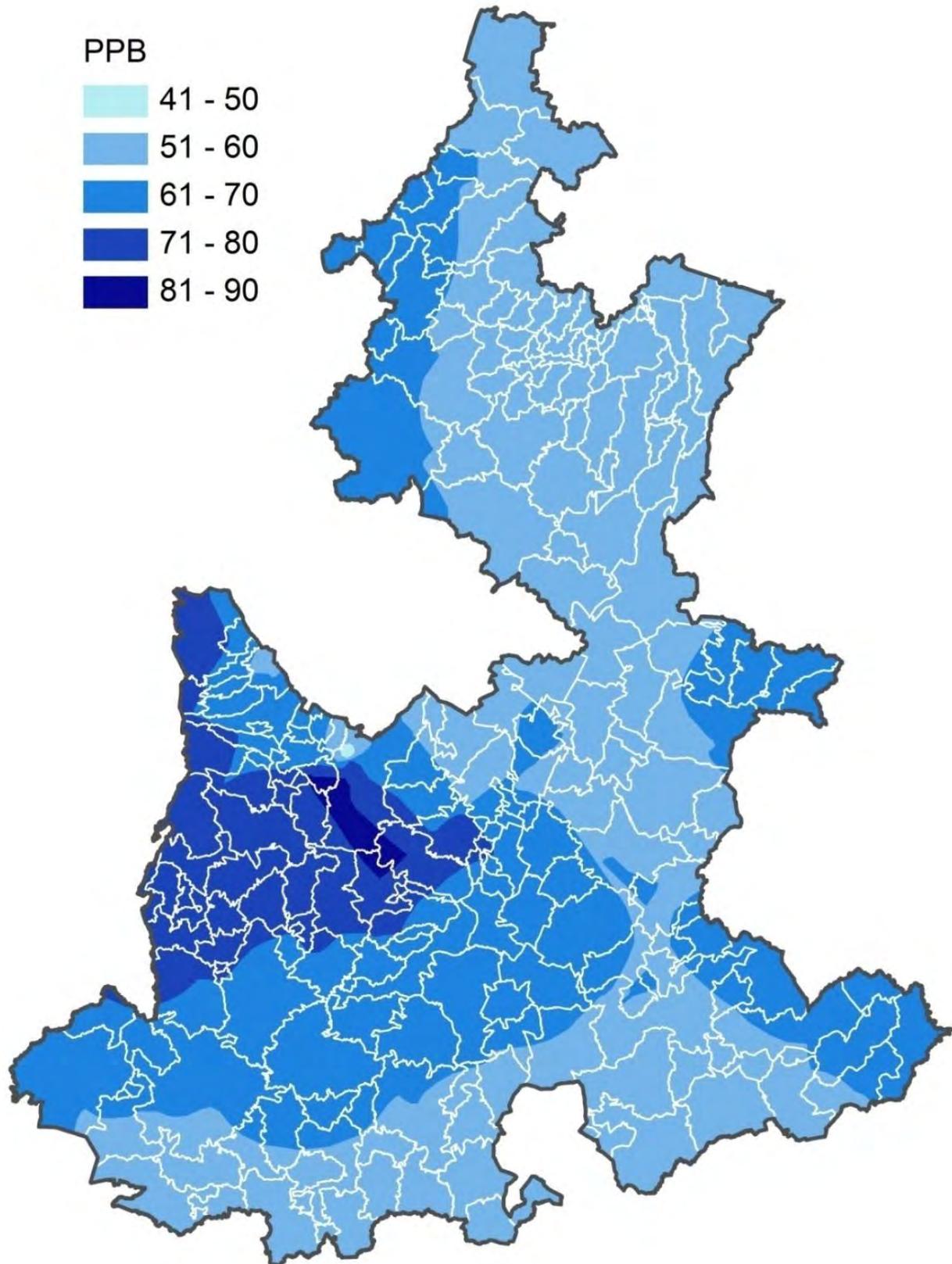


Figura 2.20 Mapa híbrido de los máximos esperados de O_3 para el Estado de Puebla en un escenario representativo de marzo de 2006.

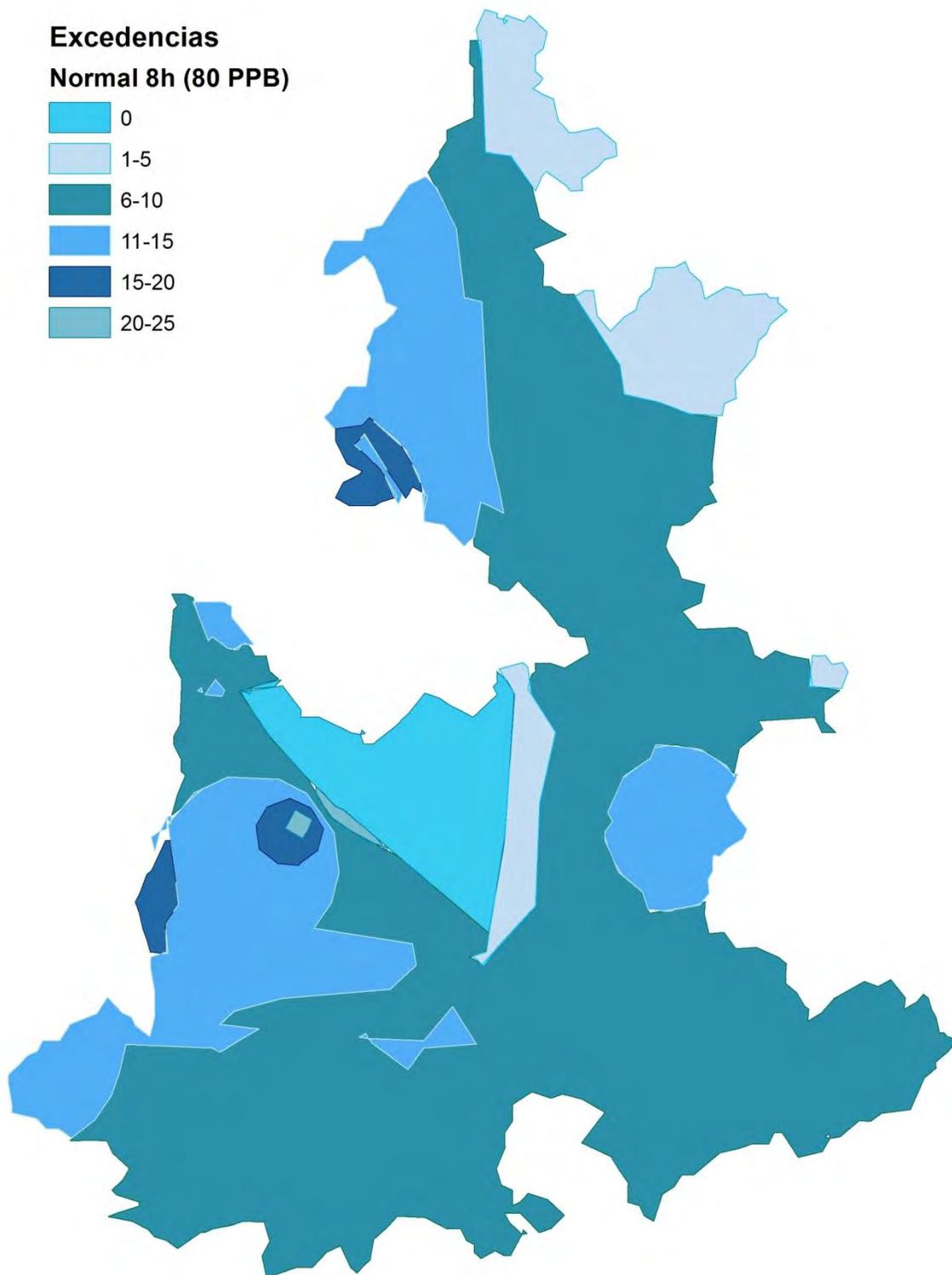


Figura 2.21 Mapa híbrido de excedencias al indicador para O₃ promedio móvil de 8 horas de la NOM-020-SSA1-1993 en la región de Puebla. El mapa presenta el número de días en marzo de 2006 que se excedieron los 80 ppb en promedio, y el porcentaje de la población potencialmente expuesta a los niveles asociados.

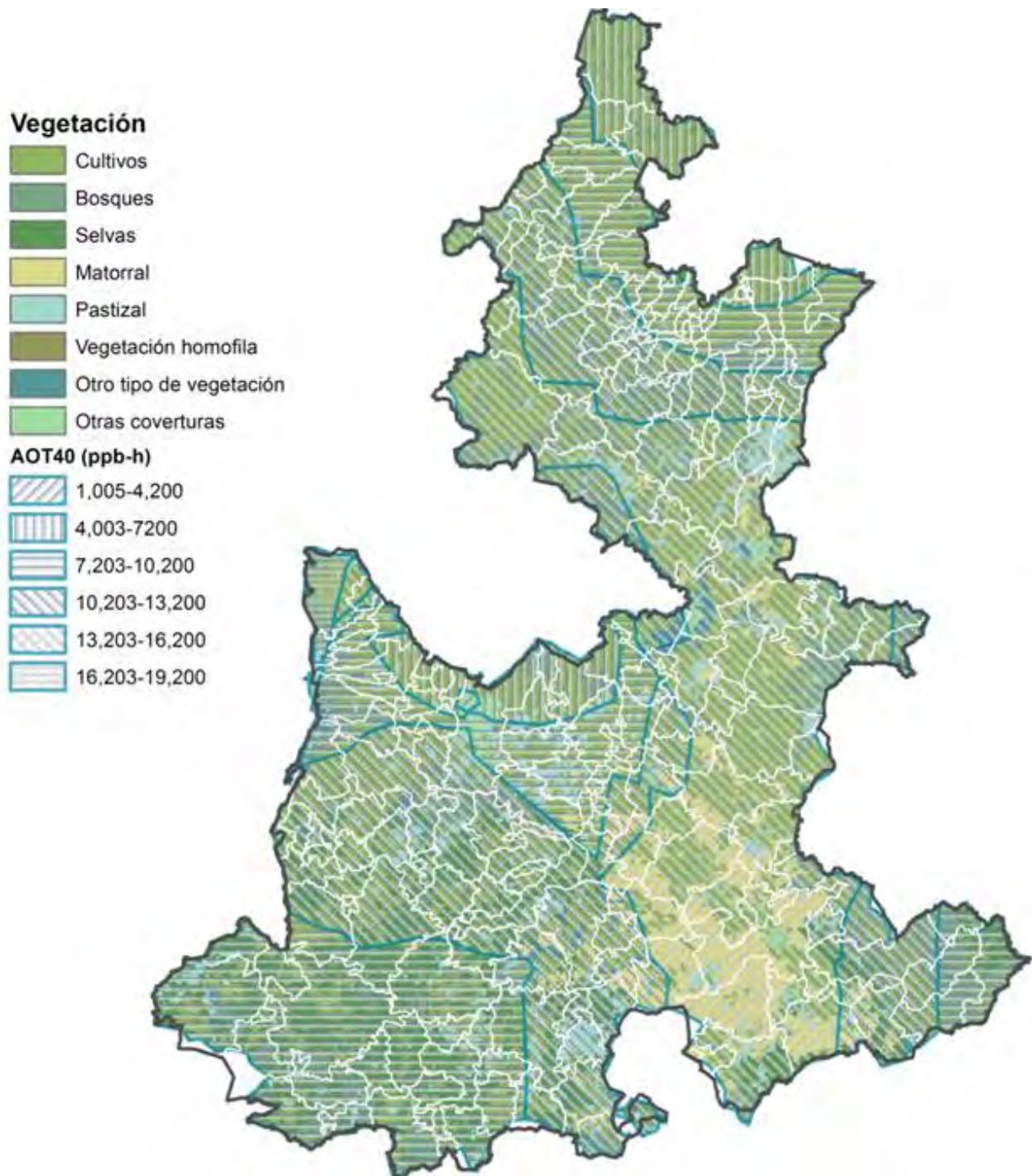


Figura 2.22 Mapa híbrido de excedencias del parámetro AOT40 con la distribución de cobertura vegetal en el Estado.

2.7. Metodología aplicada

Ante la ausencia de normas oficiales o técnicas mexicanas que estandaricen los métodos de análisis de tendencia de datos de calidad del aire, se aplicaron algunos procedimientos utilizados por otras organizaciones gubernamentales, como la

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (2008) y por la Agencia Ambiental de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 1998, Hilary y Roberts, 2000), y otros basados en el conocimiento científico sobre el tema (Mintz, Fitz-Simmons y Wayland, 1997; Witing, Main y Roberts, 1999; Sullivan, 2009).

La principal divergencia encontrada en la evaluación fue el limitado número de datos válidos necesario para incluir un periodo determinado en el análisis.

En general, se considera un mínimo de 75% de compleción en los datos disponibles para estar en posibilidad de obtener un estadístico, tanto de evaluación contra normas, como de tendencia. En este estudio, y como se explica previamente, no fue posible contar con el número deseado de datos válidos.

Para poder realizar un análisis de tendencias, fue necesario en algunos casos limitar el análisis de evaluación a periodos cortos, para los cuales se contaba con datos suficientes en al menos dos estaciones de monitoreo. En otros casos, el diagnóstico y análisis fue realizado con el mejor conjunto de datos disponible que permitiera interpretar el sentido físico y químico de lo observado.

Con ellos se construyeron curvas de perfiles horarios de las concentraciones, para observar cambios de tendencia; y gráficos de caja y bigote de concentraciones horarias y/o de otros indicadores de tendencia, basados en límites recomendados por las respectivas normas de calidad del aire vigentes.

Se emplea la mediana como estadístico descriptivo, porque no es influenciado por valores extremos, como es el caso del promedio aritmético, y se aproxima mejor al valor medio de las distribuciones de frecuencia de valores sesgados, como son las concentraciones de contaminantes del aire (WHO, 1980).

En casos como el O_3 se recurre al percentil 75 y/o 95 como indicador de tendencia, por ser un parámetro más consistente para observar el comportamiento de este contaminante, que es dependiente de la disponibilidad de radiación solar. El promedio simple de las concentraciones de O_3 es fuertemente influenciado por las bajas concentraciones registradas durante la noche y

durante la hora de tráfico vehicular matutino, lo que resulta en un enmascaramiento de los niveles de O_3 reales.

El monitoreo de la calidad del aire sólo se realiza en la ZMVP y la única forma de analizar los datos a nivel estatal es mediante el uso de modelos de calidad del aire. Los resultados de estos modelos son altamente dependientes de los inventarios de emisiones, los cuales también están mejor desarrollados en la ZMVP.

Los modelos de calidad del aire son una representación matemática idealizada de la realidad. Como tal, hacen uso de simplificaciones y aproximaciones de inventarios de emisiones. Estos últimos también hacen uso de simplificadores y aproximaciones a las emisiones reales. Por lo tanto sus resultados necesitan ser evaluados contra observaciones de los contaminantes criterio, variables meteorológicas y otras especies químicas reactivas presentes en la atmósfera, tanto como sea posible.

En el Estado de Puebla las únicas observaciones disponibles son las de la REMA, con las limitaciones ya discutidas en la sección de análisis de tendencias de calidad del aire.

Por lo anterior, se construyeron mapas híbridos de la distribución espacial de niveles críticos de O_3 utilizando datos de la REMA y resultados de un modelo de calidad del aire. Se construyeron dos tipos de mapas: de niveles medios y de excedencias de valores críticos de la NOM y de niveles críticos recomendados.

Para las simulaciones numéricas, se siguió el método descrito a continuación: se seleccionó un conjunto de días representativos del comportamiento de la cuenca atmosférica Puebla-Tlaxcala, siguiendo la metodología propuesta por García et. al., (2009), para delimitar cuencas atmosféricas con base en criterios fotoquímicos y meteorológicos, a diferencia del método propuesto por Caetano y Magaña (2007) que sólo utiliza criterios meteorológicos.

La metodología consiste en identificar un conjunto de diez días representativos del año 2006, con los que se realizó la modelación de calidad del aire del Estado de Puebla. Los valores medios y la variabilidad de ese ensamble de días reproducen los valores medios y la variabilidad observada en el año de estudio, en este caso 2006, año para el cual se cuenta con un número aceptable de observaciones para evaluar el desempeño del modelo. El conjunto de días se evaluó para las variables meteorológicas y las concentraciones de contaminantes observándose que el modelo posee un desempeño aceptable en la región de estudio.

El dominio de simulación abarca todo el país con una resolución espacial de celdas de 24x24 km. Se empleó un inventario de emisiones que incluye fuentes de área puntuales, móviles y biogénicas, donde las emisiones están distribuidas espacial y temporalmente. Se incluye la especiación de los COV.

El objetivo de la modelación fue identificar las zonas prioritarias y/o con potencial de estar impactadas por O₃.

El inventario utilizado fue el INEM (1999). Este inventario reporta las emisiones de las 32 entidades federativas del país para CO, SO_x, NO_x, COV, PM_{2.5}, PM₁₀ y NH₃. Así mismo, establece una metodología homogénea para estimar las emisiones, lo que facilita el cálculo de incertidumbre de fuentes que disponen de poca información.

Debe señalarse que la resolución de 24x24 km está determinada por la resolución del inventario. Una consecuencia de ello es que el modelo de calidad del aire suaviza y diluye diferencias regionales, pues las emisiones estimadas se diluyen instantáneamente y homogéneamente en toda la celda. En este sentido los mapas que aquí se presentan constituyen valores conservadores y deben interpretarse como valores acotados a la baja.

En este estudio, el mes de marzo de 2006 fue empleado como escenario de trabajo. Los

resultados fueron normalizados a tres meses, por ejemplo, para un cultivo del ciclo de primavera. Aunque esta no es una aplicación estándar del indicador por falta de información, sus valores permiten destacar la seriedad del problema del O₃ en áreas rurales del Estado.

El mapa se construye siguiendo los mismos métodos de combinación de datos modelados y medidos, y los mismos métodos de interpolación. En el mapa está representado cada segmento de área (ha), correspondiente a cada uso de suelo, afectado por cada intervalo del parámetro AOT40 (achurado). Por ejemplo, sólo 200 ha de cultivos en todo el Estado se desarrollan bajo niveles seguros de exposición a O₃, menores a 4200 ppb hora acumulados. En otro ejemplo, las 576,000 ha de bosque se desarrollan bajo algún nivel de exposición, lo que asegura afectaciones en su rendimiento.

2.8. Conclusiones

La tendencia de la calidad del aire en la ZMVP, en el periodo 2005-2009, medida por las cuatro estaciones de monitoreo, Tecnológico, Ninfas, Serdán y Agua Santa, indica que en general se ha presentado una disminución en los niveles de PM₁₀, SO₂ y CO con respecto a los registros de 2005, aunque se observan algunos repuntes en las tendencias para algunas estaciones y contaminantes, siendo el caso más significativo Agua Santa.

La información disponible indica una tendencia fuerte de aumento en los niveles de O₃ registrados en la estación Agua Santa, la cual está localizada al Suroeste de la ZMVP, donde el incremento, con el tiempo, en el número de excedencias a las respectivas normas de calidad del aire es también importante.

Por otro lado, los mapas de excedencias de niveles críticos para la protección de la salud humana y de cultivos y ecosistemas, indican que los niveles más altos de O₃ se presentan fuera del área urbana de la ZMVP.



3

Inventario de Emisiones

3. Inventario de emisiones

3.1 Descripción general del inventario

El incremento poblacional, el desarrollo económico, el consumo excesivo de combustibles fósiles y materiales, han propiciado la incorporación a la atmósfera de contaminantes criterio y Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos contaminantes son generados por actividades antropogénicas y naturales, que van desde procesos industriales, vehículos automotores, uso de productos de limpieza, solventes y manejo de materiales; hasta emisiones por fuentes naturales como los volcanes. Todo lo anterior influye en el deterioro de la calidad del aire y de los recursos naturales en diferentes regiones del Estado de Puebla.

Para la elaboración del presente inventario se utilizan métodos de estimación directos e indirectos. Los primeros se utilizan cuando se cuenta con datos de mediciones y los segundos consisten en la estimación a partir de información de datos de actividad, como el consumo de energéticos, materias primas, censos, inspecciones y datos históricos.

3.1.1 Principales características

El presente Inventario de Emisiones realizado para el año base 2008, cuenta con una resolución espacial a nivel municipal y cubre los 217 municipios del Estado de Puebla.

a) Contaminantes criterio y precursores

Los contaminantes criterio y precursores de contaminantes secundarios, son aquellos cuyos impactos en la salud y el bienestar de los seres humanos han sido estudiados y para los que existen normas de calidad del aire.

- Partículas (PM₁₀ y PM_{2.5})
- Dióxido de Azufre (SO₂)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Amoníaco (NH₃)

b) Gases de efecto invernadero:

Se contabiliza Bióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O), cuyas emisiones son presentadas en unidades de CO₂equivalente.

Fuentes de emisión

Las fuentes de emisión consideradas son:

- Fuentes fijas
- Fuentes de área
- Fuentes móviles
- Fuentes naturales

3.1.2 Descripción de las fuentes de emisión

a) Fuentes fijas

Comprende las emisiones provenientes de las industrias de jurisdicción federal y estatal. Se estiman las emisiones de tres tipos de procesos:

- Procesos de combustión en equipos de calentamiento directo e indirecto. Incluyen combustibles fósiles, biomasa y biocombustibles.
- Procesos que generan partículas como polvos, humos, aerosoles o neblinas.
- Procesos que generan gases, vapores o neblinas tóxicas.

b) Fuentes de área

Son aquellas fuentes numerosas y dispersas como para incluirse de manera eficiente en un inventario de fuentes fijas. Se consideran las siguientes categorías:

- Combustión en fuentes estacionarias. Incluye el uso de combustibles derivados de petróleo y biomasa en establecimientos comerciales y de uso doméstico.
- Uso de solventes. Incluye actividades que utilizan solventes en sus procesos, como son el recubrimiento de superficies, pintado de carrocerías, señalización vial y actividades de limpieza, entre otras.

- Almacenamiento y transporte de derivados de petróleo. Incluye emisiones evaporativas asociadas a actividades de manejo, almacenamiento y distribución en gasolineras y gaseras.
- Fuentes industriales ligeras y comerciales. Incluye procesos de la industria de la construcción, panificadoras, tortillerías, servicios comerciales, venta y preparación de alimentos.
- Agropecuarias. Aplicación de fertilizantes, plaguicidas, labores de labranza, movimiento del ganado en corrales de engorda, entre otras.
- Manejo de residuos. Se refiere al manejo de aguas residuales con y sin tratamiento.
- Fuentes de área misceláneas. Incendios forestales, construcciones, emisiones

domésticas de amoníaco, operaciones en terminales de autobuses, esterilización de material hospitalario y quemas agrícolas.

c) Fuentes móviles

Se dividen en fuentes carreteras y no carreteras. Las no carreteras incluyen maquinaria de construcción y agrícola, embarcaciones, ferrocarriles y aviones; las fuentes móviles carreteras son todos los vehículos automotores.

Se cuantifican las emisiones generadas por el consumo de combustibles para el funcionamiento de fuentes móviles carreteras, en función de los kilómetros que recorren y las velocidades promedio a las que lo hacen.

Las fuentes móviles no carreteras, se clasifican de acuerdo al programa Mobile 6.2 México, con su equivalente respecto al Inventario Nacional de Emisiones (INEM), como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Categorías del MOBILE6.2 México consideradas en el INEM.

Categorías del modelo Mobile6.2 México		Tipos de vehículos para análisis en el INEM
Gasolina	Diésel	
LDGV	LDDV	Autos particulares (tipo sedán)
		Taxis
LDGT1		Camionetas de transporte público de pasajeros (combis)
HDGV3	HDDV3	Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbuses)
LDGT2	LDDT12	Camionetas Pick-up
LDGT3	LDDT34	Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)
LDGT4		
HDGV8B	HDDV8B	Tractocamiones
HDGB	HDDBT	Autobuses de transporte urbano
	HDDBS	
HDGV2B	HDDV2B	Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas
HDGV4	HDDV4	
HDGV5	HDDV5	
HDGV6	HDDV6	
HDGV7	HDDV7	
HDGV8A	HDDV8A	
MC		Motocicletas

La clave de las categorías en el modelo MOBILE6.2 México se define como sigue: los caracteres 1 y 2 pueden ser LD ó HD para carga ligera ó pesada, ó MC para motocicletas; el carácter 3 puede ser G o D para gasolina o diésel; el carácter 4, que puede ser B, V o T indica si es un autobús, vehículo ó camión; los últimos caracteres indican la clasificación de acuerdo con el peso del vehículo cargado a máxima capacidad; en el caso de los autobuses, T es transporte urbano, y S escolar.

d) Fuentes naturales

Las fuentes naturales son aquellas que emiten contaminantes a la atmósfera sin la intervención del humano, se clasifican en emisiones biogénicas y geogénicas:

- Emisiones biogénicas. Se originan por procesos bióticos producidos por los diferentes tipos de vegetación y cultivos. Se consideran principalmente los COV y los NO_x producidos por los microorganismos del suelo.
- Emisiones geogénicas. Proviene de procesos abióticos como las erupciones volcánicas y fumarolas. Se contabiliza principalmente el SO₂.

3.1.3 Fuentes de información

Para la elaboración del Inventario de Emisiones es necesario contar con la colaboración y coordinación de diversas dependencias de los tres órdenes de gobierno, así como del sector privado.

La información se recopila a través de instrumentos legales, tales como la Cédula de Operación Anual (COA), la Licencia de funcionamiento para fuentes

fijas de emisiones a la atmósfera, y estudios de jurisdicción federal y estatal.

Se consultan también estadísticas oficiales como padrones vehiculares, censos económicos, censos de población, meteorología, consumos y características de combustibles, tipos de vegetación y suelo, así como estadísticas y encuestas de la SSAOT.

Esta información se procesa de acuerdo a los métodos de estimación de emisiones homologados y comparables con los utilizados para el INEM, que a su vez permiten su comparación con los desarrollados en Estados Unidos y Canadá.

3.2 Inventario de emisiones a la atmósfera

La tabla 3.2 presenta el Inventario de Emisiones general correspondiente a las cuatro fuentes de emisión consideradas. Puede observarse que cada fuente contribuye de manera diferente en la generación de contaminantes.

Las emisiones estatales se componen principalmente de CO (generado en su mayoría por el uso de vehículos automotores), seguidas de los COV (emisiones características de las fuentes de área), y en tercer lugar se encuentran los NO_x (provenientes de procesos de combustión y de la actividad vehicular).

Tabla 3.2 Inventario de emisiones por fuente.

Sector	ton /año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes fijas	4,347.3	2,505.3	7,540.7	1,719.5	6,331.3	1,972.1	46.3
Fuentes móviles	3,203.2	2,791.6	6,710.3	928,123.1	195,842.9	84,313.3	2,703.8
Fuentes de área	24,894.9	17,446.7	10,060.2	114,161.0	12,046.1	161,435.5	54,169.4
Fuentes naturales	NA	NA	NA	NA	35,860.2	111,085.5	NA
Totales	32,445	22,743	24,311	1,044,003	250,080	358,806	56,919

En la Figura 3.1 se presenta la distribución porcentual de las emisiones por tipo de contaminante y fuente de emisión.

Puede observarse que las fuentes de área son las que más contribuyen a las emisiones de SO₂, partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y NH₃. Los dos primeros,

proviene principalmente de procesos de combustión, mientras que las partículas y el NH₃ se originan también por actividades agropecuarias.

El CO y los NO_x se generan casi en su totalidad por el funcionamiento de vehículos automotores. Las fuentes naturales tienen su mayor contribución en la

emisión de COV, mientras que las fijas emiten principalmente partículas y SO₂, contaminantes que influyen de manera importante en la salud de la población.

En la Tabla 3.3 se presenta el Inventario de Emisiones clasificado por categorías y subcategorías evaluadas.

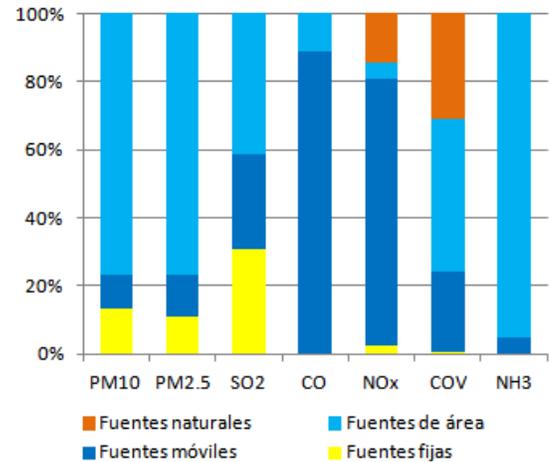


Figura 3.1 Contribución porcentual de emisiones por tipo de fuente.

Tabla 3.3 Inventario de emisiones

Categoría / Subcategoría	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Petróleo y petroquímica	26.6	24.2	188.7	201.2	569.9	107.2	7.8
Química	44.6	29.1	538.6	42.7	215.8	196.6	2.6
Pinturas y tintas	58.3	28.8	56.6	0.2	3.8	56.4	0.0
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	347.6	205.2	4.7	355.1	426.8	40.3	12.7
Automotriz	167.3	91.1	17.1	57.5	80.0	1,441.7	2.2
Celulosa y papel	13.5	8.8	242.2	2.0	22.3	0.1	0.3
Cemento y cal	378.4	156.9	3,631.7	144.6	3,987.3	16.6	4.2
Generación de energía eléctrica	110.8	109.9	1.5	293.0	272.0	2.8	8.2
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	7.7	4.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	0.1	0.1	0.3	0.5	2.3	0.0	0.0
Fabricación de artículos y productos metálicos	17.7	14.0	0.3	6.2	15.9	13.4	0.2
Fabricación de productos y artículos de plástico	9.0	6.5	72.9	14.2	23.6	88.1	0.6
Industria alimenticia	3,085.4	1,768.7	2,058.6	529.6	522.2	3.7	4.0
Industria textil	63.0	44.0	701.4	67.0	176.7	4.5	3.2
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	15.8	12.5	0.9	1.0	3.7	0.2	0.1
Otros	1.4	1.0	25.2	4.7	8.9	0.3	0.0
Fuentes fijas	4,347	2,505	7,540	1,719	6,331	1,972	46
Autobuses de transporte urbano	76.4	68.0	273.2	22,956.6	7,047.0	1,626.7	11.7
Autos particulares (tipo sedán)	101.9	57.4	668.3	163,221.7	8,247.9	16,710.8	1,002.4

Categoría / Subcategoría	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Camionetas de transporte público de pasajeros (combis)	1.8	1.2	13.0	5,329.8	138.2	569.6	14.8
Camionetas Pick-up	59.0	37.3	404.8	79,185.2	5,071.1	10,046.8	454.4
Motocicletas	4.5	2.6	11.5	7,216.4	187.3	973.8	4.0
Taxis	50.5	28.2	332.3	169,783.9	20,818.8	9,847.9	498.5
Tractocamiones	228.9	203.6	543.0	34,660.7	21,904.6	3,516.8	28.3
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	47.6	28.3	466.6	47,189.4	4,386.0	6,158.6	408.4
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	1,904.7	1,696.1	3,051.0	395,135.6	105,439.6	33,786.9	281.3
Aeropuertos y equipo en aeropuertos	6.8	6.8	717.9	188.5	35.1	96.8	0.0
Locomotoras	519.4	466.6	187.5	2,063.5	20,929.9	777.1	0.0
Maquinaria agrícola	201.5	195.5	41.2	1,191.7	1,637.4	201.5	0.0
Fuentes móviles	3,203	2,791	6,710	928,123	195,842	84,313	2,703
Actividades de construcción	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	4,025.0	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13,357.8
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	137.1	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	2,431.9	NA
Asados al carbón	447.4	357.1	0.0	890.7	16.4	57.5	0.0
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	NA	324.6	NA
Combustión agropecuaria	420.8	420.8	392.4	1,289.0	5,993.8	2.4	0.0
Combustión comercial	18.0	15.1	1.6	67.5	82.3	3.7	0.0
Combustión doméstica	14,168.0	13,645.9	172.8	103,843.5	4,146.2	92,757.4	8.4
Corrales de engorda	167.0	19.1	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones domésticas de amoníaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6,996.6
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	NA	1.4	0.0
Ganaderas de amoníaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	33,708.4
Incendio de construcciones	0.3	0.3	0.0	5.5	0.1	0.3	0.0
Incendios forestales	267.2	226.8	25.3	2,633.7	81.4	183.9	26.4
Labranza	8,297.3	1,839.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ladrilleras	473.5	315.7	9,443.2	747.8	1,481.6	61.6	0.0
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	821.9	NA
Limpieza de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	7,958.9	NA

Categoría / Subcategoría	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Manejo y distribución de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	17,242.4	NA
Manejo y distribución de Gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	2,336.7	NA
Panificación	NA	NA	NA	NA	NA	257.9	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	933.8	NA
Pintura para señalización vial	NA	NA	NA	NA	NA	61.1	NA
Quemas agrícolas	635.1	606.4	24.4	4,551.8	179.4	428.6	71.9
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	12,002.6	NA
Recubrimiento de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	NA	1,676.6	NA
Terminales de autobuses	0.1	0.1	0.5	131.5	64.9	11.9	0.0
Uso doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	17,716.2	NA
Fuentes de área	24,894	17,446	10,060	114,161	12,046	161,435	54,169
Biogénicas	NA	NA	NA	NA	35,860.2	111,085.5	NA
Fuentes naturales	NA	NA	NA	NA	35,860.2	111,085.5	NA
Totales	32,445	22,743	24,311	1,044,003	250,080	358,806	56,919

Información Preliminar del Inventario Nacional de Emisiones de México, 2008.

Gobierno del Estado de Puebla: Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial

Las cifras que se muestran como "0.0" representan cantidades menores a centésimas, **NA**: No aplica, **NE**: No estimado

Puede observarse que las emisiones de PM₁₀ provienen principalmente de la combustión doméstica, donde un alto porcentaje se debe al consumo de leña; a la industria alimenticia (por el combustible que utiliza), y a la labranza agrícola, que en conjunto representan aproximadamente el 80% de las emisiones.

Para el caso del SO₂, la fabricación de ladrillos contribuye con el 39% de las emisiones. Estas emisiones son generadas por el uso de combustóleo. El 26% proviene de la industria de cemento y cal, alimenticia y textil.

Respecto a los NO_x, las fuentes móviles contribuyen con más del 86% de las emisiones, en donde destaca que los vehículos privados y comerciales aportan aproximadamente el 50% del total.

El 37% de los COV provienen de la combustión doméstica, principalmente de leña; el 28% corresponde al sector transporte que incluye vehículos pesados, autos particulares, camionetas Pick-up y taxis; en tanto que el 19% es generado por fuentes de área tales como el uso doméstico de

solventes, recubrimientos de superficies y manejo y distribución de gas LP.

Es importante recalcar que, si bien, la cantidad de contaminantes emitidos depende de la cantidad de combustible consumido, también influye de manera importante la calidad de éste y la eficiencia de la combustión.

3.3 Inventario de emisiones a la atmósfera desagregado por tipo de fuente

La determinación de las emisiones por tipo de fuente permite visualizar el panorama de generación de contaminantes por municipio y por actividad económica, evidenciando su aportación y las oportunidades de mejora en cada uno de éstos.

3.3.1 Inventario de emisiones de fuentes fijas

Se estiman las emisiones para 18 sectores industriales presentes en el Estado que se muestran en la tabla 3.4, donde se indica también, el número de empresas establecidas. Se observa que la

industria textil cuenta con la mayor cantidad de establecimientos, seguida de la industria química y la alimenticia. Estos sectores representan en conjunto el 58% del total de la industria registrada en el Estado.

En el apartado *Otros* se encuentran incluidos los sectores de producción de velas y veladoras, distribución de combustibles y manejo de residuos peligrosos.

Tabla 3.4 Número de empresas en el Estado de Puebla, clasificadas por sector.

Sector	No. de empresas	%
Industria textil	92	34.3
Química	32	11.9
Industria alimenticia	32	11.9
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	23	8.6
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	14	5.2
Fabricación de productos y artículos de plástico	13	4.9
Fabricación de artículos y productos metálicos	11	4.1
Cemento y cal	10	3.7
Automotriz	8	3.0
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	8	3.0
Otros	8	3.0
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	7	2.6
Petróleo y petroquímica	4	1.5
Pinturas y tintas	3	1.1
Generación de energía eléctrica	2	0.7
Celulosa y papel	1	0.4
Total	268	100

El Estado tiene registradas 268 empresas tanto de jurisdicción federal como estatal, las cuales se ubican en 39 municipios de los 217 que lo componen.

Es importante destacar que en solo 10 municipios se concentra el 81% de los establecimientos, más de la

mitad de los cuales se ubican en los municipios de Puebla y Huejotzingo (ver Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Número de empresas en el Estado de Puebla, clasificadas por municipio en que se ubican.

Municipio	Número de empresas	%	% Acumulado
Puebla	105	39.2	39.2
Huejotzingo	27	10.1	49.3
Amozoc	14	5.2	54.5
San Andrés Cholula	13	4.9	59.3
Teziutlán	13	4.9	64.2
Tehuacán	11	4.1	68.3
Cuatlancingo	10	3.7	72.0
San Pedro Cholula	9	3.4	79.1
San Miguel Xoxtla	6	2.2	81.4

Los resultados del Inventario de Emisiones de fuentes fijas, se presenta clasificado por en las Tabla 3.6. Se observa que los contaminantes emitidos en mayor cantidad por las fuentes fijas son el SO₂, seguido de los NO_x y PM₁₀. En el caso de las emisiones de NH₃ sólo son generadas 46 toneladas al año.

Los sectores de cemento y cal e industria alimenticia, contribuyen en gran medida a las emisiones de contaminantes, excepto para los COV cuyo principal sector emisor es la industria automotriz.

Con la información recabada sobre la ubicación de cada industria, se elabora un Inventario de Emisiones municipal. En la Tabla 3.7 se presentan los municipios con mayor contribución de emisiones por fuentes fijas.

En el documento extenso puede consultarse el inventario para todos los municipios del Estado.

Tabla 3.6 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por sector.

Sector	ton /año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Petróleo y petroquímica	26.6	24.2	188.7	201.2	569.9	107.2	7.8
Química	44.6	29.1	538.6	42.7	215.8	196.6	2.6
Pinturas y tintas	58.3	28.8	56.6	0.2	3.8	56.4	0.0
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	347.6	205.2	4.7	355.1	426.8	40.3	12.7
Automotriz	167.3	91.1	17.1	57.5	80.0	1,441.7	2.2
Celulosa y papel	13.5	8.8	242.2	2.0	22.3	0.1	0.3
Cemento y cal	378.4	156.9	3,631.7	144.6	3,987.3	16.6	4.2
Generación de energía eléctrica	110.8	109.9	1.5	293.0	272.0	2.8	8.2
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	7.7	4.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	0.1	0.1	0.3	0.5	2.3	0.0	0.0
Fabricación de artículos y productos metálicos	17.7	14.0	0.3	6.2	15.9	13.4	0.2
Fabricación de productos y artículos de plástico	9.0	6.5	72.9	14.2	23.6	88.1	0.6
Industria alimenticia	3,085.4	1,768.7	2,058.6	529.6	522.2	3.7	4.0
Industria textil	63.0	44.0	701.4	67.0	176.7	4.5	3.2
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	15.8	12.5	0.9	1.0	3.7	0.2	0.1
Otros	1.4	1.0	25.2	4.7	8.9	0.3	0.0
Fuentes fijas	4,347	2,505	7,540	1,719	6,331	1,972	46

Tabla. 3.7 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por municipio con mayor contribución.

Municipio	ton /año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Chietla	2,558.43	1,461.14	214.59	415.86	268.22	0.10	0.29
Coxcatlan	417.88	239.07	134.01	67.86	52.37	0.06	0.18
Cuatlancingo	229.41	165.76	1.97	352.45	343.58	1,410.94	10.46
San Miguel Xoxtla	200.98	156.32	2.25	315.62	402.71	20.67	12.04
Puebla	191.81	111.40	852.66	124.42	259.03	410.28	5.53
Cuautinchan	135.57	92.41	197.44	36.97	2,876.63	7.14	0.44
San Martín Texmelucan	105.86	60.77	300.82	232.39	595.47	21.19	8.33
Acajete	98.03	15.46	879.86	59.99	422.06	4.74	1.71
Palmar de Bravo	57.73	25.44	1,913.80	31.41	609.52	3.68	0.84
Coronango	0.73	0.61	0.03	3.77	4.49	51.33	0.14
	3,996	2,328	4,497	1,640	5,834	1,930	40

De las 268 empresas establecidas en el Estado, 185 son de jurisdicción estatal y 83 de jurisdicción federal (Tabla 3.8). La industria estatal contribuye

mayormente en las emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5}, mientras que la industria federal tiene la principal contribución en SO₂, CO, NO_x y COV.

Tabla. 3.8 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por tipo de jurisdicción.

Jurisdicción	Número de empresas	ton /año						
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Federal	83	1,147	654	4,681	1,096	5,578	1,862	38
Estatal	185	3,200	1,851	2,860	623	753	110	8
Emisiones totales	268	4,347	2,505	7,541	1,720	6,331	1,972	46

Las figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 presentan la contribución de cada sector en las emisiones totales de PM₁₀, SO₂, CO, NO_x y COV.

Se incluyeron en *Otros sectores* aquellos cuya contribución no es significativa para el contaminante que se analiza.

La Figura 3.2 muestra que el 87.7% de las emisiones de PM₁₀, provienen de las industrias alimenticia y metalúrgica, así como de cemento y cal.

Se incluye en *otros sectores* a petróleo y petroquímica, celulosa y papel, extracción y/o beneficio de minerales no metálicos, fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón, Fabricación de artículos de plástico, producción de asfalto y mezclas para pavimentación y otros.

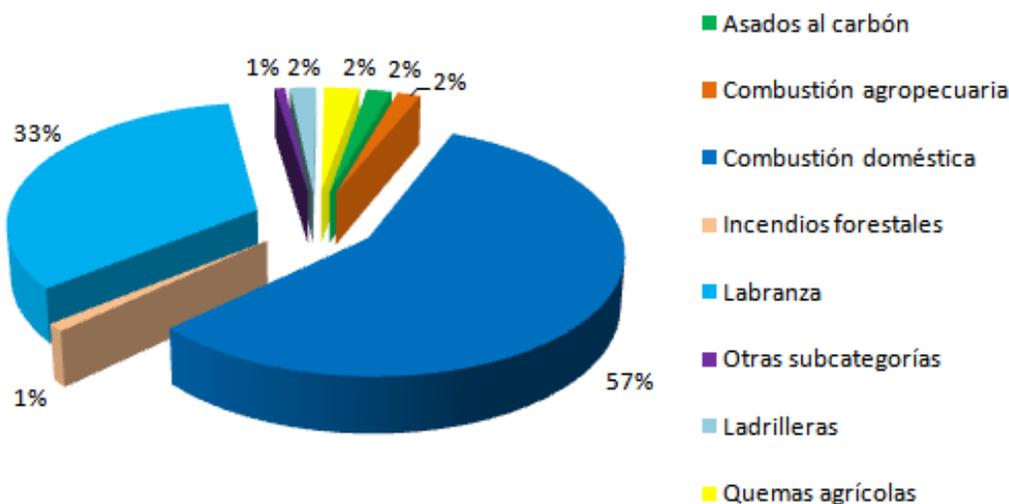


Figura 3.2 Distribución porcentual de emisiones de PM₁₀ en fuentes fijas, por sector de emisión.

De acuerdo a la Figura 3.3, los sectores de la industria textil, alimenticia, de cemento y cal y química, contribuyen con el 92 % de las de SO₂.

Se incluye en *otros sectores* a pinturas y tintas, metalúrgica, automotriz, generación de energía

eléctrica, extracción y/o beneficio de minerales no metálicos, fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón, fabricación de artículos y productos metálicos, fabricación de artículos y productos de plástico, producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación, otros.

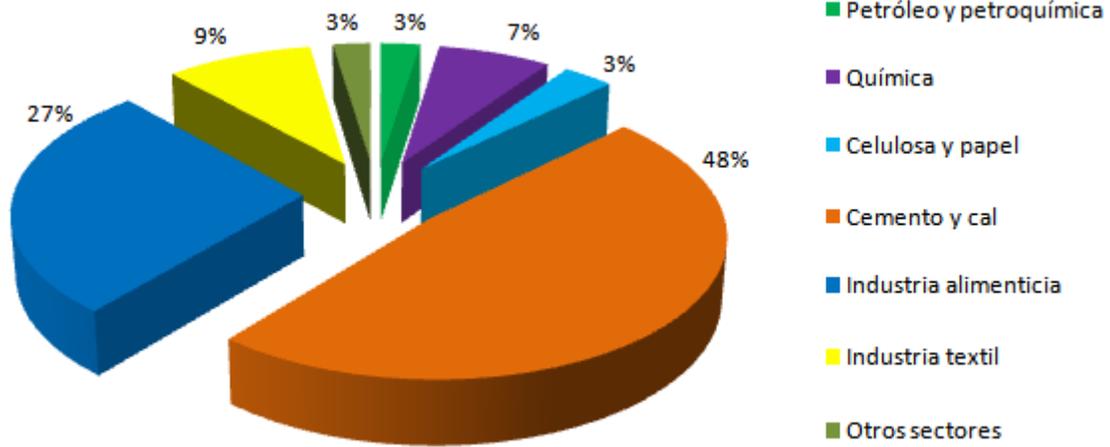


Figura 3.3 Distribución porcentual de emisiones de SO₂ en fuentes fijas, por sector de emisión.

Respecto a las emisiones de CO, las industrias alimenticia, metalúrgica, petroquímica, generación de energía eléctrica y petróleo generan el 80% de las emisiones (Ver Figura 3.4).

Se incluye en *otros sectores* a, pinturas y tintas, celulosa y papel, extracción y/o beneficio de

minerales no metálicos, fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón, fabricación de artículos y productos metálicos, fabricación de artículos y productos de plástico, producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación, otros.

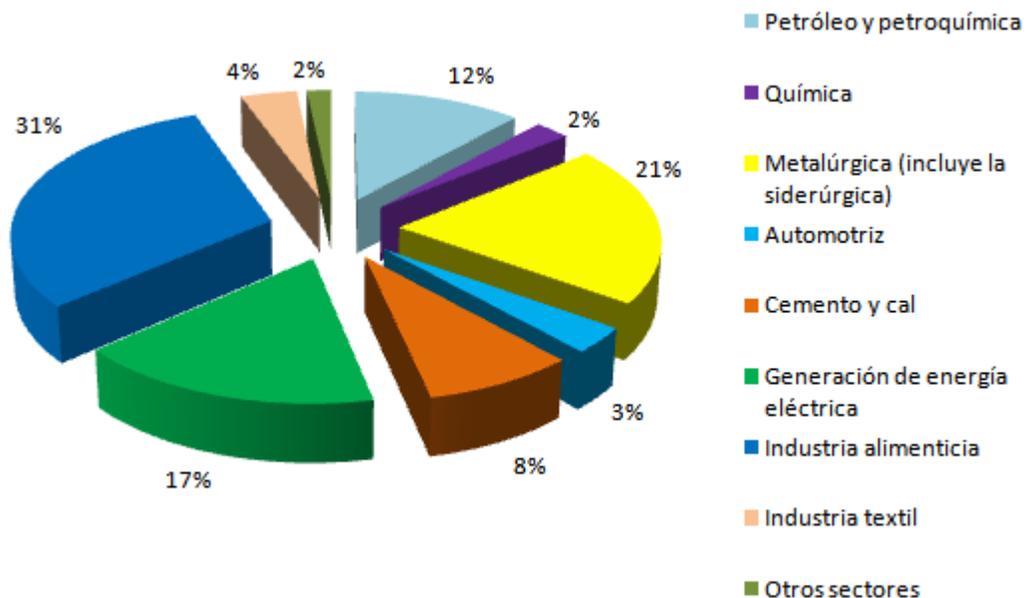


Figura 3.4 Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes fijas, por sector de emisión.

En el caso de las emisiones de NO_x (Figura 3.5), los sectores de cemento y cal, alimenticio, petróleo y petroquímica, y metalúrgica contribuyen con el 87 % de las emisiones.

Se incluye en *otros sectores* a pinturas y tintas, celulosa y papel, extracción y/o beneficio de minerales no metálicos, fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón, fabricación de

artículos y productos metálicos, fabricación de artículos y productos de plástico, producción de

asfalto y sus mezclas para pavimentación, otros.

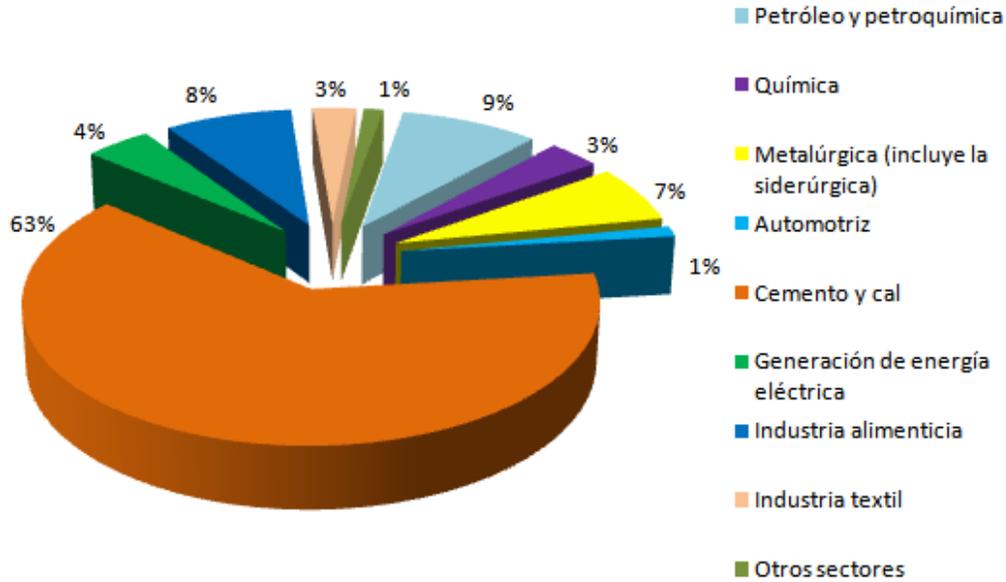


Figura 3.5 Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes fijas, por sector de emisión.

En cuanto a las emisiones de COV, los sectores automotriz, químico, petróleo y petroquímica contribuyen con el 88% del total (Figura 3.6).

Se incluye en otros sectores a celulosa y papel, cemento y cal, generación de energía eléctrica,

extracción y/o beneficio de minerales no metálicos, fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón, fabricación de artículos y productos metálicos, industrias alimenticia, industria textil, producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación, otros.

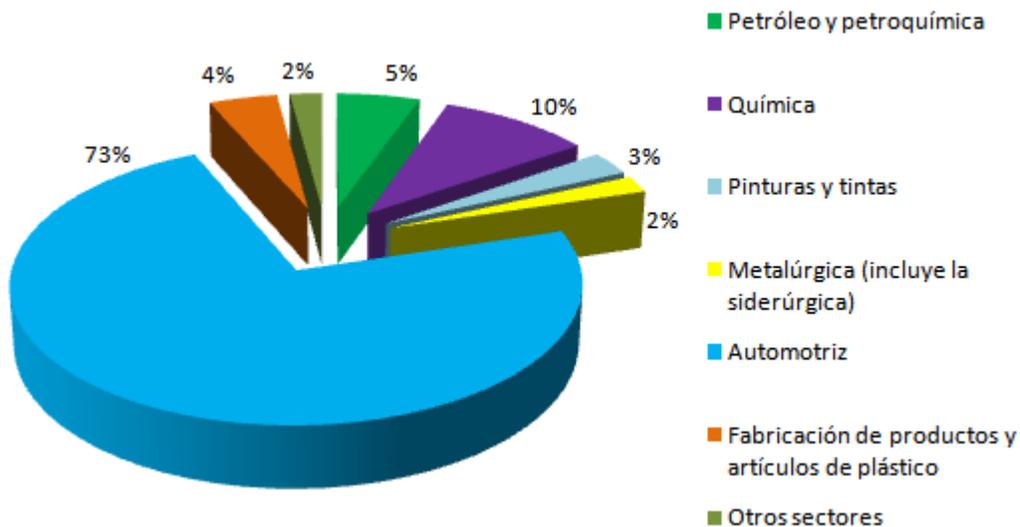


Figura 3.6 Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes fijas, por sector de emisión.

Otra manera de visualizar y analizar la información consiste en identificar las combinaciones de combustibles consumidos por los sectores industriales.

Como se observa en la Tabla 3.9, la combinación de bagazo y combustóleo es la que más contaminantes emite, seguida de las que utilizan combustibles líquidos, especialmente combustóleo.

Tabla. 3.9 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por sector de acuerdo a la combinación de combustibles consumidos.

Sector	Combustible	Mega gramos/año						
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Industria alimenticia	GN, LP, DI, CBP, BG	3,076.0	1,766.0	2,058.6	529.6	522.2	3.0	4.0
Cemento y cal	CBP, CBL, CA, CPE, DI, GN, LP	173.7	74.0	3,631.7	144.6	3,987.3	16.6	0.0
Generación de energía eléctrica	GN	110.8	109.9	1.5	293.0	272.0	2.8	0.0
Industria textil	GN, LP, DI, CBP	45.1	31.3	701.4	67.0	176.7	4.5	3.2
Petróleo y petroquímica	CBP, GN, DI	26.6	24.2	188.7	201.2	569.9	13.9	0.0
Química	GN, LP, DI, CBP, CBL	17.8	13.0	538.6	42.7	215.8	2.7	0.0
Celulosa y papel	CBP, DI	13.5	8.8	242.2	2.0	22.3	0.1	0.0
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	CA, CCA, DI, LP, GN	13.3	12.6	4.5	332.1	426.8	21.8	0.0
Automotriz	CA, LP, GN	12.5	9.4	17.1	57.5	80.0	3.8	0.0
Fabricación de productos y artículos de plástico	GN, LP, CBP	5.3	3.9	72.9	14.2	23.6	0.9	0.6
Otros sectores	GN, LP, DI, CBP, Biogas	3.5	2.5	83.2	12.4	34.6	0.9	0.4
Total		3,498	2,055	7,541	1,696	6,331	71	8

Gas natural (GN), Gas LP (LP), Combustóleo pesado (CBP), Combustóleo ligero (CBL), Diésel (DI), Carbón (CA), Coque de carbón (CCA), Coque de petróleo (CPE), Bagazo (BG).

3.3.2 Inventario de emisiones de fuentes de área

Las fuentes de área son emisores significativos de contaminantes del aire. La Tabla 3.19 presenta las 29 subcategorías evaluadas como parte del Inventario de Emisiones. Son incluidos procesos de consumo de combustibles en los sectores residencial y comercial, así como por uso de solventes, aerosoles e incendios forestales, entre otros.

Es importante observar que la mayor cantidad de emisiones generadas corresponden a los COV,

seguidos del CO y en menor cantidad NH₃, PM₁₀ y PM_{2.5}. Finalmente aparecen los NO_x y el SO₂.

Las emisiones por fuentes de área son generadas por diversas actividades llevadas a cabo en los municipios. Dichas actividades son propias de comunidades urbanas y rurales, y son determinantes directos de la cantidad y el tipo de contaminantes generados.

Tabla. 3.10 Inventario de emisiones de fuentes de áreas, clasificado por subcategorías.

Sector	ton /año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	4,025.0	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13,357.8
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	137.1	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	2,431.9	NA
Asados al carbón	447.4	357.1	0.0	890.7	16.4	57.5	0.0
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	NA	324.6	NA
Combustión agropecuaria	420.8	420.8	392.4	1,289.0	5,993.8	2.4	0.0
Combustión comercial	18.0	15.1	1.6	67.5	82.3	3.7	0.0
Combustión doméstica	14,168.0	13,645.9	172.8	103,843.5	4,146.2	92,757.4	8.4
Corrales de engorda	167.0	19.1	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones domésticas de amoníaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6,996.6
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	NA	1.4	0.0
Ganaderas de amoníaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	33,708.4
Incendio de construcciones	0.3	0.3	0.0	5.5	0.1	0.3	0.0
Incendios forestales	267.2	226.8	25.3	2,633.7	81.4	183.9	26.4
Labranza	8,297.3	1,839.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ladrilleras	473.5	315.7	9,443.2	747.8	1,481.6	61.6	0.0
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	821.9	NA
Limpieza de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	7,958.9	NA
Manejo y distribución de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	17,242.4	NA
Manejo y distribución de Gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	2,336.7	NA
Panificación	NA	NA	NA	NA	NA	257.9	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	933.8	NA
Pintura para señalización vial	NA	NA	NA	NA	NA	61.1	NA
Quemas agrícolas	635.1	606.4	24.4	4,551.8	179.4	428.6	71.9
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	12,002.6	NA
Recubrimiento de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	NA	1,676.6	NA
Terminales de autobuses	0.1	0.1	0.5	131.5	64.9	11.9	0.0
Uso doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	17,716.2	NA
Fuentes de área	24,894	17,446	10,060	114,161	12,046	161,435	54,169

La Tabla 3.11 presenta el Inventario de Emisiones por fuentes de área para los municipios con mayor aportación en el Estado. Destaca el municipio de Puebla como el que más emite, seguido de Tehuacán, San Pedro Cholula y San Martín Texmelucan, debido principalmente a la concentración de población y a actividades como la producción de ladrillos.

En municipios como Atlixco, Ajalpan y Coronango, la mayor parte de sus emisiones se deben a la quema de combustibles. Mientras que en Izúcar de Matamoros, Tepanco de López, Tecamachalco y Tlacotepec de Benito Juárez, las emisiones provienen principalmente de las actividades agropecuarias

Tabla. 3.11 Inventario de emisiones de fuentes de áreas, clasificado por municipio con mayor contribución.

Municipio	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Puebla	4,183.58	3,946.32	118.09	29,511.89	1,299.83	47,078.09	1,700.06
Tehuacán	831.99	723.52	13.04	5,230.15	277.69	8,253.13	4,158.79
Izúcar de Matamoros	542.51	411.91	43.91	2,821.43	185.72	1,991.35	396.03
San Pedro Cholula	503.17	409.33	2,960.09	2,476.66	599.03	3,816.25	240.80
Atlixco	473.75	363.26	506.23	2,368.54	432.14	3,370.76	471.52
San Martín Texmelucan	431.12	368.46	330.52	2,591.79	219.79	4,009.93	294.85
Tecamachalco	376.52	219.69	10.45	1,291.42	178.56	1,867.65	2,444.68
Ajalpan	289.54	214.07	1,118.96	1,305.35	237.34	1,889.56	739.92
Tlacotepec de Benito Juárez	277.83	160.66	186.36	906.20	175.03	1,261.86	1,538.66
Coronango	186.76	139.17	1,596.05	719.98	310.61	991.49	102.22
Tepanco de López	111.85	62.33	5.81	340.70	93.29	550.60	2,048.50
	8,208	7,018	6,889	49,564	4,009	75,080	14,136

En las figuras 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12, puede observarse que existen subcategorías que generan mayores emisiones de algunos contaminantes en específico.

Aparecen agrupadas como *Otras subcategorías* aquellas cuya contribución particular no es significativa para el contaminante que se analiza.

De la Figura 3.7 se puede concluir que el 90% de las emisiones estatales de PM₁₀ son generadas por el consumo doméstico de leña y actividades de labranza (57 y 33%). El 10% restante es emitido por diversos procesos de combustión.

En la Figura 3.8 se observa que respecto a las emisiones de SO₂, la mayor contribución se debe a

procesos de elaboración de ladrillos, que aporta el 94% del total (debido principalmente al consumo de combustóleo), seguido por procesos de combustión agropecuaria y doméstica, con un 4% y 2% respectivamente.

En la Figura 3.9 se observa que la mayor aportación de CO proviene de actividades de combustión doméstica (91%), seguido en menores porcentajes por actividades de combustión agropecuaria, incendios forestales y quemas agrícolas.

Es importante hacer notar que las emisiones de CO por combustión doméstica, son resultado del alto consumo de leña y gas LP en los medios rural y urbano del sector residencial.

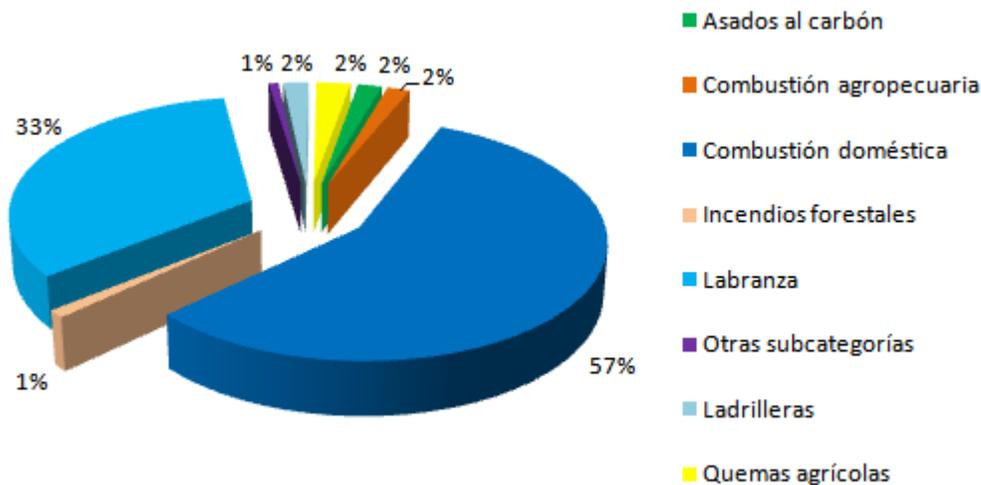


Figura 3.7 Distribución porcentual de emisiones de PM₁₀ en fuentes de área, por subcategoría de emisión.

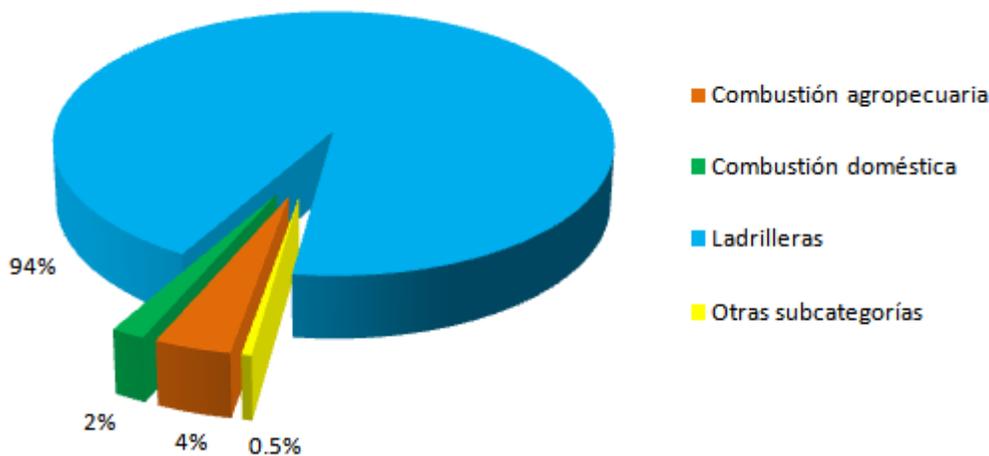


Figura 3.8 Distribución porcentual de emisiones de SO₂ en fuentes de área, por subcategoría de emisión.

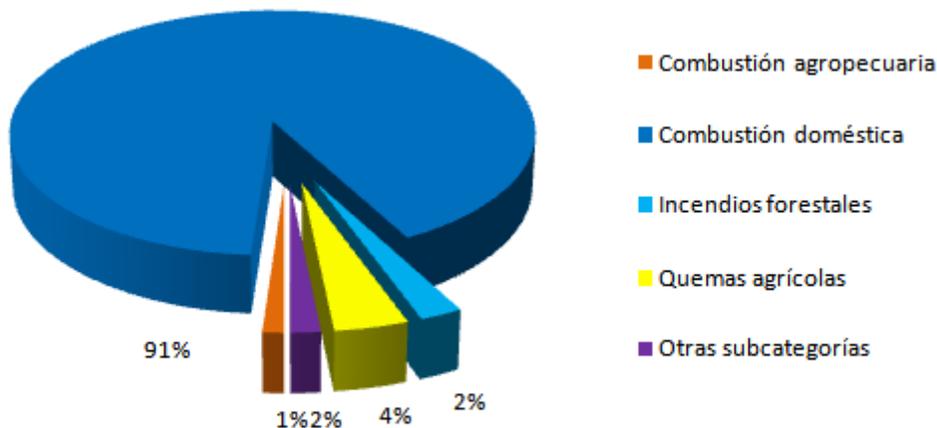


Figura 3.9 Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes de área, por subcategoría de emisión.

La Figura 3.10 muestra que las actividades combustión agropecuaria y doméstica contribuyen con el 84% de las emisiones de NO_x. Las ladrilleras por su parte, emiten el 12% del total al quemar combustóleo para su funcionamiento.

De acuerdo con la Figura 3.11, el 57% de las emisiones de COV se generan como producto de la combustión doméstica. El uso doméstico de solventes y manejo y distribución de gas LP contribuyen con el 22%, seguidos por el recubrimiento de superficies arquitectónicas que en este caso aporta el 7% del total.

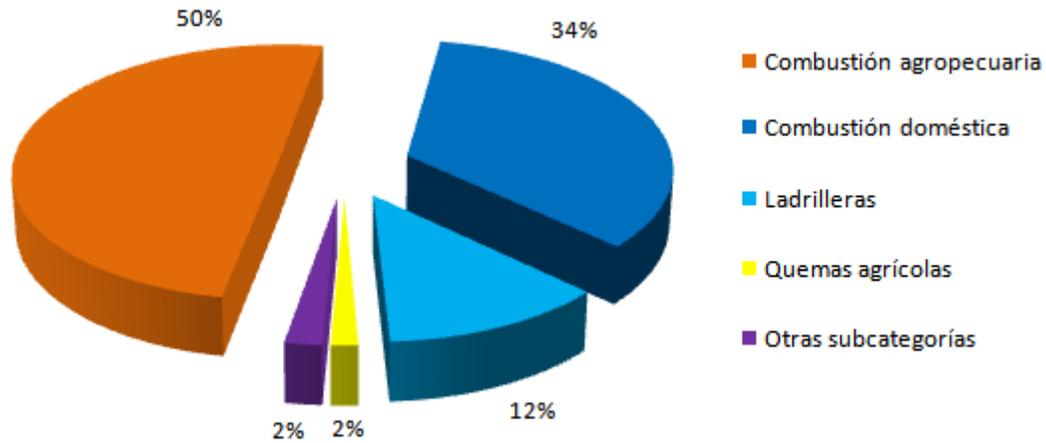


Figura 3.10 Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes de área, por subcategoría de emisión.

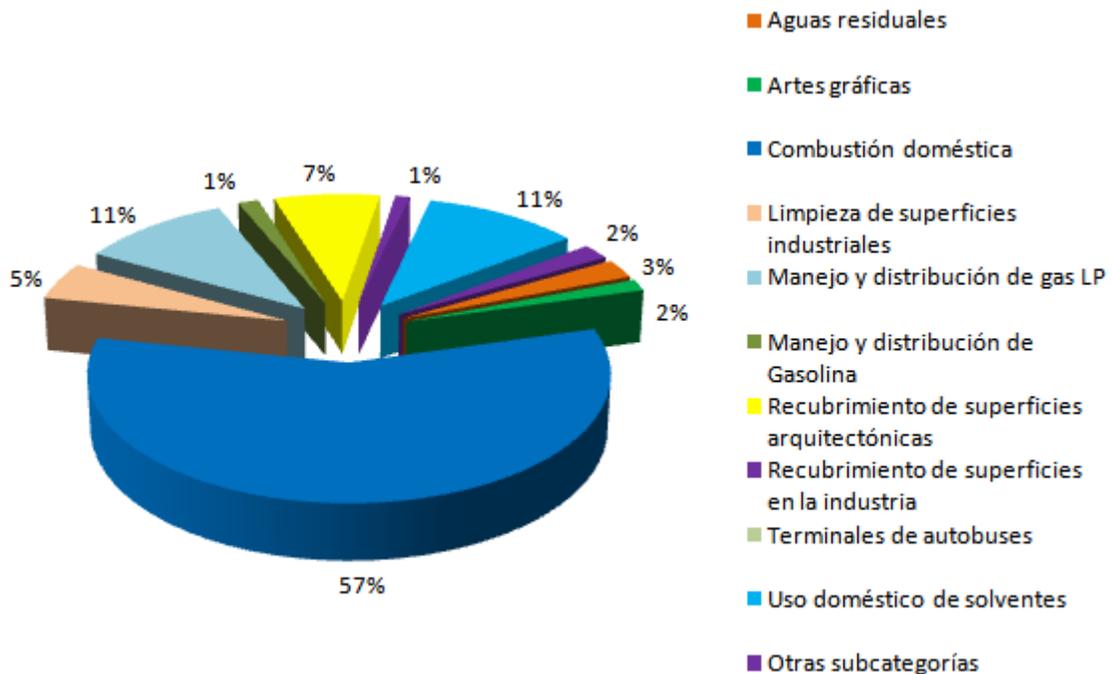


Figura 3.11 Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes de área, por subcategoría de emisión.

En cuanto a las emisiones de NH_3 (Figura 3.12), el sector agropecuario emite la mayor cantidad de este contaminante. Las emisiones ganaderas de amoníaco

aportan el 62% del total, seguido por la aplicación de fertilizantes y las emisiones domésticas de amoníaco que contribuyen con 25% y 13% despectivamente.

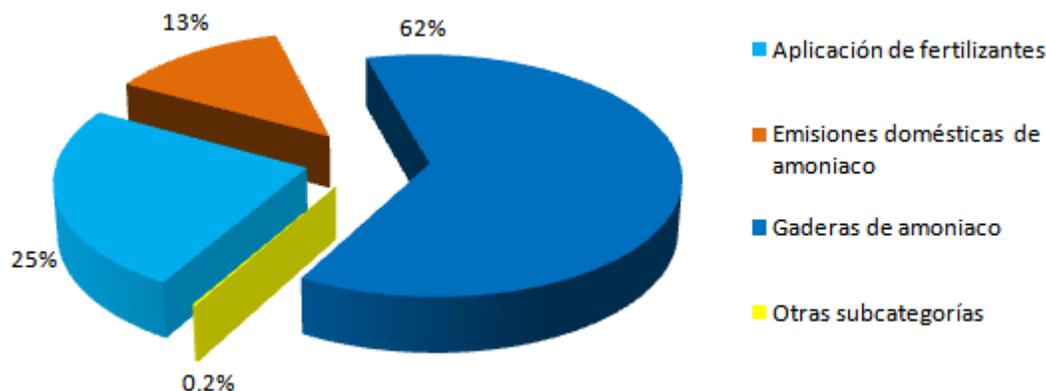


Figura 3.12 Distribución porcentual de emisiones de NH_3 en fuentes de área, por subcategoría de emisión.

3.3.3 Inventario de emisiones por fuentes móviles

El inventario de fuentes móviles para el Estado de Puebla estima las emisiones producidas por el consumo de combustibles de vehículos en circulación. Se basa en información proporcionada por la Secretaría de Finanzas.

La generación de contaminantes por fuentes móviles, está en función del tipo de combustible, el tipo de vehículo (principalmente el peso), el rendimiento (Km por cantidad de combustible), la distancia recorrida y el número de vehículos en existencia. Para su estimación es utilizado el Programa MOBILE 6.2 México, para lo que se clasifica el parque vehicular en subcategorías de acuerdo al peso vehicular.

La Tabla 3.12 presenta la distribución porcentual del parque vehicular, clasificado de acuerdo a las 9 categorías del INEM.

La Figura 3.13 presenta la clasificación del parque vehicular en el Estado de acuerdo a la antigüedad y la clasificación por tipo de combustible utilizado.

Debe aclararse que aun cuando el registro presenta el modelo 1981 como el de mayor antigüedad, en el interior del Estado circulan vehículos de modelos anteriores.

Tabla 3.12 Distribución porcentual del parque vehicular del Estado, por categorías de acuerdo al INEM.

Categoría	Número de vehículos	%
Autos particulares (tipo sedán)	429,504	46.3
Camionetas Pick-up	203,574	21.9
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	183,129	19.7
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	72,486	7.8
Motocicletas	15,398	1.7
Taxis	13,761	1.5
Camionetas de transporte público de pasajeros (combis)	6,457	0.7
Tractocamiones	3,219	0.3
Autobuses de transporte urbano	1,009	0.1
Total estatal	928,537	100

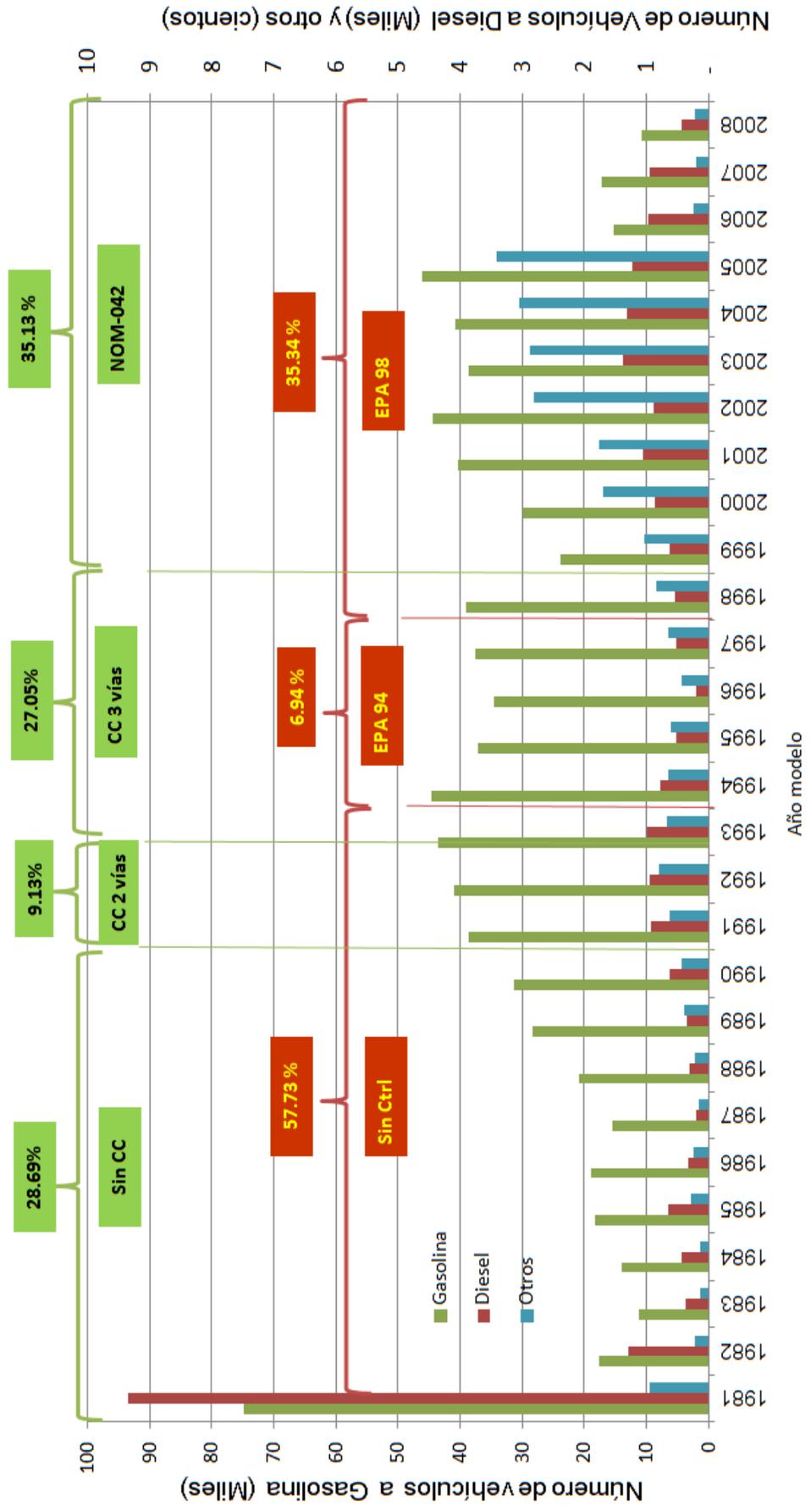


Figura 3.13 Antigüedad del parque vehicular del Estado y clasificación por estrato tecnológico

Los 17 municipios que albergan el mayor parque vehicular se presentan en la Tabla 3.13. Destacan los municipios de Puebla y Tehuacán con el 46% del total de la flota vehicular registrada en el Estado.

El Inventario de Emisiones para fuentes móviles, clasificado, por tipo de vehículo y contaminante emitido, se muestra en la Tabla 3.14. Puede observarse que los vehículos con peso mayor a tres toneladas son los principales emisores de contaminantes criterio. El NH_3 es emitido principalmente por autos particulares.

Destaca el CO como el contaminante mas emitido por todas las categorías de este tipo de fuentes.

La Tabla 3.15 muestra los municipios que aportan la mayor cantidad de contaminantes por fuentes móviles. Es importante observar que 11 municipios generan aproximadamente el 60% de las emisiones estatales por fuentes móviles, siendo el municipio de Puebla el de mayor aportación.

La aportación de contaminantes por categoría, se observa en las figuras 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 y 3.18, para PM_{10} , SO_2 , CO, COV y NO_x respectivamente.

Las categorías de Camionetas de transporte público de pasajeros (combis) y Motocicletas se agrupan en el apartado *Otras categorías*, ya que su contribución particular no es significativa para el contaminante que se analiza.

Tabla 3.13 Distribución porcentual del parque vehicular del Estado, clasificado por municipio.

Municipio	Número de vehículos	%	% Acumulado
Puebla	380,581	41	41
Tehuacán	42,324	5	46
San Martín Texmelucan	29,648	3	49
San Pedro Cholula	25,392	3	51
Atlixco	22,171	2	54
San Andrés Cholula	20,618	2	56
Acatlán	16,201	2	58
Huauhinango	13,243	1	59
Teziutlán	12,877	1	61
Izúcar de Matamoros	12,259	1	62
Tecamachalco	12,163	1	63
Cuatlancingo	11,788	1	65
Tepeaca	11,494	1	66
Chignahuapan	11,165	1	67
Huejotzingo	10,842	1	68
Zacatlán	10,408	1	69
Amozoc	9,784	1	70



Tabla 3.14 Inventario de emisiones por fuentes móviles, por categoría de acuerdo a la clasificación del INEM

Categorías	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Autobuses de transporte urbano	76.4	68.0	273.2	22,956.6	7,047.0	1,626.7	11.7
Autos particulares (tipo sedán)	101.9	57.4	668.3	163,221.7	8,247.9	16,710.8	1,002.4
Camionetas de transporte público de pasajeros (combis)	1.8	1.2	13.0	5,329.8	138.2	569.6	14.8
Camionetas Pick-up	59.0	37.3	404.8	79,185.2	5,071.1	10,046.8	454.4
Motocicletas	4.5	2.6	11.5	7,216.4	187.3	973.8	4.0
Taxis	50.5	28.2	332.3	169,783.9	20,818.8	9,847.9	498.5
Tractocamiones	228.9	203.6	543.0	34,660.7	21,904.6	3,516.8	28.3
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	47.6	28.3	466.6	47,189.4	4,386.0	6,158.6	408.4
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	1,904.7	1,696.1	3,051.0	395,135.6	105,439.6	33,786.9	281.3
Total general	2,475	2,122	5,763	924,679	173,240	83,238	2,703

Tabla 3.15 Inventario de emisiones por fuentes móviles, clasificado por municipio con mayor contribución.

Municipios	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Puebla	747	627	2,003	326,710	57,224	28,911	1,199
Tehuacán	130	112	289	43,725	8,874	4,057	125
San Pedro Cholula	104	91	209	33,391	7,135	2,972	74
San Martín Texmelucan	45	38	126	27,814	3,681	2,401	78
Atlixco	40	34	101	20,797	2,810	1,832	55
San Andrés Cholula	45	38	112	17,592	3,164	1,572	58
Huauhinango	62	54	125	16,384	3,771	1,580	42
Chignahuapan	50	44	97	18,278	3,542	1,574	31
Huejotzingo	36	31	77	12,641	2,517	1,116	28
Tecamachalco	49	42	102	16,196	3,290	1,446	34
Amozoc	40	35	82	12,069	2,721	1,124	27
	1,384	1,147	3,324	545,598	98,728	48,587	1,753

En la Figura 3.14 se observa que el 77% de las emisiones de PM_{10} por fuentes móviles se debe a la circulación de vehículos privados y comerciales con peso de más de tres toneladas. Seguidos por los tractocamiones con una aportación del 9%.

Éste tipo de vehículos tienen un bajo rendimiento, razón por la cual emiten una mayor cantidad de partículas, asimismo también influye el combustible, velocidad, desgaste, entre otros.

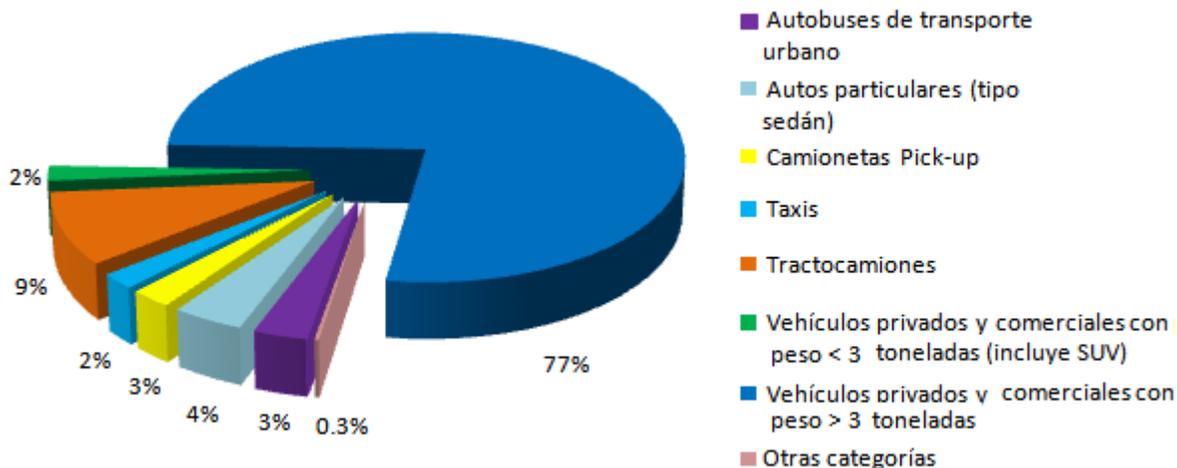


Figura 3.14 Distribución porcentual de emisiones de PM_{10} en fuentes móviles, por categoría.

En el caso de emisiones de SO_2 (Figura 3.15), se puede observar el mismo comportamiento que en la gráfica de PM_{10} , donde los vehículos de más de tres toneladas generan el 77% de las emisiones. Le siguen los tractocamiones con un 9% de las emisiones totales.

Es importante destacar que las mayores emisiones de SO_2 provienen de vehículos que consumen Diésel para su funcionamiento

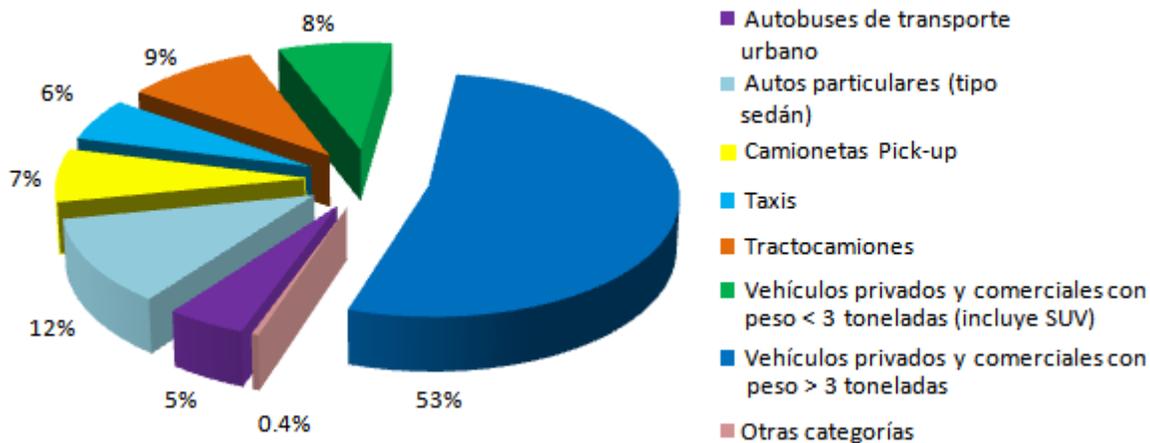


Figura 3.15 Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes móviles, por categoría.

En la Figura 3.16 se observa que los taxis tienen una contribución importante de CO, debido al kilometraje que recorren durante su actividad. Es relevante también el aporte de los autos particulares, debido al número de unidades que existen en el Estado.

Es importante destacar que el CO es el principal contaminante generado por los vehículos que funcionan con gasolina.

La Figura 3.17 muestra la distribución porcentual de las emisiones de COV, puede observarse que la mayor aportación de este contaminante (41%), proviene de los vehículos privados de más de tres toneladas.

En segundo lugar, se encuentran los vehículos particulares, con una aportación del 20%. Seguido por los taxis y las camionetas Pick-up, con 12% cada uno.

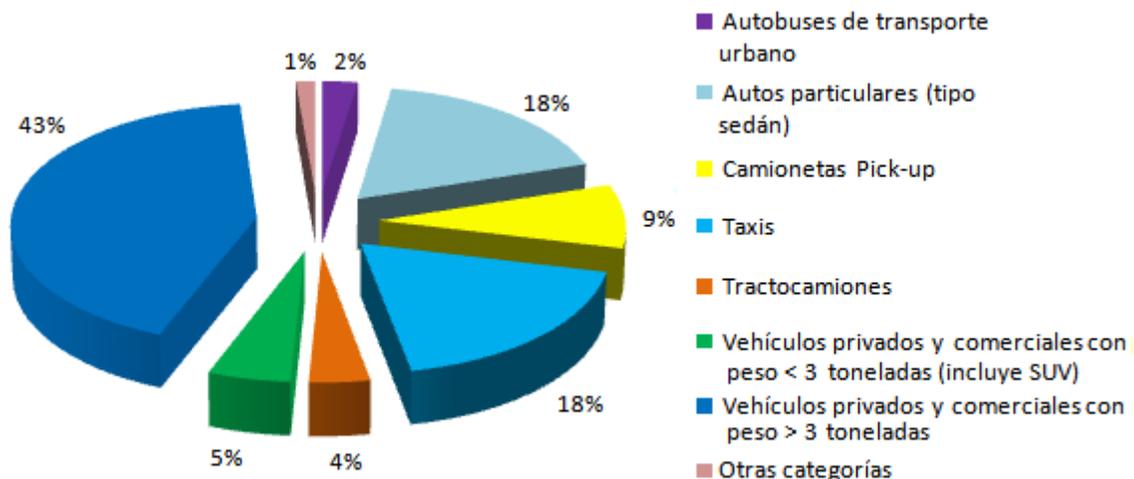


Figura 3.16 Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes móviles, por categoría.

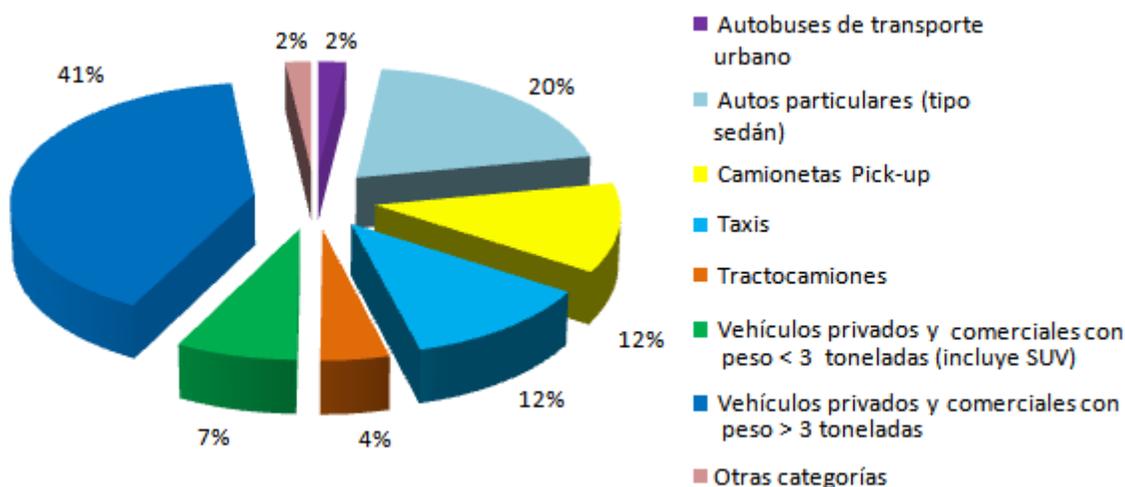


Figura 3.17 Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes móviles, por categoría.

En la Figura 3.18 se puede observar la aportación de NO_x por categoría. Es evidente la aportación de vehículos con peso mayor a tres toneladas, seguido por tractocamiones y taxis, que en conjunto emiten el 86% de las emisiones.

Es importante destacar que aún cuando la mayor parte del parque vehicular del Estado se concentra en la ZMVP, los camiones pesados que circulan en el interior del Estado (7.8% del parque vehicular), son la categoría que genera la mayor cantidad de contaminantes.

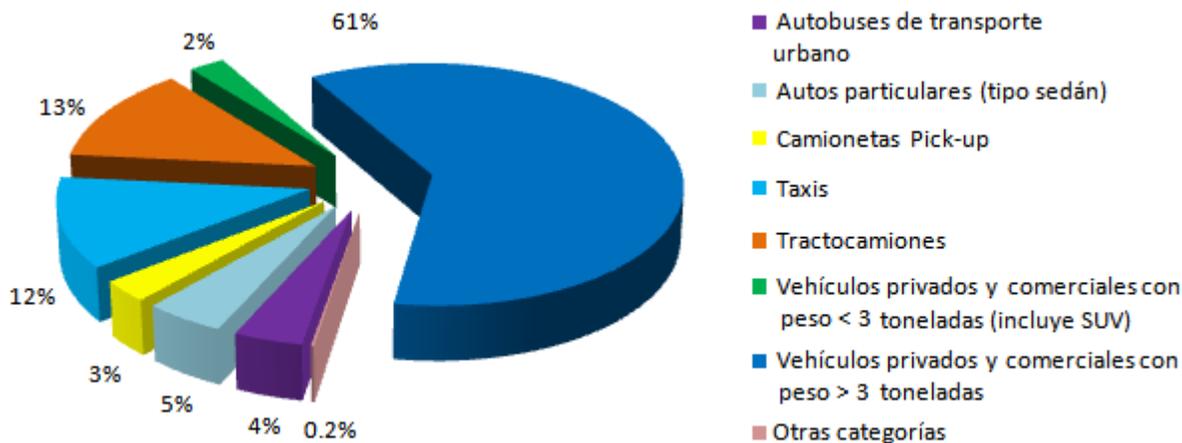


Figura 3.18 Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes móviles, por categoría.

Transporte público en Puebla Capital

Debido al número de habitantes y los servicios requeridos para el funcionamiento de la ciudad, Puebla capital concentra el mayor número de automóviles de uso público y privado. El índice de número de habitantes por vehículo de acuerdo a la

información analizada, es de 4 personas por automóvil.

La Tabla 3.16 presenta el Inventario de Emisiones de fuentes móviles clasificado por transporte público y privado.

Tabla 3.16 Inventario de emisiones por fuentes móviles, clasificado por municipio

Tipo de transporte	ton / año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Público	128.8	97.4	618.5	198,070.3	28,004.0	12,044.3	525.1
Privado	2,346.7	2,025.4	5,145.1	726,609.0	145,236.4	71,193.7	2,178.8
Total	2,475	2,123	5,764	924,679	173,240	83,238	2,704

3.3.4 Inventario de Fuentes Naturales

El inventario de fuentes naturales estima las emisiones biogénicas generadas principalmente por procesos bióticos, tales como la emisión de NO_x por la desnitrificación de suelos. Se contabilizan también los COV generados por procesos propios de algunos tipos de vegetación presentes y cultivos (Tabla 3.17).

Se contabilizan también las emisiones geogénicas, que incluyen principalmente emisiones volcánicas.

Cabe señalar que los municipios que generan el mayor número de emisiones biogénicas de NO_x son Chignahuapan y Francisco Z. Mena. En el caso de los COV, lo municipios de Chiautla y San Sebastián Tlacotepec.

El Estado Puebla tiene una gran actividad volcánica, principalmente por el Popocatepetl y con menor intensidad el Iztaccíhuatl y el Citlaltépetl. Durante el año 2008 se estima una emisión de aproximadamente 1.2 millones de toneladas de SO_2 , proveniente en su mayoría del volcán Popocatepetl.



Tabla 3.17 Inventario de emisiones por fuentes naturales.

Categoría	ton / año						
	PM_{10}	$\text{PM}_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COV	NH_3
Biogénicas	NA	NA	NA	NA	3601.3	14959.2	NA
Total	0	0	NA	0	3601.3	14959.2	0



3.4 Inventario de gases de efecto invernadero

Se estiman las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄ mediante el método AP42 para las mismas categorías y subcategorías del inventario de contaminantes criterio. Dichas emisiones se presentan en unidades de CO₂eq para poder sumarlos y compararlos entre ellos (Tabla 3.17).

En la Tabla 3.17 se observa que la subcategoría que genera más emisiones son los vehículos pesados que circulan en el Estado y que aportan la cuarta parte de las emisiones totales. La emisión por combustión doméstica y comercial aporta más del 30%, producto principalmente de la quema de leña y combustibles fósiles.

La distribución porcentual por categoría se presenta en la gráfica de la Figura 3.19.

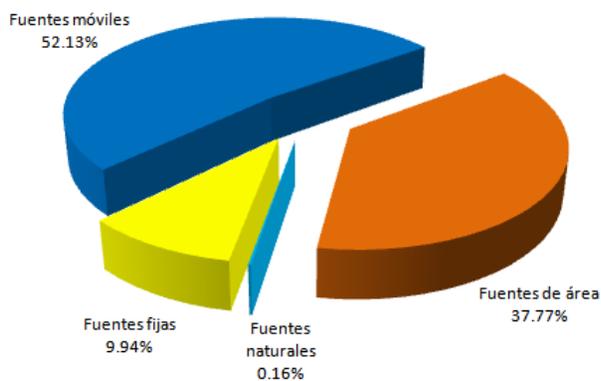


Figura 3.19 Distribución porcentual de emisiones de GEI, por categoría.

Se puede observar que al igual que en el inventario de emisión de contaminantes criterio, las fuentes móviles generan más del 50% de las emisiones de GEI. Seguido por las fuentes de área con 37% y móviles con cerca del 10%, finalmente las fuentes naturales aportan menos del 1%.

En su mayoría estas emisiones provienen de la quema de combustibles fósiles en las diferentes categorías. Sin embargo en el caso particular de la industria de cemento y cal, se contabilizan también las emisiones de CO₂ generadas por procesos de reducción durante la producción de cal.

Tabla 3.18 Inventario de emisiones de GEI

Categoría / Subcategoría	ton CO ₂ eq
Petróleo y petroquímica	290,424
Química	61,647
Pinturas y tintas	859
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	507,287
Automotriz	95,825
Celulosa y papel	10,174
Cemento y cal	153,611
Generación de energía eléctrica	205,038
Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	77,626
Fabricación de artículos y productos metálicos	8,257
Fabricación de productos y artículos de plástico	20,755
Industria alimenticia	465,653
Industria textil	107,696
Lavandería industrial	30,262
Fuentes fijas	2,044,265
Autobuses de transporte urbano	30,708
Autos particulares (tipo sedán)	2,452,197
Camionetas de transporte público de pasajeros (combis)	55,132
Camionetas Pick-up	961,508
Motocicletas	24,269
Tractocamiones	699,009
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	864,829
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	5,227,148
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbuses)	405,792
Fuentes móviles	10,720,591
Combustión industrial	1,048,997
Combustión comercial	3,955,861
Combustión agrícola	66,300
Combustión doméstica	2,697,309
Fuentes de área	7,768,467
Biogénicas	33,260
Fuentes naturales	33,260

3.5. Balance energético estatal

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 2008-2010.

Este estudio se adapta a la estructura empleada en el Balance Nacional de Energía publicado por la SENER. Esto 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 un contexto local.

3.5.1 Estructura del Balance Estatal

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, diésel, combustóleo, gas seco y electricidad.

Estas fuentes de energía son cuantificadas para un total de 13 procesos, que para su análisis se clasifican en 4 secciones que se listan 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 (\pm), salidas (-), energía no aprovechada (-).
2. **Total de transformación (\pm):** 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 ecuación siguiente ecuación:

$$\{\text{Energía disponible}\} = \{\text{Transformación}\} + \{\text{Consumo del sector energ.}\} + \{\text{Consumo final total}\}$$

3.5.2 Resultados

El resultado del Balance Energético Estatal para el año 2010, se presentan de forma cuantitativa en las matrices de las tabla 3.19 y 3.20. Pueden observarse los valores para cada uno de los procesos que atraviesan las fuentes de energía.

El diagrama de Sankey de la figura 3.20, presenta de forma cualitativa y cuantitativa el resultado del balance estatal para el año 2010. En esta imagen se aprecia el flujo de fuentes de energía, dependiendo el sector de consumo final al que se destinan. De igual forma, puede apreciarse el origen de dichas fuentes.

petajoules	Carbón	Petróleo crudo	Condensados	Gas natural	Núcleo-energía	Hidro-energía	Geo-energía	Energía edificia	Bagazo de caña	Leña	Total de energía primaria
Oferta interna bruta	0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	2.504	1.173	0.000	3.318	23.014	30.417
Producción	0.000	27.078	0.000	8.109	0.000	2.504	1.173	0.000	3.318	23.014	65.186
Entradas	0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.408
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	-27.078	0.000	-8.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-35.187
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	-2.504	-1.173	0.000	0.000	0.000	-3.677
Cocinizadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Refinerías y desputadoras	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	-2.504	-1.173	0.000	0.000	0.000	-3.677
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	-0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.318	-23.014	-26.740
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	-0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.318	-23.014	-26.740
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-23.014	-23.014
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	-0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.318	0.000	-3.726
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	0.000	0.000

Tabla 3.19 Matriz del Balance energético estatal 2010
Energía primaria en petajoules (PJ).

petajoules	Coque de carbón	Coque de petróleo	Gas LP	Gasolinas y naftas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Gas seco	Electricidad	Total de energía secundaria	Total
Oferta interna bruta	1.283	7.962	40.602	61.947	0.692	23.039	2.659	52.126	15.877	206.187	236.604
Producción	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.196
Entradas	1.283	7.962	40.698	61.872	0.692	22.921	2.659	52.126	15.877	206.090	206.498
Variación de inventarios	0.000	0.000	-0.096	0.075	0.000	0.117	0.000	0.000	0.000	0.097	0.097
Salidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-35.187
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	-17.767	12.389	-5.378	-9.055
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	-17.767	12.389	-5.378	-9.055
Consumo propio del sector	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.047	0.000	-6.093	-0.250	-6.390	-6.390
Perdidas (transp., alm. y dist.)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.267	-2.267	-2.267
Consumo final total	-1.283	-7.962	-40.602	-61.947	-0.692	-23.039	-2.659	-27.648	-25.755	-191.589	-218.329
Consumo final no energético	0.000	0.000	-0.041	-2.257	0.000	0.000	0.000	-0.618	0.000	-2.916	-2.916
Petroquímica de Pemex	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.618	0.000	-0.618	-0.618
Otras ramas económicas	0.000	0.000	-0.041	-2.257	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.298	-2.298
Consumo final energético	-1.283	-7.962	-40.561	-59.690	-0.692	-23.039	-2.659	-27.031	-25.755	-188.672	-215.413
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	-34.558	0.000	-0.048	-0.131	0.000	-7.233	-8.883	-50.852	-73.866
Transporte	0.000	0.000	-3.969	-59.690	-0.643	-20.991	0.000	-0.088	0.000	-85.382	-85.382
Agropecuario	0.000	0.000	-0.610	0.000	-0.001	-0.249	0.000	0.000	-0.953	-1.813	-1.813
Industrial	-1.283	-7.962	-1.424	0.000	0.000	-1.668	-2.659	-19.709	-15.919	-50.625	-54.351
Producción bruta de energía secundaria	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.389	12.389	12.389
Diferencia estadística	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.563

Tabla 3.20 Matriz del Balance energético estatal 2010
Energía secundaria en petajoules (PJ).

28 % Producción

Petróleo crudo 27.078
Gas natural 8.109

Hidroenergía 2.504
Geoenergía 1.173

Bagazo de caña 3.318
Leña 23.014

72 % Entradas

Gas seco 51.508

Querosenos 0.692

Variación de Inventarios 0.096 Gas LP 40.698

Variación de Inventarios 0.075 Gasolinas y naftas 61.872

Variación de Inventarios 0.117 Diésel 22.921

Combustóleo 2.659

Carbón 0.408

Coque de carbón 1.283

Coque de petróleo 7.962

Entradas 15.877

Electricidad disponible 25.755

Centrales eléctricas 21.444

Pérdidas por transformación 12.389

Salidas 35.187

Consumo propio y pérdidas 9.221

No energético 2.916

Residencial, comercial y público 73.866

Agropecuario 1.813

Transporte 85.382

Industrial 54.351

4.05%

1.30%

32.40%

0.80%

37.55%

23.90%

$$\begin{array}{r}
 \boxed{65.196} + \boxed{206.498} + \boxed{0.097} - \boxed{35.187} - \boxed{0} - \boxed{9.055} - \boxed{9.221} - \boxed{218.329} = \boxed{0} \\
 \text{Producción} \quad \text{Entradas} \quad \text{Variación de inventarios} \quad \text{Salidas} \quad \text{No aprovechado} \quad \text{Transformación neta} \quad \text{Consumo propio y pérdidas} \quad \text{Consumo final}
 \end{array}$$

Figura 3.20 Diagrama de Sankey.

Balance energético estatal 2010, en petajoules (PJ)

3.5.3 Análisis

Considerando los procesos existentes en el Estado de Puebla, la descripción energética estatal se basa en el análisis de los procesos de producción, consumo final total y transformación en centrales eléctricas. Esto permite evaluar el nivel de autosuficiencia energética del Estado de Puebla. Finalmente se analiza la correlación del sector energético con factores económicos.

Producción

En la Tabla 3.21 se observan las fuentes de energía primaria en el Estado de Puebla, así como el porcentaje de cada una de ellas respecto a la producción anual total.

La evolución anual de la producción energética estatal se muestra en la Figura 3.21. El descenso más notable es en la hidroenergía, esto debido a la desaparición de Luz y Fuerza de Centro, quien generaba electricidad a partir de 4 centrales hidroeléctricas (Necaxa ubicada en el municipio de Juan Galindo, Patla en Zihuateutla, Tepexic en Tenango y Tezcapa en Huauchinango).

La estructura porcentual de la producción anual se muestra en la Figura 3.22. Se observa que la principal fuente es el petróleo crudo, constituyendo en promedio 39% de la producción. En segundo lugar se encuentra la leña, promediando 37% de la producción durante el periodo de estudio.

Tabla 3.21 Producción de energía primaria en petajoules.

Petajoules	Producción de Energía (primaria)			Estructura porcentual		
	2008	2009	2010	2008 %	2009 %	2010 %
Hidroenergía	5.104	2.036	2.504	8.8	3.2	3.8
Geoenergía	1.128	1.169	1.173	1.9	1.8	1.8
Petróleo crudo	20.432	24.543	27.078	35.1	38.8	41.5
Gas natural	5.029	9.269	8.109	8.6	14.7	12.4
Bagazo de caña	3.246	2.983	3.318	5.6	4.7	5.1
Leña	23.342	23.186	23.014	40.1	36.7	35.3
Total	58.281	63.186	65.196			

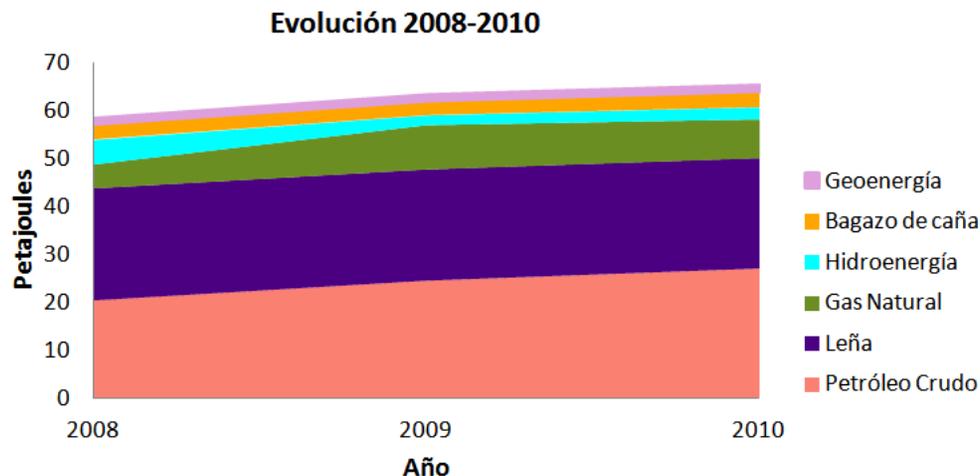


Figura 3.21 Evolución anual de la producción de energía primaria,

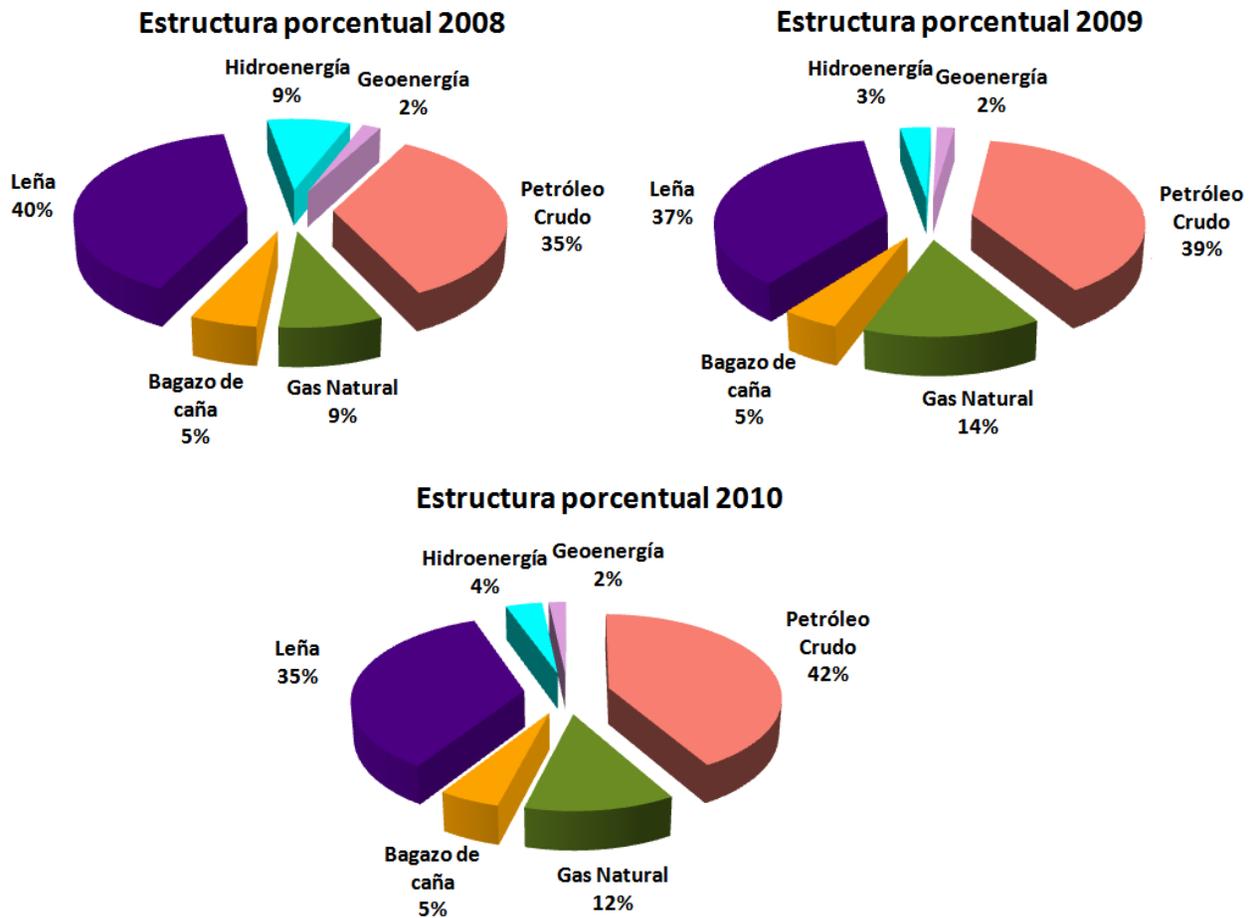


Figura 3.22 Estructura porcentual de la producción anual de energía primaria.

En el Estado de Puebla no se produce la 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,

incluyendo la generación eléctrica. Se observa que el porcentaje con que la producción estatal contribuye a la oferta interna bruta aumenta de 27% en 2008 a 29% en 2009 y vuelve a disminuir a 28% en 2010 (Figura 3.23).

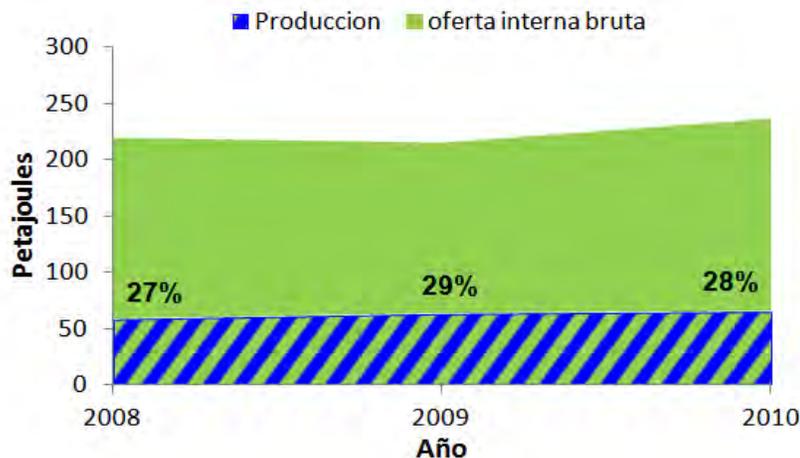


Figura 3.23 Porcentaje de la oferta interna bruta cubierto con producción estatal.

Las franjas azules constituyen la producción, el fondo verde representa la oferta bruta total.

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

Combustible (Petajoules)	Producción de energía			Entradas			Energía disponible		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Carbón				0.375	0.373	0.408	0.38	0.37	0.41
Petróleo crudo	20.432	24.54	27.078				20.43	24.54	27.08
Gas natural	5.029	9.269	8.109				5.03	9.27	8.11
Hidroenergía	5.104	2.036	2.504				5.10	2.04	2.50
Geoenergía	1.128	1.169	1.173				1.13	1.17	1.17
Bagazo	3.246	2.983	3.318				3.25	2.98	3.32
Leña	23.342	23.186	23.014				23.34	23.19	23.01
C. de carbón				1.394	1.192	1.283	1.39	1.19	1.28
C. de petróleo				7.446	7.203	7.962	7.45	7.20	7.96
Gas LP				32.876	36.594	40.698	32.79	36.77	40.60
Gasolinas y n.				57.511	54.753	61.872	57.50	54.74	56.70
Querosenos				0.798	0.615	0.692	0.80	0.61	0.64
Diésel				24.184	22.678	22.921	24.18	22.68	22.92
Combustóleo				2.654	2.396	2.659	2.65	2.40	2.66
Gas seco				37.905	36.455	51.508	37.90	36.46	51.51
Electricidad				20.340	22.679	15.877	28.35	27.33	28.27
Total	58.28	63.19	65.20	185.48	184.94	205.88	251.68	252.94	278.15

Consumo final total

En el Estado de Puebla el consumo final de energía para el año 2008 fue de 205.120 PJ, cifra que disminuyó 2% durante el año 2009 a 201.343 PJ, caso contrario a 2010 en donde este consumo aumenta a 8%, reportándose 218.329 PJ. En la Tabla 3.23 se muestran las cifras anuales de todas las fuentes de energía utilizadas en el Estado de Puebla, así como el porcentaje que representa cada una respecto del total.

La estructura porcentual del consumo energético anual se ilustra en las gráficas de la Figura 3.24. Las fuentes de energía de mayor relevancia son las gasolinas, que representan en promedio 28% del consumo anual; el gas LP promedia 18%; y el gas

seco promedia el 12% del consumo final total durante el periodo de estudio.

En la figura 3.25 se muestra la evolución anual del consumo de cada una de las fuentes de energía. La disminución en el consumo de energía de 2008 a 2009 se puede deber tanto a la recesión económica¹, como a las políticas de ahorro energético².

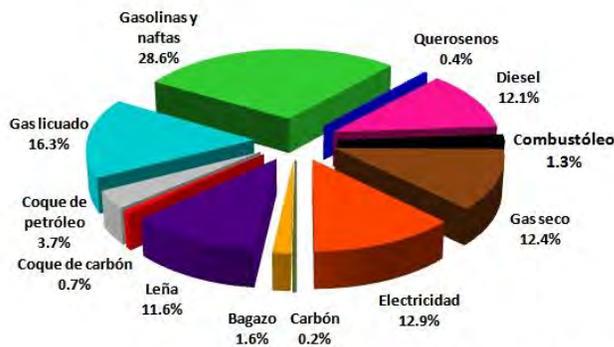
¹ Reloj de los ciclos económicos de México, INEGI.

² Balance Nacional de Energía 2009, Sener.

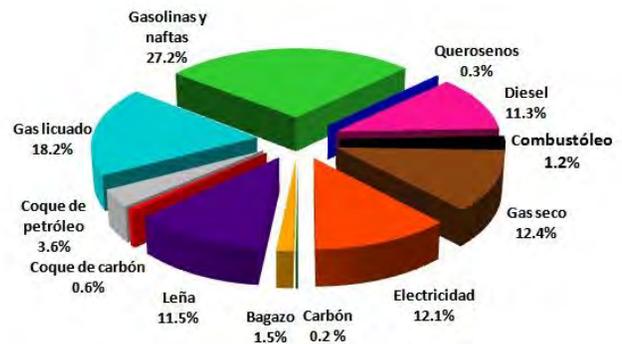
Tabla 3.23 Consumo final de energía en petajoules.

Combustible (Petajoules)	Consumo final de energía			Estructura porcentual		
	2008	2009	2010	2008 %	2009 %	2010 %
Carbón	0.375	0.373	0.408	0.19	0.19	0.19
Bagazo	3.246	2.983	3.318	1.61	1.48	1.52
Leña	23.342	23.186	23.014	11.59	11.52	10.54
Coque de carbón	1.394	1.192	1.283	0.69	0.59	0.59
Coque de petróleo	7.446	7.203	7.962	3.70	3.58	3.65
Gas licuado	32.878	36.681	40.602	16.33	18.22	18.60
Gasolinas y naftas	57.665	54.784	61.947	28.64	27.21	28.37
Querosenos	0.798	0.615	0.692	0.40	0.31	0.32
Diésel	24.343	22.651	23.039	12.09	11.25	10.55
Combustóleo	2.654	2.396	2.659	1.32	1.19	1.22
Gas seco	24.928	24.893	27.648	12.38	12.36	12.66
Electricidad	26.051	24.386	25.755	12.94	12.11	11.80
Total	205.12	201.343	218.329			

Estructura porcentual 2008



Estructura porcentual 2009



Estructura porcentual 2010

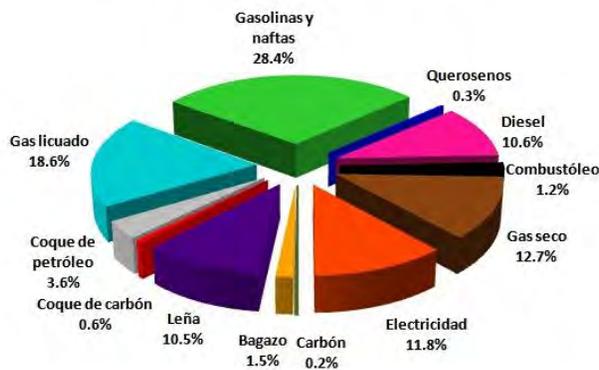


Figura 3.24 Estructura porcentual del consumo energético final total.

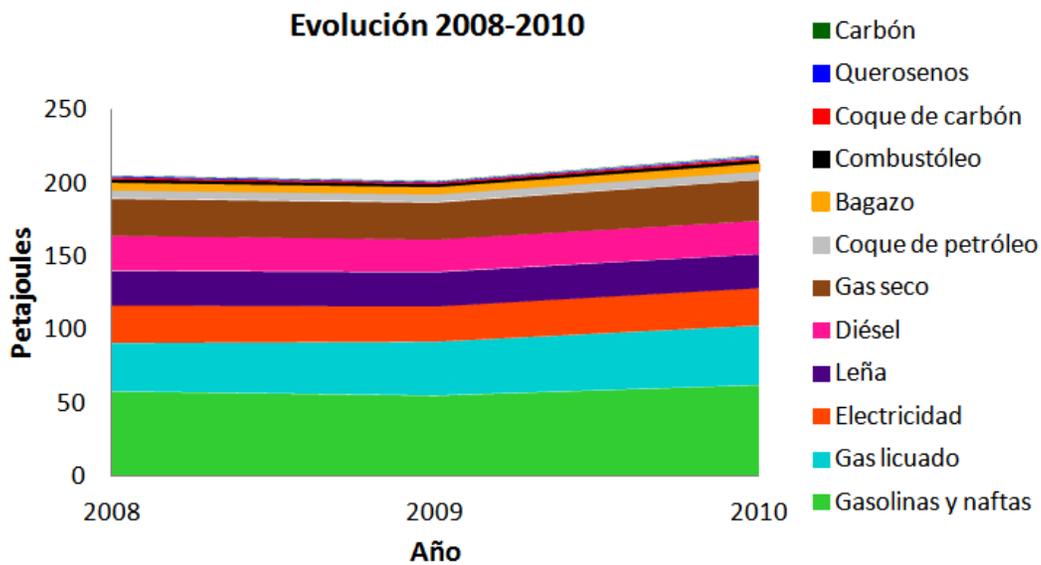


Figura 3.25 Evolución anual del consumo final de energía.

Transformación en centrales eléctricas

En la Tabla 3.24 se presenta la información estadística anual referente a los procesos eléctricos en el Estado de Puebla.

Es preciso resaltar que la generación eléctrica estatal sólo satisfizo la demanda en el Estado en un 30%, durante el periodo de estudio. El valor

máximo se alcanzó en 2010, tanto en la cobertura de la demanda como en la generación estatal de electricidad en términos absolutos (Figura 3.26).

En 2009 se presentó una disminución de la generación estatal, que coincide con un descenso en la demanda de energía eléctrica, como se observa en la Figura 3.27.

Tabla 3.24 Procesos estatales de la electricidad en petajoules.

Petajoules	2008	2009	2010
Generación	8.014	4.654	12.389
Intercambio neto	20.340	22.679	15.877
Consumo propio	0.095	0.109	0.243
Pérdidas por distribución	1.626	2.281	1.700
Consumo final	26.051	24.386	25.755
Demanda estatal	27.772	26.777	27.698

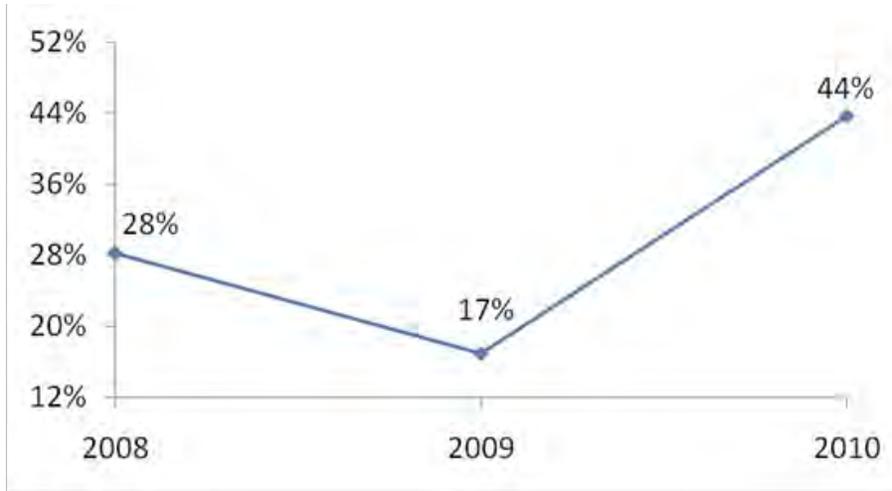


Figura 3.26 Porcentaje de la demanda de electricidad cubierta con generación estatal.

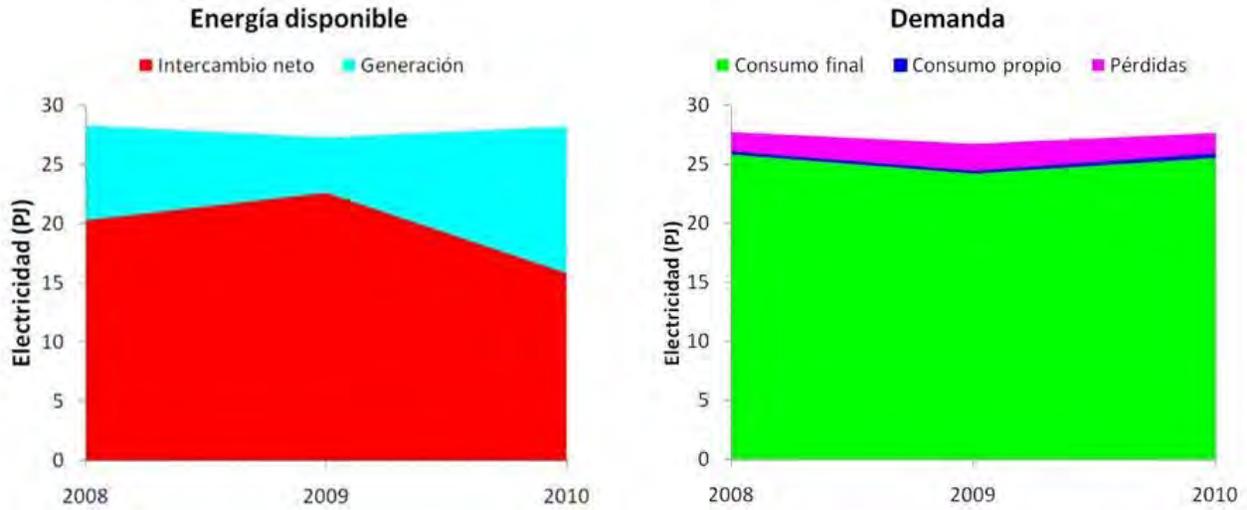


Figura 3.27 Evolución anual de la energía disponible y la demanda de energía

3.6 Conclusiones y recomendaciones

La estructura del Inventario de Emisiones permite visualizar la aportación de contaminantes de cada sector, y encontrar las áreas de oportunidad donde es posible incidir.

Sector Industrial.

Se reporta un alto consumo de Bagazo de Caña en los ingenios y debido a que se considera una energía renovable, se recomienda desarrollar los elementos de control adecuados que eviten la generación de partículas.

Debido al alto consumo de combustóleo en la industria de competencia estatal, es necesario desarrollar y difundir las estrategias de reingeniería que permitan el uso de energías menos contaminantes.

Sector Fuentes de Área.

Debido a la cantidad de emisiones registradas por combustión doméstica de leña, se hace necesario promover el uso de estufas ecológicas que permitan aumentar la eficiencia de la combustión.

Como resultado de las emisiones por combustión comercial que utilizan gas LP, como panaderías, tortillerías y tintorerías, se recomienda evaluar la posibilidad de convertir sus sistemas para el uso de gas natural y la promoción del uso de calentadores solares.

Asimismo en instalaciones que manejan residuos o cargas orgánicas altas, se puede fomentar la aplicación de tecnologías que permitan la generación y aprovechamiento de biogás, ya sea como combustible directo o en la generación de energía eléctrica.

Sector Fuentes Móviles.

De los datos obtenidos para el parque vehicular por municipios, la Zona Metropolitana del Valle de Puebla tiene la mayor cantidad de vehículos registrados (44 %) y con menores porcentajes los municipios de Tehuacán, Texmelucan, San Andrés Cholula, Cuautlancingo, Cholula y Acatlán.

Con el parque vehicular más reciente, destaca el municipio de Cuautlancingo con el 60% de años modelo de 2005 en adelante. Contrario a esto, en el resto del Estado predominan los modelos 1981 y anteriores. Por lo anterior, es importante fomentar la actualización de los vehículos por medio de programas de *deschatarización*.

Debido al alto porcentaje de vehículos en la ZMVP y la zona conurbada (Cholula), se hace evidente la necesidad de transportes masivos de mayor eficiencia, que conecten los diferentes puntos de la ciudad con las poblaciones cercanas.

De los análisis de las proyecciones, que pueden consultarse en el documento extenso, se concluye que una reducción en el consumo de combustibles fósiles en los diferentes sectores, contribuiría con una reducción de emisiones.



4

La incidencia de la contaminación
del aire sobre la salud
de la población y el medio ambiente

4. La incidencia de la contaminación del aire sobre la salud de la población y el ambiente

4.1. Contaminación del aire y salud

Estudios experimentales realizados tanto en animales como en seres humanos, así como un gran número de estudios epidemiológicos, han demostrado que los niveles actuales de contaminación atmosférica de origen antropogénico producen enfermedad y mortalidad en los seres humanos (Pope & Dockery, 2006).

Los contaminantes que más se relacionan con efectos nocivos en la salud son el O_3 , NO_x , SO_2 , CO , $PM_{2.5}$ y PM_{10} .

Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pueden presentarse a corto plazo, es decir, los efectos que se producen horas o días después de la exposición, o bien, a largo plazo que se producen meses o años después de la exposición a los contaminantes.

Según la debilidad y la susceptibilidad de los sujetos, los niveles actuales de contaminación atmosférica en las áreas urbanas producen efectos a corto plazo, que varían desde molestias menores, reducción de la función pulmonar o síntomas respiratorios leves, hasta efectos respiratorios y cardiovasculares graves, como reagudizaciones de las crisis asmáticas, bronquitis crónica o incluso podrían desencadenar arritmias, infartos al miocardio y apoplejías.

Se ha observado que a medida que aumentan los niveles de contaminación, también aumenta el número de consultas médicas, las consultas de urgencias e ingresos hospitalarios asociados a estas afecciones. El desenlace clínico más grave que puede llegar a ocasionar la contaminación atmosférica es la muerte.

Las tasas de mortalidad también aumentan gradualmente a medida que se deteriora la calidad del aire, puesto que estos efectos no se originan sólo durante los episodios más graves de contaminación atmosférica (contingencia ambiental), sino en todos los niveles de

contaminación. No se dispone de datos que demuestren la existencia de “niveles seguros” de contaminación atmosférica.

La exposición diaria y a largo plazo a contaminación atmosférica, también facilita la aparición de cambios fisiopatológicos crónicos y enfermedades crónicas que, en última instancia, reducen la esperanza de vida.

Diversos estudios realizados tanto en Estados Unidos como en Europa, confirman que los niveles actuales de contaminación atmosférica en zonas urbanas, reducen la esperanza de vida (Krewski, 2005). Asimismo, cada vez hay más estudios que sugieren que las personas que residen cerca de calles muy transitadas, pueden sufrir más efectos perjudiciales para la salud, incluidas el asma y la muerte (McConnell, 2006) (Gauderman, 2007).

Todavía quedan muchas preguntas por resolver que se están investigando en el ámbito internacional. Se incluyen investigaciones sobre los mecanismos que provocan los efectos en la salud observados, así como la caracterización de los factores y fuentes más relevantes del ámbito toxicológico.

De igual manera, se han efectuado diversos estudios experimentales que confirman la participación de numerosas vías fisiopatológicas que causan los daños celulares observados por la contaminación atmosférica (Nel, 2005). En consecuencia, en los últimos años han aumentado considerablemente los datos que apoyan la existencia de efectos adversos sobre la salud por la contaminación atmosférica. El uso de estos datos en las valoraciones de los riesgos ha ido extendiéndose cada vez más.

4.2. Efectos a la salud por contaminantes

Los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos donde se han reportado efectos nocivos a la salud, se presentan en las tablas 4.1 y 4.2. La primera muestra los publicados en las Guías de Calidad del Aire (GCA) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), mientras que la segunda los de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Tabla 4.1 Niveles recomendados según las guías de calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud.

Contaminante	Niveles recomendados por la OMS	
O ₃	100 µg/m ³ de media en 8h	
NO ₂	40 µg/m ³ de media anual	200 µg/m ³ de media en 1h
SO ₂	20 µg/m ³ de media en 24h	500 µg/m ³ de media en 10 min
PM _{2.5}	10 µg/m ³ de media anual	25 µg/m ³ de media en 24h
PM ₁₀	20 µg/m ³ media anual	50 µg/m ³ de media en 24h

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

Tabla 4.2 Límites normados para los contaminantes del aire en México.

Contaminante	Límites			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo para el promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo para el promedio	
Partículas suspendidas totales (PST)	210 µg/m ³ (24 horas)	-	-	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993
PM ₁₀	120 µg/m ³ (24 horas)	2% de datos diarios en un año	50 µg/m ³ (promedio anual)	
PM _{2.5}	65 µg/m ³ (24 horas)	2% de datos diarios en un año	15 µg/m ³ (promedio anual)	
O ₃	0.11 ppm (216 µg/m ³) (1 hora)	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993
	0.08 ppm (8 horas)	4 veces en un año	-	
SO ₂	0.11 ppm (288 µg/m ³) (24 horas)	1 vez al año	0.025 ppm (66 µg/m ³) (promedio anual)	NOM-022-SSA1-2010
	0.200 ppm (524 µg/m ³) (1 hora)	2 veces al año		
CO	11 ppm (1,2595 µg/m ³) (8 horas)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993
NO ₂	0.21 ppm (395 µg/m ³) (1 hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993

4.2.1. Ozono (O₃)

El O₃ se forma en la atmósfera mediante reacciones fotoquímicas en presencia de luz solar y contaminantes precursores, como los NO_x y diversos COV. Se destruye en reacciones con el NO₂ y se deposita en el suelo. En estudios se ha demostrado que hay una correlación entre las concentraciones de O₃ y las de otros oxidantes fotoquímicos tóxicos procedentes de fuentes semejantes. Las concentraciones hemisféricas de fondo de O₃ troposférico presentan variaciones en el tiempo y en el espacio, pero pueden alcanzar niveles medios de alrededor de 80 µg/m³ en ocho horas. Éstas proceden de emisiones tanto

antropogénicas como biogénicas (por ejemplo, COV de la vegetación) de precursores del O₃ y de la intrusión descendente del O₃ estratosférico hacia la troposfera.

El valor guía propuesto por la OMS (tabla 4.1), se puede superar en ocasiones debido a causas naturales. A medida que aumentan las concentraciones de O₃ por encima del valor guía de la OMS, los efectos en la salud de la población son cada vez más numerosos y graves.

Desde la publicación de la segunda edición de las GCA de la OMS para Europa (OMS, 2000), es poca la información adicional, que se ha obtenido a

partir de estudios de laboratorio (experimentales) o de campo, acerca de los efectos del O_3 en la salud.

Sin embargo, los estudios epidemiológicos de series cronológicas que se han realizado recientemente han encontrado nuevas pruebas sobre los efectos del O_3 en la salud. Estos estudios considerados en conjunto evidencian asociaciones positivas, pequeñas pero convincentes, entre la mortalidad diaria y los niveles de O_3 , que son independientes de los efectos de las partículas suspendidas. Se han observado asociaciones análogas tanto en América del Norte como en Europa.

Estos últimos estudios de series cronológicas han demostrado que se producen efectos en la salud con concentraciones de O_3 por debajo del valor recomendado en un principio por la OMS ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero no se dispone de pruebas claras para un umbral. Los resultados, junto con las pruebas obtenidas en estudios tanto de laboratorio como de campo, que indican una variación individual considerable en la respuesta al O_3 , ilustran bien la reducción de la GCA de la OMS para el O_3 , de 120 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para una media máxima diaria de ocho horas (OMS, 2006).

Es posible que en algunas personas sensibles se registren efectos en la salud con concentraciones por debajo del nuevo nivel guía de la OMS (OMS, 2006). Hay algunos datos que parecen indicar que la exposición prolongada al O_3 puede tener efectos crónicos, pero no son suficientes para recomendar un valor guía anual.

En México se han reportado dos estudios que sugieren un incremento del riesgo de mortalidad en los niños, asociado a la exposición al O_3 en el área metropolitana de la ciudad de México (Borja-Aburto *et al.*, 1997; Carbajal-Arroyo *et al.*, 2011). Otros estudios realizados también en la ciudad de México han sugerido una relación entre la exposición a O_3 y crisis asmáticas en niños (Ramírez-Aguilar, 2008) y una relación entre la exposición al O_3 y la disfunción pulmonar en niños (Rojas-Martínez, 2007).

En un estudio realizado en Ciudad Juárez también se reportó una asociación entre la exposición al O_3 y el incremento en el número de visitas médicas

por causas respiratorias en niños (Hernández-Cadena, 2007). También se han reportado estudios experimentales que relacionan la exposición al O_3 y el aumento del riesgo para padecer influenza H1N1 (Kesic, 2012).

La OMS ha recomendado mejorar la calidad del aire y para lograr los objetivos de las GCA ha propuesto fases de adaptación, hasta llegar a los niveles necesarios para reducir de forma significativa los impactos de la contaminación en la salud. Estas fases de adaptación son conocidas también como objetivos intermedios (OI), en los cuales, la reducción de la contaminación ambiental se da de forma paulatina y las intervenciones locales pueden tener objetivos escalonados, hasta obtener los niveles de calidad de aire referidos por la OMS.

El nivel del objetivo intermedio de ocho horas para el O_3 se ha establecido en $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración con la que se registraron cambios mensurables, aunque transitorios, en la función pulmonar y la inflamación de los pulmones en pruebas controladas de laboratorio con adultos jóvenes sanos que realizaban ejercicio intermitente (OMS, 2006).

Cabe mencionar que tanto los adultos sanos como los asmáticos, experimentan una reducción considerable de la función pulmonar, así como inflamación de las vías respiratorias, que provocaría síntomas y alteraría su rendimiento. Hay también otros motivos de preocupación por el aumento de la morbilidad respiratoria en los niños.

4.2.2. Dióxido de nitrógeno (NO_2)

Como contaminante del aire, el NO_2 tiene múltiples impactos, que a menudo resultan difíciles y en ocasiones imposibles de separar entre sí: 1) Los estudios experimentales realizados con animales y con personas, indican que el NO_2 , en concentraciones de corta duración superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es un gas tóxico con efectos importantes en la salud; 2) el NO_2 se ha utilizado en numerosos estudios epidemiológicos como marcador de la mezcla de contaminantes relacionados con la combustión, en particular los que emiten el tráfico por carretera o las fuentes de combustión en

espacios cerrados. En estos estudios, los efectos observados en la salud se podrían haber asociado también con otros productos de la combustión, como el óxido nitroso (NO), las partículas menores (PM) o el benceno. 3) La mayor parte del NO₂ atmosférico se emite en forma de NO, que se oxida rápidamente a NO₂ por acción del O₃. El NO₂ es, en presencia de hidrocarburos y radiación ultravioleta, la principal fuente de O₃ troposférico y de aerosoles de nitratos, que constituyen una fracción importante de la masa de PM_{2.5} del aire. Los valores para proteger a la población de los efectos del NO₂ gaseoso en la salud, recomendados por la OMS y las NOM, se muestran en las tablas 4.1 y 4.2.

Exposiciones de corta duración. En varios estudios experimentales de toxicología humana de corta duración, se han notificado efectos agudos en la salud tras la exposición a concentraciones de más de 500 µg/m³ de NO₂ durante una hora. El nivel más bajo de exposición al NO₂ que ha mostrado un efecto directo en la función pulmonar de los asmáticos en más de un laboratorio es de 560 µg/m³. Los estudios realizados sobre la capacidad de respuesta bronquial en los asmáticos parecen indicar que aumenta con niveles superiores a 200 µg/m³, valor actual de las GCA de la OMS (tabla 4.1).

En México se ha reportado un estudio en la ciudad de Mexicali, Baja California, donde se sugiere un incremento en el riesgo de mortalidad por la exposición aguda a incrementos agudos en la concentración de NO₂ (Reyna *et al.*, 2012).

Exposición prolongada. Todavía no se cuenta con una base sólida que permita establecer un valor guía medio anual para el NO₂ mediante cualquier efecto tóxico directo. Sin embargo, se han obtenido pruebas que aumentan la preocupación por los efectos en la salud asociados con mezclas de contaminación del aire de espacios abiertos que contienen NO₂. Por ejemplo, se ha comprobado en estudios epidemiológicos que los síntomas de bronquitis de los niños asmáticos aumentan en asociación con la concentración anual de NO₂ y que el menor aumento de la función pulmonar en los niños está vinculado a concentraciones elevadas de NO₂ en comunidades ya sometidas a los niveles actuales en el medio ambiente urbano de América del Norte y Europa (OMS, 2006).

En varios estudios publicados recientemente se ha demostrado que el NO₂ puede tener una variación espacial superior a la de otros contaminantes del aire relacionados con el tráfico vehicular. En otros estudios realizados en espacios cerrados, se han obtenido pruebas de efectos en los síntomas respiratorios de los lactantes con concentraciones de NO₂ por debajo de 40 µg/m³.

En México se ha reportado un estudio que sugiere la relación entre la exposición crónica (más de 3 años) a NO₂ y la aparición de alteraciones en la función pulmonar de niños en la ciudad de México (Rojas-Martínez *et al.*, 2007). En la ciudad de Guadalajara también se ha reportado un estudio que asocia la exposición a NO₂ y el incremento de infecciones de vías respiratorias en niños menores de 5 años (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2006)

4.2.3. Dióxido de azufre (SO₂)

Exposiciones de corta duración. Los estudios controlados realizados con asmáticos que realizaban actividad física, indican que algunos de ellos experimentaron cambios en la función pulmonar y los síntomas respiratorios tras periodos de exposición al SO₂ de apenas 10 minutos. Debido a que la exposición breve al SO₂ depende en gran medida de la naturaleza de las fuentes locales y las condiciones meteorológicas predominantes, no es posible aplicar un factor sencillo a este valor con el fin de estimar los valores guía correspondientes durante periodos de tiempo más prolongados, como por ejemplo una hora.

Exposiciones prolongadas (más de 24 horas). Las estimaciones iniciales de los cambios cotidianos en la mortalidad, la morbilidad o la función pulmonar en relación con las concentraciones medias de SO₂ durante 24 horas, se basaban necesariamente en estudios epidemiológicos en los que la población estaba normalmente expuesta a una mezcla de contaminantes. En la segunda edición de las GSA para Europa (OMS, 2000) se señaló que los estudios epidemiológicos posteriores documentaban efectos adversos en la salud pública separados e independientes para las PM y el SO₂, como consecuencia de lo cual se estableció para este último una guía de calidad del aire de la OMS separada de 125 µg/m³ (media de 24 horas).

Entre otras pruebas figura un estudio realizado en Hong Kong (Hedley *et al.*, 2002), en el que se ha vinculado una reducción significativa de azufre en los combustibles, con una reducción sustancial de los efectos en la salud.

Tanto en Alemania (Wichmann *et al.*, 2000) como en los Países Bajos (Buringh, Fisher & Hoek, 2000) se registró una fuerte reducción de las concentraciones de SO₂ durante un decenio, pero, aunque la mortalidad también se redujo con el paso del tiempo, no se consideró que hubiera una asociación causal entre el SO₂ y la mortalidad, atribuyéndose en cambio la disminución de ésta, a una tendencia temporal semejante relacionada con un contaminante distinto (PM₁₀).

Un estudio reciente reporta un incremento en el riesgo de morir relacionado con la exposición aguda a SO₂ en la ciudad de Mexicali, Baja California (Reyna *et al.*, 2012). En la ciudad de México también se ha reportado una asociación entre mortalidad y exposición a SO₂ (Borja-Aburto *et al.*, 1997)

No es necesaria una guía anual, puesto que si se respeta el nivel de 24 horas se garantizan unos niveles medios anuales bajos. Dado que la guía de la OMS (OMS, 2006) de 24 horas puede resultar para algunos países bastante difícil de conseguir a corto plazo, se recomienda un proceso escalonado con objetivos intermedios, como se ha mencionado para otros contaminantes. Por ejemplo, el Estado de Puebla podría comenzar a aplicar el valor guía mediante el control de las emisiones de una fuente importante en un momento determinado, eligiendo entre las fuentes los vehículos de motor, las industrias y las plantas generadoras de energía (lo que permitiría conseguir los mayores efectos en los niveles de SO₂ con el menor costo) y hacer un seguimiento mediante la vigilancia de la salud pública y los niveles de SO₂, a fin de comprobar las mejoras de los efectos en la salud. La demostración de beneficios para la salud debería constituir un incentivo para imponer controles sobre la siguiente categoría de fuentes importantes.

4.2.4. Partículas suspendidas menores de 10 y 2.5 µm (PM₁₀ y PM_{2.5})

Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud. En realidad, el nivel más bajo de la gama de concentraciones para las cuales se han demostrado efectos adversos no es muy superior a la concentración de fondo, que para las PM_{2.5} se ha estimado en 3-5 µg/m³, tanto en los Estados Unidos como en Europa occidental.

Las pruebas epidemiológicas ponen de manifiesto efectos adversos de las PM tras exposiciones, tanto breves como prolongadas. Puesto que no se han identificado umbrales y dado que hay una variabilidad sustancial en la exposición y en la respuesta a una exposición determinada, es poco probable que una norma o un valor guía ofrezcan una protección completa a la salud de todas las personas frente a todos los posibles efectos adversos de las partículas suspendidas.

Los sistemas más habituales de vigilancia de la calidad del aire producen datos basados en la medición de las PM₁₀ (como es el caso del Estado de Puebla), en contraposición a otros tamaños de partículas suspendidas. En consecuencia, la mayoría de los estudios epidemiológicos utilizan las PM₁₀ como indicador de la exposición. El PM₁₀ representa la masa de las partículas que entran en el sistema respiratorio y además incluye tanto las partículas gruesas (de un tamaño comprendido entre 2.5 y 10 µ) como las finas (menores a 2.5 µ, PM_{2.5}), que se considera contribuyen a los efectos en la salud observados en los entornos urbanos.

Aunque las PM₁₀ son la medida más notificada y también el indicador de interés para la mayoría de los datos epidemiológicos (aunque existe una creciente investigación basada en PM_{2.5} y partículas ultra finas), las GCA de la OMS para las PM se basan en estudios que utilizan el PM_{2.5} como indicador (OMS, 2006), por lo que al establecer normas locales y suponiendo que se disponga de los datos pertinentes, se puede emplear una razón PM_{2.5}/PM₁₀ que refleje mejor las condiciones locales.

Exposiciones prolongadas. En el estudio de la ACS (Pope *et al.*, 2002), el valor guía para PM_{2.5} (tabla 4.1), representa el extremo inferior de la gama en la que se observaron efectos significativos en la supervivencia. La adopción de una guía en este nivel concede un valor importante a los estudios de exposición prolongada que utilizan los datos de la ACS. En estudios realizados en seis ciudades de Estados Unidos (Dockery *et al.*, 1993; Pope *et al.*, 1995; HEI, 2000; Pope 2002; Jerrett 2005), se notificaron asociaciones estrechas entre la exposición prolongada a las PM_{2.5} y la mortalidad. La concentración media histórica de PM_{2.5} en estos estudios (Portage, Topeka, Harriman, Watertown, St. Luis y Steubenville), fue de 18 µg/m³.

Se ha demostrado que el valor guía se puede alcanzar con medidas sucesivas y sostenidas de reducción. El gobierno local puede encontrar estos valores intermedios particularmente útiles para calcular los progresos con el paso del tiempo, en el difícil proceso de reducir constantemente la exposición de la población a las PM. Como nivel del objetivo intermedio 1 (OI-1), la OMS eligió una concentración media anual de PM_{2.5} de 35 µg/m³. Este nivel corresponde a las concentraciones medias más elevadas notificadas en estudios sobre los efectos prolongados en la salud y puede reflejar también concentraciones históricas más altas, pero desconocidas, que pueden haber contribuido a los efectos observados en la salud. Hay pruebas fehacientes que en países desarrollados este nivel está asociado con una mortalidad elevada.

El nivel de protección del objetivo intermedio 2 (OI-2) de la OMS se establece en 25 µg/m³ y se basa en los estudios de exposición prolongada y mortalidad. Este valor es superior a la concentración media con la cual se han observado efectos en tales estudios, y probablemente esté asociado con efectos significativos en la salud, derivados de exposiciones tanto prolongadas como diarias a PM_{2.5}. El logro de este valor del OI-2, reduciría los riesgos de la exposición prolongada para la salud en alrededor de un 6% (IC del 95%, 2–11%), en relación con el valor del OI-1.

El nivel recomendado del objetivo intermedio 3 de la OMS (OI-3) es de 15 µg/m³, concediendo un valor aún mayor a la probabilidad de efectos significativos asociados con la exposición

prolongada. Este valor está próximo a las concentraciones medias que se notifican en los estudios de exposición prolongada y determina una reducción adicional en el riesgo de mortalidad del 6% con respecto al valor del OI-2.

Por lo anterior, es importante realizar un monitoreo específico no sólo de PM₁₀ sino también de las concentraciones ambientales de PM_{2.5}. Esto se debe a que un valor guía para PM_{2.5} por sí solo, no ofrecería protección frente a los efectos perjudiciales de las PM gruesas (la fracción entre 10 y 2.5 µ). Sin embargo, se estima que las pruebas cuantitativas sobre las PM gruesas son insuficientes para preparar guías separadas. En cambio, hay abundante bibliografía sobre los efectos de la exposición breve a PM₁₀, que se ha utilizado como base para la formulación de las GCA de la OMS y los objetivos intermedios para las concentraciones de 24 horas de PM (OMS, 2006).

Las partículas ultrafinas (UF), es decir, las partículas de menos de 0.1 µm de diámetro, han despertado recientemente un gran interés en la comunidad científica y médica. Se suelen medir como número de partículas, si bien hay abundantes pruebas toxicológicas de posibles efectos perjudiciales de las partículas UF en la salud humana, el conjunto existente de pruebas epidemiológicas no es suficiente para llegar a una conclusión acerca de la relación exposición-respuesta. En consecuencia, por ahora la OMS no ha emitido ninguna recomendación sobre concentraciones guía de partículas UF.

Los límites máximos de concentración de PM en México, son definidos por la NOM-025-SSA1-1993 y pueden consultarse en la tabla 4.2.

En México hay diferentes estudios que presentan resultados similares a los encontrados en otros estudios internacionales que sugieren una relación entre la exposición a PM y diferentes efectos en salud (Borja-Aburto *et al.*, 1997; Loomis *et al.*, 1999; Rojas-Martínez *et al.*, 2007; Carbajal-Arroyo *et al.*, 2011). El más reciente estudio publicado relaciona las exposiciones crónicas y agudas a PM_{2.5} y el incremento el riesgo de morir en la ciudad de Mexicali, Baja California (Reyna *et al.*, 2012).

4.2.5. Contingencias ambientales

Como se menciona en párrafos anteriores, los efectos a corto plazo de los diferentes contaminantes ambientales están más relacionados con incrementos sustanciales en los niveles de contaminación ambiental, que con la exposición prolongada a niveles bajos o medios de contaminación. Los daños a la salud producidos por estas contingencias ambientales se estiman dependiendo de los niveles alcanzados por cada contaminante y la población expuesta y susceptible a esta contaminación. Si bien toda la población es susceptible a la contaminación, los efectos a corto plazo producidos por una contingencia ambiental, serán más notorios en niños y adultos mayores.

Se espera que la principal carga de enfermedad por la contaminación del aire no se deba a las contingencias ambientales, sino a la exposición crónica a la contaminación ambiental (ver sección de resultados). Aunque esto no debe ser justificación para no intervenir en la prevención de las contingencias ambientales. Si se cuenta con intervenciones que reduzcan los niveles de contaminación ambiental durante todo el año, se espera que el número y nivel de las contingencias ambientales también se reduzca de forma significativa.

Este capítulo hace más énfasis en los impactos de los niveles de contaminación anual (sin dejar de cuantificar el impacto a corto plazo de la contaminación), para estimular políticas e intervenciones que reduzcan la contaminación durante un mayor periodo de tiempo, lo que se traducirá también en una reducción en el número e impacto de las contingencias ambientales.

El Estado de Puebla cuenta con un programa de contingencias ambientales para la Zona Metropolitana del Valle de Puebla (ZMVP), en el que se definen los niveles de precontingencia y contingencia ambiental para cada contaminante, donde se presenta una descripción de las medidas aplicables en cada caso (SMRN-Puebla, 2005).

4.2.6. Polen

Aunque no es considerado como origen específico de contaminación, el polen puede llegar a ser una causa importante de enfermedad en pacientes susceptibles. El polen es el polvo o granos microscópicos que se forman en las flores de las plantas y que sirven para que éstas se reproduzcan. Es causa frecuente de alergia y puede causar síntomas agudos de asma, rinitis y conjuntivitis. También causa inflamación interna crónica de los bronquios, la nariz y los ojos, de manera que se vuelven más reactivos frente a otros estímulos como infecciones, ejercicio físico, cambios de temperatura, olores fuertes, etc. El polen también puede dar síntomas en la piel, como urticaria y edema o inflamación (SEICAP, 2011).

Puede haber polen durante todo el año. La primavera es la estación en la que más plantas sueltan polen, pero durante el verano también es abundante. En otoño hay plantas que sueltan polen durante una segunda fase, además de la primavera e incluso algunas plantas sueltan polen durante el invierno. Cada planta tiene su propia época de liberación de polen, su propia estación polínica.

Aunque en las ciudades hay poca vegetación, ésta también suelta polen. En las ciudades y zonas con más contaminación, el polen tiende a ser más agresivo y provoca más alergia que el polen de las mismas plantas que crecen en lugares con aire más limpio (SEICAP, 2011). En los últimos 10 años algunas ciudades han iniciado un control y monitoreo del polen en el ambiente (muestreo areobiológico), mediante captadores, que filtran el aire y atrapan el polen ambiental. Este polen se examina al microscopio y se puede contar e identificar. Habitualmente reportan cada semana.

Esto se hace “a posteriori”, es decir, que se sabe cuánto polen ha habido, pero no cuánto habrá en los siguientes días, ya que dependerá de las condiciones climáticas. Esto sirve para crear calendarios polínicos, que son calendarios en el que se muestran los meses en los que las plantas principales sueltan polen todos los años, ofreciendo información general sobre las fechas en que es de esperar que haya polen y así poder

informar a la población susceptible al riesgo temporal para la salud (Galán *et al.*, 2007).

4.2.7. Plaguicidas

Aunque los plaguicidas no están considerados convencionalmente dentro de los contaminantes del aire, son un grupo de contaminantes que puede ser de importancia en el Estado de Puebla dado que el 50% de la superficie del Estado son áreas cultivadas (e-local, Segob, 2009).

Un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, también suelen administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (OMS, 2010).

La población expuesta a estos contaminantes no son solamente los trabajadores que utilizan estos productos en el trabajo, sino también la población general. Desde una perspectiva laboral, hay una gran complejidad en los patrones de uso de los plaguicidas, a la vez que una gran variedad de formas e intensidades de exposición; sin embargo, es la población económicamente activa del sector agrícola la que tiene una mayor exposición, dado que allí se utiliza un 85% de los plaguicidas.

En la población en general los grupos de mayor riesgo a esta exposición son: 1) Comunidades rurales que viven cerca de donde se hacen aplicaciones aéreas o terrestres; 2) Familiares de trabajadores agrícolas, especialmente niños, adultos mayores y mujeres embarazadas; 3) Comunidades urbanas y rurales donde se hacen aplicaciones domésticas o campañas de salud pública; 4) Toda la población que está expuesta a los alimentos y aguas contaminadas por residuos de plaguicidas (OMS, 2010).

Según estimaciones hechas en el año 1988 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación

(FAO) de las Naciones Unidas, el número de intoxicaciones ocupacionales por plaguicidas en países en vías de desarrollo ascendió a 25 millones de casos por año, a pesar de que estos países sólo utilizan la quinta parte del consumo mundial de plaguicidas (Jeyaratnam, 1990).

El alto costo social derivado del uso de los plaguicidas sintéticos continúa siendo un tema controversial en la agricultura, medio ambiente y salud pública. Además de las intoxicaciones agudas producidas por el empleo de plaguicidas, estas sustancias también pueden ocasionar efectos a largo plazo, que son procesos patológicos que se desarrollan en el organismo, generalmente por la exposición repetida a dosis bajas, independiente del período de latencia, o bien de la intensidad de la exposición, que producen trastornos neurológicos, reproductivos, cutáneos, oftalmológicos, pulmonares, hepáticos, hematológicos, genéticos e inmunológicos (OMS, 2010).

Con base en lo anterior este apartado sólo tiene la finalidad de mencionar la toxicidad de estos componentes, para hacer hincapié que este tipo de contaminación debe ser considerado en el futuro como un factor que puede producir una importante carga de enfermedad en los habitantes del Estado de Puebla. Por lo que debe establecerse un plan de manejo específico y un sistema de vigilancia epidemiológica específicos para estos riesgos a la salud.

4.3. Evaluación del impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública

Cada vez se incrementa la preocupación por valorar el impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública. Estas valoraciones consisten en observar los resultados obtenidos en las investigaciones y elaborar una cuantificación aproximada del problema para la salud de una determinada zona, país o ciudad, que puede atribuirse a la contaminación atmosférica.

También pueden utilizarse para obtener una cuantificación aproximada de los beneficios que podrían conseguirse si se establecieran las políticas de reducción de la contaminación atmosférica. Este trabajo de translación resulta efectivo para

concienciar al público y a los responsables de elaborar las políticas, sobre la envergadura del problema.

A pesar de que a nivel individual los efectos de la contaminación atmosférica en general no son tan importantes (comparado con fumar, por ejemplo) el impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública puede ser bastante considerable. El motivo de esta paradoja proviene del hecho de que toda la población está expuesta a la contaminación atmosférica, o al menos en un cierto grado, mientras que sólo un pequeño porcentaje de la población fuma de forma activa. Además, la contaminación atmosférica a veces es más elevada en las zonas con más densidad de población, de forma que los efectos perjudiciales para la salud también aumentan.

Durante los últimos años se han ido desarrollando los métodos para valorar el impacto de la contaminación atmosférica (NRC, 2002), estos métodos se han discutido en las comisiones de la OMS, lo cual ha hecho que los expertos aporten recomendaciones. La metodología general de la evaluación de impactos sobre la salud (EIS) se ha aplicado a múltiples exposiciones e impactos en la salud, en la cual hay que identificar el riesgo al que se expone la población, evaluar el nivel de la exposición, conocer las funciones dosis respuesta entre la exposición y el efecto en la salud, y cuantificar el riesgo.

Las EIS de la contaminación atmosférica se han aplicado de forma diferente según las zonas geográficas, desde valoraciones globales aproximativas hasta estudios locales, nacionales o internacionales más sofisticados. En todos estos estudios se ha observado que, en general, los efectos perjudiciales para la salud atribuibles a la contaminación atmosférica surgen principalmente de los efectos que origina la mortalidad en adultos y que se debe a una exposición de forma prolongada a las partículas en suspensión. Una de las primeras EIS realizadas en Europa fue el *Estudio trinacional* (Kunzli *et al.*, 2000), en el que se observó que la contaminación atmosférica representa el 6% de la mortalidad total (más de 40,000 casos atribuibles al año), aproximadamente, la mitad se atribuye al tráfico motorizado.

4.3.1. Metodología y desarrollo

Marco general. La estructura metodológica general de la EIS de la contaminación atmosférica ya se ha descrito en diversos informes y artículos (NRC, 2002; Medina & Boldo, 2005; Ostro, 1998; NRC, 1983). Consiste en aplicar los métodos que se han utilizado durante décadas para contabilizar el riesgo atribuible a unos determinados factores de riesgo, como puede ser el tabaco.

Para realizar la EIS necesitamos conocer la proporción atribuible poblacional, que es la proporción de un problema de la salud que puede atribuirse a una exposición determinada (en comparación con una exposición de referencia) o a un cambio de exposición. Si se conoce el número total de casos que presentan un problema para la salud en un determinado grupo de población, entonces podrán contabilizarse los casos atribuibles de esta población. Teniendo en cuenta que no se daría ningún "caso atribuible" si no se produjera la exposición. A menudo la proporción atribuible también se denomina "carga evitable".

La información necesaria para calcular los "casos atribuibles" contiene tres valores: 1) la frecuencia con la que aparece un problema para la salud en la población, es decir, 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). Además de estos valores, la evaluación de la carga que la contaminación atmosférica ejerce en la salud depende del área de estudio definida, el sistema métrico de exposición escogido, los resultados clínicos que se incluirán en la valoración y la elección de los "niveles de referencia".

Área de estudio. El presente estudio se realizó respecto de 18 municipios del Estado de Puebla, que han sido considerados como las áreas urbanas de mayor tamaño poblacional en dicha entidad (más de 60,000 habitantes) o municipios que forman parte de la ZMVP. Estos 18 municipios han sido propuestos por el gobierno del Estado para ser estudiados y representan el 55% (3,192,434 habitantes) de la población total del Estado de

Puebla (5,779,829 habitantes), según el Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2010. Los 18 municipios incluidos en el estudio por orden alfabético son: Amozoc, Puebla, Coronango, Cuautlancingo, San Andrés Cholula y Cholula de Rivadavia, que conforman la ZMVP, así como los municipios de: Tepeaca, Acajete, Huejotzingo, Texmelucan, Atlixco, Izúcar de Matamoros, Tehuacán, Ajalpan, Teziutlán, Huauchinango, Zacatlán y Xicotepec (ver Tabla 4.3).

Para el estudio, se asumió que en los 18 municipios todos los habitantes están expuestos a los niveles de contaminación del aire de un área urbana; este supuesto no se ajusta a la realidad dado que en estos municipios hay población que habita en áreas alejadas de los núcleos urbanos, donde la baja generación y dispersión de contaminantes los expone a niveles más bajos de contaminación. Sin embargo, los datos poblacionales de los que se dispone a nivel municipal no permiten definir el número de personas que habita exclusivamente en áreas urbanas dentro de cada municipio (propuesto), por lo que esta evaluación se realizó con base en el total de habitantes de cada uno de los municipios estudiados.

Tabla 4. 3 Municipios del Estado de Puebla incluidos en la evaluación de impacto en salud.

Municipio	Población*
Acajete	60,353
Ajalpan	60,621
Amozoc	100,964
Atlixco	127,062
Coronango	34,596
Cuautlancingo	79,153
Huauchinango	97,753
Huejotzingo	63,457
Izúcar de Matamoros	72,799
San Andrés Cholula	100,439
San Martín Texmelucan	141,112
San Pedro Cholula	120,459
Puebla	1,539,819
Tehuacán	274,906
Tepeaca	74,708
Teziutlán	92,246
Xicotepec	75,601
Zacatlán	76,296

Fuente: Población según INEGI 2010.

Exposición de la población. La contaminación atmosférica constituye una compleja mezcla de sustancias y agentes contaminantes interrelacionados. Los estudios epidemiológicos no pueden discernir la contribución específica de cada componente a los problemas para la salud. Adicionalmente, los estudios toxicológicos todavía no proporcionan suficiente información sobre la respuesta a la dosis de todos los agentes contaminantes, ni sobre sus interacciones. Por consiguiente, las valoraciones del impacto de la contaminación atmosférica en la salud dependen de los estudios epidemiológicos que utilizan indicadores de la calidad del aire. Tampoco es adecuado evaluar por separado el riesgo de diversos agentes contaminantes interrelacionados para luego sumarlos, puesto que la carga total quedaría en gran parte sobreestimada. Es un hecho que los efectos adversos de la contaminación atmosférica para la salud están especialmente relacionados con las partículas menores en suspensión (PM).

En el caso de esta valoración, se han seleccionado las PM₁₀ como indicadores para representar la contaminación atmosférica del ambiente urbano, puesto que la mayoría de los estudios que informan de estos efectos están basados en la exposición a las PM₁₀.

Se dispone de suficientes datos para sugerir que el O₃ provoca otros efectos en la salud. Sin embargo, dado que los efectos del O₃ son de corta duración y relativamente pequeños considerando las concentraciones predominantes en Puebla, se espera que la contribución de O₃ a la carga total de contaminación atmosférica urbana sea relativamente mínima (en comparación con los efectos de las PM₁₀) y por consiguiente, no se ha incluido en esta evaluación. Debe tomarse en cuenta que al considerar solamente un compuesto como indicador de la contaminación atmosférica se subestiman los beneficios que pueden aportar los planes de gestión de la atmósfera respecto a la reducción en la concentración de otros agentes contaminantes como el NO₂, el SO₂, el benceno y otros que pueden producir efectos independientes o sinérgicos en la salud.

Efectos a la salud. Aunque se intenta que la valoración del impacto refleje la carga total de contaminación atmosférica que afecta a la salud, esta valoración sólo incluía aquellos efectos en los que se dispone de datos que demuestren que son responsables de la contaminación atmosférica y para los que se dispone de suficiente información para el análisis, como las funciones concentración-respuesta (FCR) y la prevalencia o incidencia de los efectos observados entre la población objeto de estudio.

Para realizar esta evaluación se estudiaron tres grandes 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 lo que se refiere a la mortalidad, el impacto de la contaminación atmosférica es una combinación de los efectos a corto plazo y los efectos acumulativos (OMS, 2004).

La contaminación atmosférica puede incrementar el desarrollo de enfermedades crónicas que originan otras enfermedades, lo que contribuye a acortar la vida de las personas que las padecen. Se ha demostrado que los 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 y los efectos a largo plazo, que reflejan la carga total y que incluyen 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.

Entre los efectos de la contaminación atmosférica en la morbilidad, hay diversos síntomas que afectan a los sistemas cardiovascular y respiratorio. Se utilizaron los síntomas de la bronquitis para evaluar los efectos de la contaminación atmosférica en la morbilidad. Se ha demostrado que la contaminación atmosférica tiene un impacto todavía más grave en individuos susceptibles, como los asmáticos. Por lo tanto, se realizó el análisis de

la posible contribución de la contaminación atmosférica en la reagudización de los síntomas de asma (crisis asmáticas).

Las FCR cuantifican la relación entre un cambio en concentraciones de contaminación atmosférica y el correspondiente cambio en los efectos perjudiciales para la población. Las FCR constituyen la información más relevante a la hora de determinar los beneficios para la salud que implicaría una reducción de la contaminación atmosférica. En los siguientes apartados se detalla la fuente y el valor de las FCR, así como las frecuencias de referencia utilizadas para cada efecto en la salud.

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 representa un cambio del 4.8% en la mortalidad (intervalo de confianza del 95%: 2.2-7.5) por cada cambio de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de las PM_{10} , de forma similar que en la EIS del ENHIS (2006).

Efectos a corto plazo en la mortalidad. 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 metanálisis cuantitativo de estudios (OMS, metanálisis, 2004), que desarrolló la OMS. El metanálisis 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 cambio de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

Efectos a largo plazo en la mortalidad. Se ha escogido una FCR procedente de 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 SixCitiesStudy) (Dockery, 1993). En ambos estudios se compararon cohortes ampliamente representativas de la población de Estados Unidos. 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 de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} .

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 Puebla. Los datos de todas las defunciones se extrajeron de los reportados para Puebla por el INEGI en 2009. Para morbilidad los datos se basaron en diferentes fuentes de información dependiendo de la enfermedad (INEGI, 2009; Abbey *et al.*, 1993; Künzli *et al.*, 2000; Ward & Ayres, 2004; Vargas-Becerra, 2009). En el caso de la bronquitis crónica (adultos ≥ 25 años), como no se dispone de estudios locales de 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 que 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 totales (PST). Tras la conversión, la FCR representa un cambio del 9.8% (Intervalo de confianza del 95%: 0.9-19.4) por cada cambio de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} . 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.

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 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. 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} . 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, que se encargó de investigar la relación entre la exposición a largo plazo, la contaminación atmosférica, la salud y las alergias respiratorias en los niños de Suiza (Braun-Fahrlander *et al.*, 1997).

Para las crisis asmáticas en niños (< 15 años), la FCR utilizada para las crisis asmáticas 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). La FCR representa un cambio del 4.1% (Intervalo de confianza del 95%: 2.0-5.1) por cambio de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} .

Al no disponer de datos para el Estado de Puebla que coincidan con la definición de FCR del efecto, el total de crisis asmáticas por niño asmático para el Estado procede del estudio SCARPOL. 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) (Vargas-Becerra, 2009). Como no se cuenta con estudios ISAAC en Puebla, se asumió una prevalencia del 6%, cercano a la mediana de las prevalencias reportadas en los diferentes ISAAC del país (Ciudad Juárez, Cuernavaca, Morelia y Torreón).

Escenarios de interés. Dada la complejidad de las causas de la contaminación atmosférica, es necesario para reducirla aplicar estrategias de mejoras inmediatas y a largo plazo. Para poner de manifiesto la mejora continua de la calidad del aire, se proporcionan cálculos del riesgo para dos escenarios hipotéticos, en los que se calculan los beneficios para la salud si la calidad del aire, que contiene PM_{10} , redujera su concentración media anual 10 y $20 \mu g/m^3$. No se dispone de datos que demuestren la existencia de un límite en el que no

se produzcan efectos y, por tanto, se espera que los beneficios relacionados con la reducción de las concentraciones por debajo de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ sean proporcionalmente mayores.

4.3.2. Resultados

Mortalidad. Para el escenario de reducción de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración media anual de PM_{10} en los 18 municipios de Puebla, se encontró una disminución anual en la mortalidad en los

escenarios de reducción de 10 y $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , cuyos valores se presentan en la tabla 4.4.

Morbilidad. Los resultados de morbilidad también están realizados en los escenarios de reducción de 10 y $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , cuyos resultados se presentan en la tabla 4.5.

La descripción de las estimaciones de mortalidad y morbilidad con sus intervalos de confianza y por municipio puede consultarse en las tablas que se presentan en el documento extenso de este capítulo.

Tabla 4.4 Resultados de mortalidad, según escenarios de reducción en la concentración media anual de PM_{10} , en 18 municipios del Estado de Puebla.

Población (INEGI, 2010)		Total 18 municipios	
		3,192,344 habitantes	
Escenario de reducción en la concentración media anual de PM_{10}		< $10\mu\text{g}/\text{m}^3$	< $20\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mortalidad Infantil	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	70	140
	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	108	216
Efectos a corto plazo	Causas respiratorias (CIE 10 J00-J99)	22	43
	Causas cardiovasculares (CIE 10 I00-I52)	32	64
Efectos a largo plazo	Todas las causas (CIE 10 A00-R99)	613	1,227

* PM_{10} : partículas suspendidas menores de 10 micrómetros; CIE 10: Clasificación Internacional de Enfermedades 10ª edición.

Tabla 4.5 Resultados de morbilidad según escenarios de reducción en la concentración media anual de PM_{10} en 18 municipios del Estado de Puebla.

Población (INEGI, 2010)		Total 18 municipios	
		3,192,344 habitantes	
Escenario de reducción en la concentración media anual de PM_{10}		< $10\mu\text{g}/\text{m}^3$	< $20\mu\text{g}/\text{m}^3$
Enfermedades	Bronquitis crónica en adultos	1,023	2,047
	Bronquitis aguda en niños	26,391	52,782
	Crisis asmáticas en niños	6,545	13,090

* PM_{10} : partículas suspendidas menores de 10 micrómetros.

4.3.3. Discusión

Este estudio demuestra que la mejora de la calidad del aire en el Estado de Puebla supondría beneficios notables para la salud. Para una mejor interpretación de los resultados, es importante tener en cuenta que hay una serie de suposiciones e incertidumbres inevitables a la hora de realizar este tipo de valoraciones de riesgo. Más

importante todavía es considerar estos cálculos como una indicación de la magnitud de los beneficios que podrían obtenerse y no como cifras exactas.

Tal y como se comenta en el documento extenso de este capítulo, 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. Hay 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.

Por tanto, es probable que en la valoración de riesgo del presente estudio se haya subestimado el impacto total de la exposición para la mortalidad. Los estudios epidemiológicos futuros deberían resolver esta carencia y conducir a modificar los métodos de la EIS para calcular el impacto en los síntomas crónicos en adultos. Otro tipo de incertidumbre es la relacionada con la capacidad de transferibilidad de los resultados de las FCR de estudios realizados en zonas fuera del área de estudio. Para algunos de los efectos en la salud, no hay estudios realizados en el Estado de Puebla, por lo que la comparación es difícil.

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, por lo cual es probable que se subestimaran los beneficios totales. También es muy probable que los niños asmáticos que presentan síntomas agudos debido al asma deban recibir asistencia médica. De manera similar, no se han hecho cálculos independientes para casos de cáncer de pulmón, sin embargo, es probable que esté incluido en el impacto sobre la mortalidad, puesto que las tasas de mortalidad de esta enfermedad continúan siendo elevadas.

Puede que los beneficios totales queden subestimados con respecto a los efectos menos graves. Se ha supuesto que la contaminación atmosférica ambiental sólo constituye un factor de riesgo en casos de empeoramiento del asma.

Varios estudios hacen pensar que la contaminación atmosférica y, en especial, las emisiones derivadas del tráfico, pueden contribuir a la aparición de asma en niños (HEI, 2010).

Según este modelo, los beneficios generales para la salud pública derivados de la combinación de los efectos a corto y largo plazos serían mayores que los presentados en este estudio. Lo mismo ocurre con otras enfermedades crónicas.

Se han realizado dos “estudios de intervención” que confirman que una reducción de las PM en la atmósfera, como resultado de la aplicación de las políticas de reducción, se podría traducir en descensos sustanciales de la prevalencia de síntomas de BC (Heinrich, *et al.*, 2002; Bayer-Oglesby *et al.*, 2005).

Las definiciones de los valores de referencia de la salud varían según el estudio, lo cual se añade a la incertidumbre tanto de la FCR como de la frecuencia inicial asumida en la población para cada afección considerada. Por lo tanto, es posible que no todas las definiciones coincidan y que se produzca una subestimación o sobreestimación de los resultados.

En esta evaluación pudiera considerarse que se sobreestima 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 en dichos municipios (zonas rurales), pero que son considerados en el análisis dentro de una misma exposición municipal, al respecto deben considerarse dos aspectos que podrían atenuar esta sobreestimación:

- 1) La exposición a la contaminación intramuros 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.

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 puede considerarse que las estimaciones en salud serán apegadas a la 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 y que pueden provocar efectos distintos a los de las PM_{10} , lo cual puede haber dado lugar a un cierto grado de subestimación de los efectos.

El O_3 constituye un ejemplo de un agente contaminante poco correlacionado con las PM y con los efectos en la salud establecidos correctamente. 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.

Sin embargo, en el caso de las consecuencias de la contaminación atmosférica debidas a la combinación de los efectos a corto plazo y los crónicos, 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, más adelante, 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.

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 de forma gradual, 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. Es de tener en cuenta el impacto de la contaminación atmosférica, así como los beneficios para la salud que permite la gestión de la calidad del aire, en contexto con otros problemas para la salud.

Un informe elaborado por la OMS (Miller & Hurley, 2006) comparaba los años de vida perdidos debido a la contaminación atmosférica, con los perdidos por accidente de tráfico, lo cual puede resultar interesante para poder evaluar algunas de las políticas ambientales. Dada la elevada contribución del tráfico a la contaminación atmosférica, se considera que algunas medidas destinadas a mejorar la calidad del aire pueden contribuir 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.

4.4. Evaluación del impacto económico de la contaminación atmosférica en la salud pública

4.4.1. Metodología.

De manera general, el impacto económico de la contaminación del aire en la salud humana se puede verificar por medio de cuatro posibles vías:

- (i) Los gastos médicos para los tratamientos asociados a las enfermedades generadas por la contaminación del aire,
- (ii) la pérdida de salario como resultado de no poder trabajar en los días de enfermedad,

- (iii) los costos asociados para prevenir las enfermedades inducidas por la contaminación del aire y
- (iv) la pérdida de utilidad asociada a los síntomas y a las pérdidas de oportunidad de ocio causadas por la enfermedad (Freeman III, 1999).

Por medio del método de costo de oportunidad es posible estimar los tres primeros canales de costos generados por la contaminación del aire, mientras que el cuarto canal sólo puede ser valorado mediante el método de valoración contingente. En este sentido, una vez estimadas las concentraciones y dispersiones en el aire de las PM_{10} y sus efectos sobre la salud de las personas, tanto por mortalidad como morbilidad de la población expuesta, el tercer paso corresponde a estimar en términos monetarios los efectos físicos encontrados.

En este apartado se valorarán los efectos asociados a la morbilidad utilizando el enfoque de costo de oportunidad o costos evitados de la enfermedad, para el cual se emplearán dos componentes principales: los gastos médicos asociados (costo directo) y las pérdidas de ingresos o ganancias debido a la ausencia laboral (costo indirecto). Adicionalmente, para valorar los efectos asociados a la mortandad se empleará el indicador denominado valor de una vida estadística (VVE), que es el valor monetario que la sociedad en su conjunto atribuye a evitar que uno de sus miembros muera.

4.4.2. Estimación de los costos de morbilidad.

Los costos directos evitados incluyen los costos de diagnóstico, tratamiento, controles médicos, exámenes, días de cama por hospitalización, etc. Desafortunadamente no hay información disponible sobre los costos de atención médica para casos de bronquitis y asma en el Estado de Puebla. Por ello, se revisaron diversas publicaciones con estimaciones de costos anuales para México, de esta forma para los casos de bronquitis crónica en adultos se emplean las estimaciones realizadas por Reynales-Shigematsu *et al.*, 2006; para bronquitis aguda en niños, las realizadas por

Nigenda G., 2002; y para las crisis asmáticas en México, las reportadas por la Secretaría de Salud entre 1998 y 2001. 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, para los casos de bronquitis; y las variaciones del índice de precios de Estados Unidos, en el caso de crisis asmática infantil. Los resultados se muestran en el documento extenso.

En el documento extenso también se muestra el número de casos nuevos de enfermedades respiratorias anuales evitadas y los costos anuales directos evitados, bajo los dos escenarios de reducción de los niveles actuales de contaminación, que corresponden a reducciones de 10 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Las estimaciones se presentan para 18 municipios clasificados en dos categorías: once ciudades de 60 a 100 mil habitantes y siete ciudades con más de 100 mil habitantes.

El total de los costos directos evitados por enfermedades producto de la contaminación del aire asciende a 541 millones de pesos para el escenario con reducciones de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} ; y a 1,083 millones pesos en el escenario con reducciones de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . La información a nivel municipal se puede consultar en el documento extenso. 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 acompañar a un infante a recibir atención médica. En el primer caso, se consideró que un paciente adulto requiere 8.5 días de reposo por evento de bronquitis crónica (Espallardo, 2008); en el segundo caso (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.

La estimación consideró el salario promedio de cotización al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) para agosto del 2011 en el Estado de Puebla, definido en 229.36 pesos diarios por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (Conasami, 2011). Adicionalmente, el número de casos evitados se ajustó debido a que no todos los adultos trabajan, 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. La información a nivel municipal se puede consultar en el documento extenso.

El total de los costos indirectos por enfermedades producto de la contaminación del aire evitadas, asciende a 3.7 millones de pesos para el escenario con reducciones de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} ; y a 7.5 millones de pesos en el escenario con reducciones de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Los resultados para los dos rangos de ciudades y a nivel municipal se presentan en el documento extenso.

El impacto económico total o gastos que se pueden evitar con una mejora en la calidad del aire resultan de agregar los costos directos e indirectos. En el caso de una reducción de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} se pueden evitar costos por 545.2 millones de pesos, y del doble, es decir 1,090.4 millones de pesos, cuando la reducción de PM_{10} en el aire es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la Tabla 4.6 pueden observarse los costos estimados para los dos grupos de tamaño de ciudad y en el documento extenso se presentan los resultados por ciudad o municipio. Para el primer escenario de reducción de contaminantes, los costos evitados representan el 1% del Presupuesto de Egresos del Estado de Puebla en 2011, así como el 15.9% del gasto presupuestado para la entidad en el rubro de salud pública, en el mismo año.

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 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.

Tabla 4.6 Costos anuales totales de morbilidad por bronquitis y asma en municipios del Estado de Puebla con más de 60 mil habitantes.

Subtotal municipios es de 60 mil a 100 mil habitantes						
Enfermedades	Costos anuales directos		Costos anuales indirectos		Costos anuales totales	
	Escenarios					
	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³
Bronquitis crónica en adultos	\$30,147,423	\$60,294,847	\$165,289	\$330,578	\$30,312,712	\$60,625,425
Bronquitis aguda en niños	\$60,887,787	\$121,775,574	\$610,451	\$1,220,903	\$61,498,238	\$122,996,477
Crisis asmáticas en niños	\$53,490,363	\$106,980,726	\$151,397	\$302,795	\$53,641,761	\$107,283,521
Total	\$144,525,573	\$289,051,147	\$927,138	\$1,854,276	\$145,452,711	\$290,905,423
Subtotal municipios con más de 100 mil habitantes						
Enfermedades	Costos anuales directos		Costos anuales indirectos		Costos anuales totales	
	Escenarios					
	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³
Bronquitis crónica en adultos	\$102,088,653	\$204,177,306	\$619,223	\$1,238,447	\$102,707,876	\$205,415,753
Bronquitis aguda en niños	\$156,953,129	\$313,906,258	\$1,750,036	\$3,500,071	\$158,703,164	\$317,406,329
Crisis asmáticas en niños	\$137,884,464	\$275,768,927	\$434,025	\$868,049	\$138,318,488	\$276,636,977
Total	\$396,926,245	\$793,852,491	\$2,803,284	\$5,606,568	\$399,729,529	\$799,459,059
Total						
Enfermedades	Costos anuales directos		Costos anuales indirectos		Costos anuales totales	
	Escenarios					
	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³
Bronquitis crónica en adultos	\$132,236,076	\$264,472,153	\$784,512	\$1,569,025	\$133,020,589	\$266,041,177
Bronquitis aguda en niños	\$217,840,916	\$435,681,832	\$2,360,487	\$4,720,974	\$220,201,403	\$440,402,806
Crisis asmáticas en niños	\$191,374,827	\$382,749,654	\$585,422	\$1,170,844	\$191,960,249	\$383,920,498
Total	\$541,451,819	\$1,082,903,638	\$3,730,422	\$7,460,843	\$545,182,241	\$1,090,364,481

4.4.3 Estimación de los costos de mortalidad.

Para apreciar el impacto económico de la mortalidad, se emplearon las estimaciones de muertes asociadas a la contaminación del aire en individuos de todas las edades y la actualización del valor de una vida estadística (VVE), estimado por Hammitt & Ibararán, 2002 para Ciudad de México. La actualización de estos valores generó un rango para el VVE en 2011, con un límite inferior de

1,966,519 pesos por persona, y con un límite superior de 6,862,473 pesos por habitante (ver documento extenso). Los resultados de los VVE aplicados al número de muertes evitadas al reducir las emisiones de PM₁₀ en los dos escenarios (< 10 mg/m³ y < 20 mg/m³) se muestran en la Tabla 4.7. Estas cifras representan entre 2.6% y 17.8% del Presupuesto de Egresos del Estado de Puebla para el 2011.

Tabla 4.7 Costos de mortalidad en municipios del Estado de Puebla con más de 60 mil habitantes.

Escenario	Rango Inferior		Rango Superior	
	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	< 20 µg/m ³
Mortalidad infantil (menos de 1 año)	\$137,806,446	\$275,612,892	\$480,896,977	\$961,793,954
Mortalidad en adultos mayores de 30 años (todas las causas a largo plazo)	\$1,206,409,442	\$2,410,852,365	\$4,209,952,950	\$8,413,043,427
Total	\$1,344,215,888	\$2,686,465,257	\$4,690,849,927	\$9,374,837,381

4.5. Impactos de la contaminación atmosférica en el ambiente.

Los efectos de la contaminación atmosférica no se limitan a generar daño en la salud humana, también ocasionan diversos efectos sobre el ambiente (Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal, 2008), los cuales varían en función del tipo de contaminante, la exposición y la vulnerabilidad del entorno. Diversos estudios han demostrado relación entre la calidad del ambiente y la contaminación atmosférica. Por el deterioro químico del suelo y su composición se asocian, en parte, con la presencia de sulfatos ácidos (Arriola, 2011) y óxidos de nitrógeno (Molina, 2005) procedentes de la contaminación atmosférica.

Tomando en cuenta que los valores neutros de pH son los más apropiados para el desenvolvimiento de diversas funciones del suelo y de sus organismos asociados, la acidificación es una de las causas de degradación que afecta sensiblemente a este elemento natural, por lo que es considerado uno de los principales indicadores de degradación del suelo. Por otra parte, la presencia de metales pesados en el aire que son incorporados al suelo, provoca deterioro en la composición química del

mismo, lo que también modifica su estructura y con ello, genera su deterioro físico (Arriola, 2011).

La deposición ácida, proveniente de la contaminación atmosférica, también afecta el pH de los cuerpos de agua dulce con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos (Molina, 2005). Se ha documentado la disminución de las poblaciones y diversidad de peces dulceacuícolas asociadas a la acidificación de lagos, como resultado de la deposición de la contaminación atmosférica en forma de lluvia ácida. También, el exceso de nitrógeno en forma de nitrato o amoníaco, procedente de la contaminación atmosférica, promueve la eutrofización (PNUMA, 2002).

Otro elemento que está interrelacionado con la contaminación atmosférica es la cobertura vegetal, que por una parte, protege al suelo de los efectos erosivos ocasionados por el viento, que suspende material particulado hacia la atmósfera generando contaminación por partículas; y por otra parte, también puede ser afectada directamente por la contaminación atmosférica. La deposición ácida sobre las estructuras vegetales provoca desde lesiones en las hojas, disminución de la resistencia

a plagas y enfermedades (Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal, 2008) y defoliación (PNUMA, 2002), hasta llegar a la muerte vegetal, ocasionando importantes daños a los ecosistemas forestales (Molina, 2005) y pérdidas agrícolas (Gobierno del Estado de Baja California-SEMARNAP, 2000). La lluvia ácida también puede generar alteraciones en los ciclos de polinización (Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal, 2008).

El O₃ y otros oxidantes fotoquímicos también inducen daños a las plantas, reduciendo cosechas y la calidad de los productos agrícolas; además causa daños en las plantaciones forestales (Font, 1991). Estos daños generan impactos que van más allá de la escala local por el transporte de contaminantes (Gobierno del Estado de Baja California-SEMARNAP, 2000) y afecta de manera indirecta los servicios ambientales que generan los ecosistemas.

La incorporación a la estructura vegetal de metales pesados, ya sea por deposición en el suelo y su transferencia a través de la raíces o directamente por absorción en otras partes de la planta, puede generar diversos tipos de daño a la flora, además de bioacumularse en los tejidos de las plantas que son la base de la cadena alimenticia y con ello, incorporar contaminantes ambientales de la atmósfera a los tejidos animales, por otra vía distinta a la respiratoria. Para el Estado de Puebla se han hecho estudios que demuestran la función de la vegetación como sumidero de metales pesados, en particular para arsénico, mercurio, plomo, cromo y hierro, procedentes de actividades industriales (Mendoza, 2011).

Adicionalmente, hay en el país estudios que demuestran que los líquenes que se desarrollan sobre la corteza de los árboles son más vulnerables que los musgos a la contaminación atmosférica en las zonas urbanas, por lo que pueden ser utilizados como bioindicadores del estado de la calidad del aire (Gómez, 2007). Por último, el deterioro en la visibilidad (generación de niebla), así como el daño en los materiales de edificios y monumentos históricos, pinturas, telas y caucho, también están asociados con los aerosoles procedentes del SO₂ (Molina, 2005) y el O₃ (Font, 1991).

4.6. Conclusiones

La contaminación atmosférica en el Estado de Puebla puede producir importantes impactos negativos en la salud de su población. Este estudio muestra que las intervenciones dirigidas a reducir las concentraciones de contaminación en las áreas urbanas de mayor número de habitantes, produciría una reducción en la morbilidad y la mortalidad en su población. Los beneficios a la salud son proporcionales a los niveles de reducción de la contaminación. Cuanto más se logre disminuir a contaminación ambiental, mayores serán los beneficios para la salud.

Además, estos beneficios a la salud, también pueden representar un ahorro económico sustancial para el Estado. Por lo que las políticas encaminadas a mejorar la calidad del aire en la entidad, una buena monitorización ambiental y un sistema de vigilancia epidemiológica específico para estos padecimientos, ayudarán al control de la calidad del aire. La contaminación atmosférica no sólo limita a la salud humana sus efectos nocivos, sino que también afecta al suelo, agua, flora y a la fauna, además de daños a infraestructura por deposición ácida.

Es necesario que se establezcan políticas de monitoreo sistemático y continuo a largo plazo, en áreas de interés a la conservación, así como en áreas verdes urbanas que permitan conocer los efectos a corto y largo plazos de la contaminación atmosférica, así como para establecer mecanismos de prevención y control de la contaminación atmosférica enfocados a proteger los recursos naturales.

Efectos a la Salud:**Estimaciones Nacionales promedio por efectos de contaminación Ambiental**

35%	De la carga de enfermedad estimada de origen ambiental
2 – 4 mil	Defunciones anuales precipitadas por partículas inhalables en la atmósfera de ciudades
35	Millones de personas viven expuestas aire de mala calidad
11.5	Millones de días de actividad restringida PM10
42,857	Emergencias hospitalarias respiratorias
2,910	Millones costo de PM10 morbi/mortalidad

Fuente: Programa de Acción en Salud Ambiental

Gasto Salud Metropolitana de Valle de Puebla (2010)

Padecimientos	Casos por padecimiento (2010)	Costo Unitario	Costo total	DPP* (por 7 en promedio)	Costo DPP (expresados en salarios mínimos \$54.47)
IRAS	418,830	\$1,545	\$647,037,092	2,931,810	\$159,695,691
Asma y estado asmático	3,058	\$1,838	\$5,619,962	21,406	\$1,165,985
Total	421,888	-	\$652,657,864	2,953,216	\$160,816,676
Costo totales	\$813,519,539				

Fuente: Comisión Federal para la Prevención contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS 2010)

* DDP: Días perdidos promedio al año.



5

Análisis de factores que afectan la calidad del aire y evaluación de criterios para la protección de la salud

5. Análisis de factores que afectan la calidad del aire y evaluación de criterios para la protección de la atmósfera

5.1 Sustancias agotadoras de la capa de ozono

Las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), son sustancias químicas que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de O_3 de la estratósfera. Consisten principalmente en hidrocarburos que contienen cloro, bromo o flúor. Se agrupan en clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), halones, hidrobromofluorocarbonos (HBFC), bromoclorometano, metilcloroformo, tetracloruro de carbono y bromuro de metilo.

La acción de estas sustancias contra la capa de ozono se mide mediante el potencial de agotamiento del O_3 (PAO), basado en la comparación con CFC-11 (triclorofluorometano), que se toma como referencia y tiene un PAO igual a uno.

Estas sustancias, al ser liberadas, viajan hasta la estratósfera y participan en una serie de reacciones que conducen a la liberación de átomos de cloro y bromo, capaces de destruir las moléculas de O_3 en una reacción en cadena. Cada molécula de cloro o de bromo puede destruir hasta cien mil moléculas de O_3 . Una SAO puede tener una vida destructiva de entre 100 y 400 años.

Es importante mencionar que, a pesar de ser producidas en diferentes regiones del mundo, las SAO viajan hacia los polos debido a las corrientes de aire atmosféricas, donde tiene lugar el adelgazamiento de la capa de ozono de forma más pronunciada que en el resto del planeta. Esto sucede principalmente durante la primavera polar, siendo más marcado en el Polo Sur que en el Polo Norte.

Este adelgazamiento en la capa de ozono produjo el llamado agujero en la capa de ozono, que fue observado por primera vez a principios de los años ochenta del siglo pasado y alcanzó su máxima

extensión en el año 2000 con un área de 29.4 millones de km^2 .

La destrucción del O_3 en la estratosfera, trae como consecuencia la penetración de radiación UV-B hasta la superficie terrestre. Esta radiación es capaz de suprimir el sistema inmunológico y de dañar el ADN, aumentando la frecuencia y número de enfermedades infecciosas, de cáncer de piel del tipo de no melanoma y de melanoma virulento cutáneo maligno, así como de cataratas, una de las principales causas de ceguera en el mundo.

La radiación UV-B también daña los productos agrícolas, siendo los productos más afectados el melón, la mostaza y el repollo. Reduce además la calidad de ciertos tipos de tomates, remolachas dulces y soja. Los bosques son afectados dada la capacidad de la radiación UV-B de dañar las semillas de coníferas.

El plancton, las larvas de peces, las plantas acuáticas, los camarones y cangrejos, que son la base de la cadena alimenticia en los ecosistemas acuáticos, también se ven afectados perjudicando consecuentemente a la industria pesquera.

Los materiales como pinturas, gomas, madera y plásticos expuestos a la intemperie, también son dañados, lo cual deriva en altos costos al año, siendo las regiones tropicales las que presentan estos efectos en mayor medida, debido a que en estas zonas la capa de ozono es más delgada que en los polos.

Las SAO se utilizan principalmente en equipos de refrigeración, aire acondicionado y en bombas de calor. Son usados también en la elaboración de poliuretanos como agentes espumantes, y en combinación con óxido de etileno para mitigar el riesgo de explosión que acarrea el uso como agente esterilizante. A mediados de la década de 1970, 60% de todo el CFC-11 y CFC-12 usado en el mundo se empleaba en aerosoles.

Con el fin de terminar con la producción de SAO, se llevaron a cabo en 1981 las primeras negociaciones intergubernamentales que concluyeron con la adopción del Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono en 1985. La finalidad de este convenio era controlar y eliminar de forma gradual

el empleo de las SAO, principalmente los clorofluorocarbonos.

Finalmente, se adoptó el Protocolo de Montreal el 16 de septiembre de 1987, donde se especificaron claramente los tiempos para terminar con la producción de las sustancias que afectaban la capa de ozono. México ratificó este Protocolo en Marzo de 1988, mismo que entró en vigor en enero de 1989.

El Protocolo de Montreal ha tenido hasta la fecha cuatro enmiendas para acelerar la erradicación del uso de las SAO y para agregar nuevas sustancias a la lista. Dichas enmiendas son nombradas según el lugar donde se adoptaron: Londres (1990), Copenhague (1992), Montreal (1997) y Beijing (1999).

En 1995 durante la IV Reunión del Protocolo de Montreal, México fue el primer país que propuso un calendario de reducción acelerada con el objetivo de reducir el uso de las SAO.

México ha logrado una reducción del 90% en el uso de CFC. Se ha buscado que la totalidad de los equipos de refrigeración domésticos y el 95% de los equipos de refrigeración comerciales estén libres de CFC, así como el uso de propelentes alternativos en aerosoles. Como parte de este esfuerzo, México ha tenido el apoyo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal para llevar a cabo más de 100 proyectos que ascienden a más de 77 millones de dólares, participando actualmente en todas sus enmiendas.

Los sectores de solventes y de espumas han reducido el uso de SAO en 75% y 80%, respectivamente. Un hecho importante fue el cierre anticipado de la producción de CFC en septiembre de 2005, lo que representa una reducción del 12% a nivel mundial y del 60% en Latinoamérica.

Otro aspecto a tener en cuenta es que México no disminuyó su consumo de SAO de manera definitiva, sino que realizó una sustitución de los compuestos con mayor PAO. Por ejemplo, ha sustituido CFC por HCFC.

El siguiente gran reto para México será lograr la eliminación temprana de la producción y consumo de HCFC, que se propuso durante la Décimo Novena Reunión de Partes del Protocolo de Montreal en septiembre de 2007.

Se ignora cuándo la capa de ozono alcanzará su nivel normal, debido a la larga vida de las SAO y a su reacción en cadena, así como al calentamiento global, pues éste ocasiona la liberación adicional de SAO al derretirse los hielos. No obstante, se presume que la recuperación podría suceder a mediados de siglo, si todas las partes cumplen con el Protocolo de Montreal.

Sin embargo, hasta 2011, el agujero en la capa de ozono que se forma estacionalmente en la Antártica, está presente sin disminuir considerablemente su extensión.

5.2 Cambio climático y mitigación de gases de efecto invernadero (GEI)

El cambio climático abrupto que se está presentando en las últimas décadas, se atribuye a las actividades humanas que han incrementado la presencia en la atmósfera terrestre de GEI, como el CO₂, el CH₄ y el N₂O.

La presencia de estos gases y sus efectos sobre el clima terrestre, viene a añadirse a la variabilidad natural observada del clima, según la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, Artículo 1, Definiciones, 1992.

De forma natural, la atmósfera tiene la particularidad de ser transparente a la radiación solar visible. Esta radiación que incide en la superficie terrestre, es reflejada o absorbida por la atmósfera, por lo que una fracción de ella calienta dicha superficie.

Los GEI, de origen antropogénico, hacen que la atmósfera retenga radiación infrarroja adicional, calentando la superficie del planeta. Este fenómeno es el denominado efecto invernadero, que resulta en la captura de energía y en el incremento de la temperatura en la superficie.

Los principales gases de efecto invernadero que se encuentran de manera natural en la atmósfera son CO_2 , CH_4 , O_3 , N_2O y vapor de agua. Sin la presencia de estos gases, la temperatura del planeta tendría un promedio del orden de 18°C bajo cero.

La concentración de GEI se ha incrementado sostenidamente desde la revolución industrial,

rompiendo el equilibrio existente y aumentando la temperatura en el planeta en el orden de 1°C desde esas épocas.

Las principales fuentes antropogénicas de emisión de GEI en México se listan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Fuentes de GEI en México

GEI	Principales fuentes de emisión en México.
CO_2	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, sector energético y procesos industriales.
Metano (CH_4)	Emisiones fugitivas por petróleo, gas natural, gas LP, descomposición entérica y algunos cultivos en agricultura, rellenos sanitarios, tratamiento de aguas residuales y deposiciones del ganado.
N_2O	Suelos agrícolas, plantas de tratamiento de aguas residuales, transporte e incineración de residuos sólidos.
NO_x	Transporte, industria, generación de electricidad, industria química, residencial, agricultura, comercial.
CO	Transporte, industria, industria de la energía, industria química, producción metálica, residencial, agricultura.
Compuestos orgánicos volátiles no incluido el metano (COVNM)	Transporte, industria, generación de electricidad, industria química y productos minerales, residencial.
SO_2	Transporte, industria, industria de la energía, generación de electricidad, productos minerales, residencial, agricultura, comercial.
Perfluoro-carbonos (PFC),	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos.
Hidrofluoro-carbonos (HFC),	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos.
Hexafluoruro de azufre (SF_6)	Refrigerantes industriales y de transformadores en redes de distribución eléctrica, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos.

Fuente: SEMARNAT

El dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), es la unidad estándar para expresar las emisiones de gases de efecto invernadero de manera que sus impactos puedan ser comparados, ya que algunos gases contribuyen al calentamiento global en mayor medida que otros.

Por otra parte, la huella de carbono cuantifica la cantidad de CO₂eq emitido a la atmósfera. Para este estudio se calculan las emisiones de los principales GEI: CO₂, CH₄ y N₂O. Estas emisiones son posteriormente convertidas a CO₂eq utilizando el potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés), reportadas por Panel Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), para un horizonte temporal de 100 años.

El Estado de Puebla emitió 3.5 ton CO₂eq/hab en 2009, originadas por el consumo de energía. Este valor representa el 62% del valor promedio nacional reportado en el Balance Nacional de Energía 2009 (SENER), que es de 4 ton CO₂eq/hab.

El gobierno del Estado de Puebla gestionó, a través de la SEMARNAT, la *Estrategia de mitigación y adaptación del Estado de Puebla ante el cambio climático*. En dicho documento se plantean escenarios futuros para cambio climático y emisiones de GEI, así como medidas de mitigación y acciones a desarrollar en el Estado.

5.3 Black Carbon

El *Black Carbon (Carbón negro)*, proviene de la combustión incompleta de combustibles fósiles, la quema de combustibles sólidos y de biomasa. Los incendios forestales y prácticas agrícolas como la "roza" o quema de monte son fuentes importantes de este contaminante. Es uno de los principales constituyentes del hollín y forma parte de los forzadores climáticos de corta vida, llamados así porque permanecen en el aire solamente algunos días o semanas, tiempo relativamente corto comparado con otros gases.

Este contaminante acelera el derretimiento de los cuerpos de hielo del planeta al depositarse en su superficie y absorber la radiación del sol, liberándola en forma de calor y provocando así su deshielo. Como resultado de este proceso, el ciclo

del agua se ve alterado, incrementando el riesgo de inundaciones.

Debido a que es un contaminante de corta vida, las medidas que se tomen al respecto mostrarán sus efectos en el orden temporal de meses.

Entre las medidas propuestas para su disminución están: el uso de estufas ecológicas que reducen la demanda de leña (previniendo además la deforestación); los hornos de ladrillo mejorados que consumen hasta un 50% menos de combustible; y el uso del llamado *clean diesel* (diesel bajo en azufre), que reduce significativamente las emisiones de carbón negro.

En febrero de 2012, los gobiernos de Estados Unidos, Canadá, Suecia, Bangladesh, Ghana y México, se unieron para crear la Coalición por el Clima y el Aire Limpio (*Climate and Clean Air Coalition*) que busca fomentar medidas para la reducción de las emisiones de O₃ y Black Carbon. Estas medidas se deben aplicar de manera conjunta con las enfocadas a la reducción de emisiones de GEI, pues no las sustituyen (*U.S. Department of State, 2012*).

5.4 Contaminantes tóxicos

La Ley de Aire Limpio de la *United States Environmental Protection Agency (EPA)*, designa 188 sustancias como contaminantes peligrosos del aire (*HAP*, por sus siglas en inglés), listadas en el documento extenso.

La exposición a concentraciones de contaminantes tóxicos del aire por tiempos determinados pueden causar efectos adversos a la salud humana y al ambiente.

Los contaminantes tóxicos ingresan al cuerpo humano desde el medio ambiente por inhalación, por la piel o por las mucosas. Cuando no son neutralizados llegan al torrente sanguíneo y posteriormente al resto del organismo. Su ciclo completo abarca las fases de absorción, circulación, distribución, fijación y eliminación. Algunos actúan sin penetrar en el organismo.

Según la NOM-052-SEMARNAT-2005 de los residuos peligrosos, la toxicidad se define como la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias, de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas, y la toxicidad ambiental se define como la característica de una sustancia o mezcla de sustancias que ocasionan un desequilibrio ecológico.

Los habitantes de las zonas urbanas y rurales están expuestos a los contaminantes tóxicos ambientales, dependiendo de sus entornos sociales y laborales.

Los efectos originados por la exposición a los tóxicos ambientales pueden clasificarse en:

Tóxicos. Relacionados directamente con la dosis recibida y con cierta especificidad de actuación nosológica. Cuando deriva el daño a la salud de una exposición única, se habla de *intoxicación aguda* y de toxicidad con efectos no diferidos. Cuando deriva de una exposición repetida, se denomina *intoxicación crónica* por acumulación de efectos o por acumulación de dosis.

Asfixiantes. Producen disminución del oxígeno e incremento del bióxido de carbono a nivel sanguíneo.

Anestésicos y/o narcóticos. Provocan acción depresora del sistema nervioso central.

Sensibilizantes. Producen una reacción de tipo alérgico, inmediata o tardía.

Efectos sobre el aparato respiratorio. Resultado de la reacción del aparato respiratorio ante partículas sólidas, dando cuadros clínicos de neumoconiosis o alteración pulmonar por sensibilización, reacción inmune o cáncer a nivel pulmonar.

Efectos de genopatías y embriopatías. Actúan sobre el producto de la concepción, llegando desde la inviabilidad, a la prematuridad o daño congénito.

Efectos irritantes. Provocan reacciones inflamatorias sobre piel y mucosas.

Cuadros de base inmunológica. Debe valorarse especialmente la reactividad cruzada entre

productos químicos medioambientales alergógenos. Recientemente ha sido identificada la molécula responsable de los cuadros alérgicos producidos por alimentos y productos químicos y ha sido llamada Gi-3.

Algunos tóxicos son rechazados con base en su aspecto, olor o sabor desagradables, por la defensa sensorial y psíquica, la aparición de vómitos y diarreas por irritación del aparato digestivo.

Las sustancias químicas pueden llegar desde el medio ambiente al cuerpo humano, siendo más activas las de tipo liposoluble, dada la constitución lipídica de las membranas de las células.

La concentración y el ritmo de incorporación al cuerpo humano, junto con los factores del individuo como tipo, nivel de salud, edad, tolerancia, susceptibilidad, etc., pueden definir la gravedad y evolución clínica. Los efectos sobre la salud varían según la naturaleza de los contaminantes, el tiempo de exposición y la concentración de los mismos.

5.4.1 Información toxicológica general

Existen varios parámetros que definen los valores máximos permisibles de los productos químicos para el organismo humano. Generalmente estos valores máximos son expresados en:

1. Partes por millón (ppm). Así se expresa el valor umbral límite (VUL).
2. Miligramos por metro cúbico (mg/m^3) Así se expresa la concentración letal (CL).
3. Miligramos por kilogramo (mg/kg) Así se expresa la dosis letal (DL).
4. CPT. Concentración promedio ponderada en tiempo (8 horas de exposición).
5. CCT. Concentración de exposición a corto tiempo (15 minutos por cuatro veces máximo).

Actualmente, menos de la mitad de los contaminantes tóxicos son monitoreados.

5.5 Radiación Electromagnética No-Ionizante (REMNI) y sus efectos en la salud Pública

La Radiación Electromagnética No Ionizante (REMNI), es el término que identifica a la región del espectro Electromagnético en la que la energía del fotón emitido no es suficiente para romper el enlace entre los electrones, átomos o moléculas.

En esta región del espectro se incluyen la Radiación Infrarroja y las ondas de radio, con sus respectivos campos electromagnéticos: desde la banda de extrabaja frecuencia (ELF, por sus siglas en inglés: *Extra Low Frequency*), a 50-60 Hz; hasta frecuencias de 300 GHz en la banda SHF (*Super High Frequency*) y campos eléctricos y magnéticos estáticos (WHO 2006, ICNIRP 1998).

Aunque, en principio, es aceptado que REMNI no ioniza las estructuras atómicas de la materia en general y de los sistemas biológicos en particular, sí provoca otros efectos que se presentan por calentamiento en los tejidos (*World Health Organization*, 2006), o por alteración de reacciones químicas dentro de los organismos vivos.

Por lo general, los estándares para campos electromagnéticos de baja frecuencia son seleccionados para evitar efectos adversos en la salud, debido a la inducción de corrientes eléctricas en el cuerpo, mientras que los estándares para campos de Radio Frecuencia (RF), previenen los efectos en la salud causados por el calentamiento localizado o en todo el cuerpo (*World Health Organization; Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields*, 2002).

Una vertiente de investigación que ha sido explorada en los últimos años, tiene que ver con la acción simultánea de diferentes fuentes de REMNI que interactúan con un sistema biológico expuesto. De acuerdo con diversos estudios, en este caso se presenta la posibilidad de un efecto sinérgico cuyas consecuencias en la salud aún no han sido suficientemente evaluadas, principalmente para radiaciones electromagnéticas con altas frecuencias de operación (*World Health Organization*, 2006).

A pesar de la gran cantidad de estudios e investigaciones que se han realizado a nivel internacional (sobre todo en Europa y en Estados Unidos donde ya existen regulaciones al respecto), en México son incipientes los esfuerzos que se realizan para investigar la interrelación REMNI-organismos vivos y hasta el momento se carece de una legislación mexicana (nacional, estatal o municipal), que limite los valores máximos de exposición de la población a REMNI, sobre todo en zonas urbanas ya sea con alta densidad de población o en zonas escolares.¹

Hasta el momento, algunos de los resultados que se reportan en la literatura científica son los siguientes:

En 2002, la IARC (*International Agency for Research on Cancer*) publicó los resultados de una evaluación de riesgos en la salud debido a la exposición a campos electromagnéticos (*Monograph on the evaluation of carcinogenic risk to Humans series*). El grupo experto encargado del análisis escribió: "IARC concluye que los campos magnéticos de extra baja frecuencia (ELF) son posibles carcinogénicos humanos, basados en asociaciones estadísticas consistentes de campos magnéticos de alto nivel residencial con el riesgo de leucemia infantil (*International Agency for Research on Cancer*, 2011).

Estudios en el sistema nervioso central, han mostrado que la exposición a campos electromagnéticos, deprime la actividad de diferentes tipos de sistemas neurotransmisores (Krewski, Byus, Glickman, Habash, Habbick, & Lotz, 2001).

Los pulsos energéticos de radio frecuencia que usan las antenas para los teléfonos celulares y los mismos celulares producen señales moduladas que afectan la salud de los seres vivos (Hyland, 2000, página de la WHO).

¹Una extensa revisión bibliográfica sobre el tema aparece en las páginas electrónicas:

www.rsc.ca//files/publications/expert_panels/RF//expert_panel_radiofrequency_update2.pdf

http://www.who.int/peh_emf/meetings/base_stations_june05/en/index1.html.

En un estudio denominado *Influencia de la radiación electromagnética emitida por antenas de microondas en la salud del ser humano*; un estudio estadístico en pacientes con cáncer y publicado en 2005, se alerta sobre los efectos de la REMNI sobre los seres vivos.

Adicionalmente, se ha detectado que la exposición prolongada a campos electromagnéticos de baja frecuencia está asociada al incremento de casos de leucemia infantil (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, 2010).

En el año 2002 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó los campos magnéticos de 50Hz como posibles agentes cancerígenos (*Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency*).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), miembro de la Organización Mundial de la Salud (OMS), clasificó los campos electromagnéticos de radiofrecuencia como posibles agentes cancerígenos para el humano, debido al incremento del riesgo de glioma, un tipo de cáncer cerebral, asociado al uso de teléfonos celulares (*International Agency for Research on Cancer*, 2011, pág. 1).

Derivado de esta situación mundial, el área de ingeniería y tecnología de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) ha iniciado una búsqueda de las publicaciones científicas más relevantes a nivel mundial en materia de los efectos biológicos y riesgos potenciales en campos electromagnéticos (Felipe García Carlos, 2011).

A continuación se presentan los resultados de un estudio realizado en enero de 2012 que reporta mediciones de REMNI, por el grupo de trabajo que coordina el ProAire 2012-2020, en la ciudad de Puebla.

Estos resultados contemplan la medición *in situ* de fuentes de REMNI, en una región céntrica de la ciudad de Puebla y con gran afluencia de personas, sobre todo niños, debido a que en la zona de medición se encuentran las instalaciones de un centro escolar.

5.5.1 Mediciones de REMNI en inmediaciones de instalaciones subterráneas de alta tensión en la ciudad de Puebla que operan a 60 Hz.

Método:

1. Se eligió una zona densamente poblada de la ciudad de Puebla: la calle 11 Oriente desde la esquina del Boulevard 5 de mayo hasta la calle 10 Sur donde se encuentran las líneas de alta tensión que salen de las instalaciones de la Sub-Estación Eléctrica 5 de Mayo (figura 5.1).
2. Se eligieron las calles 8 Sur entre 9 y 11 Oriente y 9 Oriente entre el Boulevard 5 de mayo y 8 Sur, ya que rodean a la Sub-Estación y porque esta última es utilizada como paradero de rutas de transporte público.
3. El objetivo es identificar puntos de riesgo que impliquen exposiciones a intensidad de campo magnético superiores a 100 miligauss (mG), de acuerdo a los límites máximos de exposición recomendados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, por sus siglas en inglés).
4. Se definieron los ejes de coordenadas tridimensionales para obtener mediciones en las direcciones X, Y, Z, mutuamente perpendiculares para cada punto de medición. Para un mismo punto se realizaron dos lecturas: una a ras de piso y la otra a un metro de altura.
5. A lo largo de la calle se realizaron mediciones a cada 3 m en la dirección del tendido de la red subterránea. A continuación se definieron el eje X apuntando el medidor hacia el norte geográfico, el eje Y en posición vertical y perpendicular a X, y finalmente el eje Z con el medidor en posición horizontal y perpendicular al eje X.

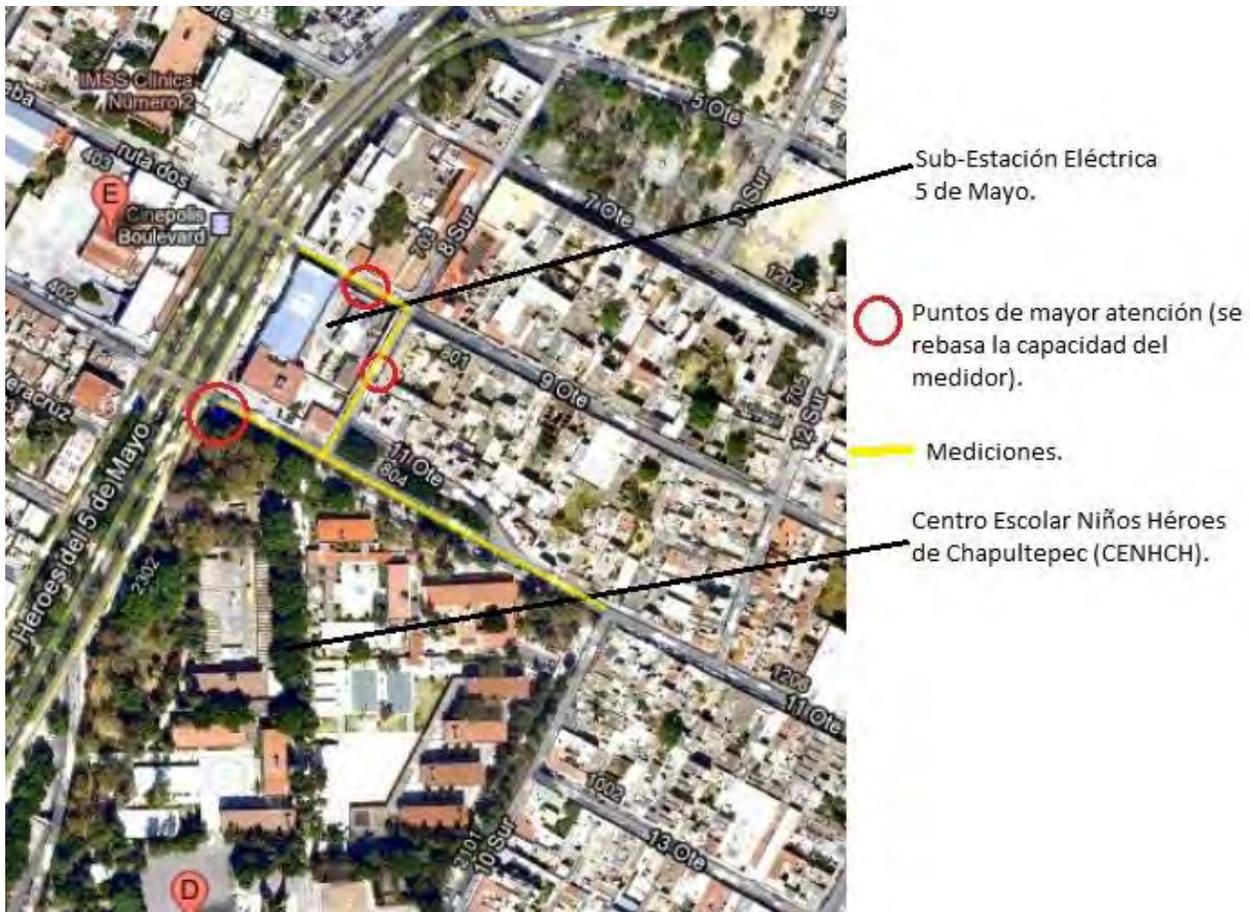


Figura 5. 1 Ubicación de la zona de mediciones de radiación electromagnética no ionizante.

6. Una vez capturados los datos, se procedió a graficar individualmente las intensidades de campo para cada una de la componentes (X, Y, Z) a lo largo de la calle; enseguida se procedió a graficar las intensidades del campo magnético total a lo largo de la calle.

Datos:

Fecha de mediciones.- 18 de enero del 2012 de 9:43 a 12:50. Se realizaron un total de 134 mediciones, efectuados con el detector "EMF- 822 Lutron".

En las figuras 5.2 y 5.3 se muestran las gráficas donde se muestran los puntos que rebasaron los límites de exposición propuestos por ICNIRP.

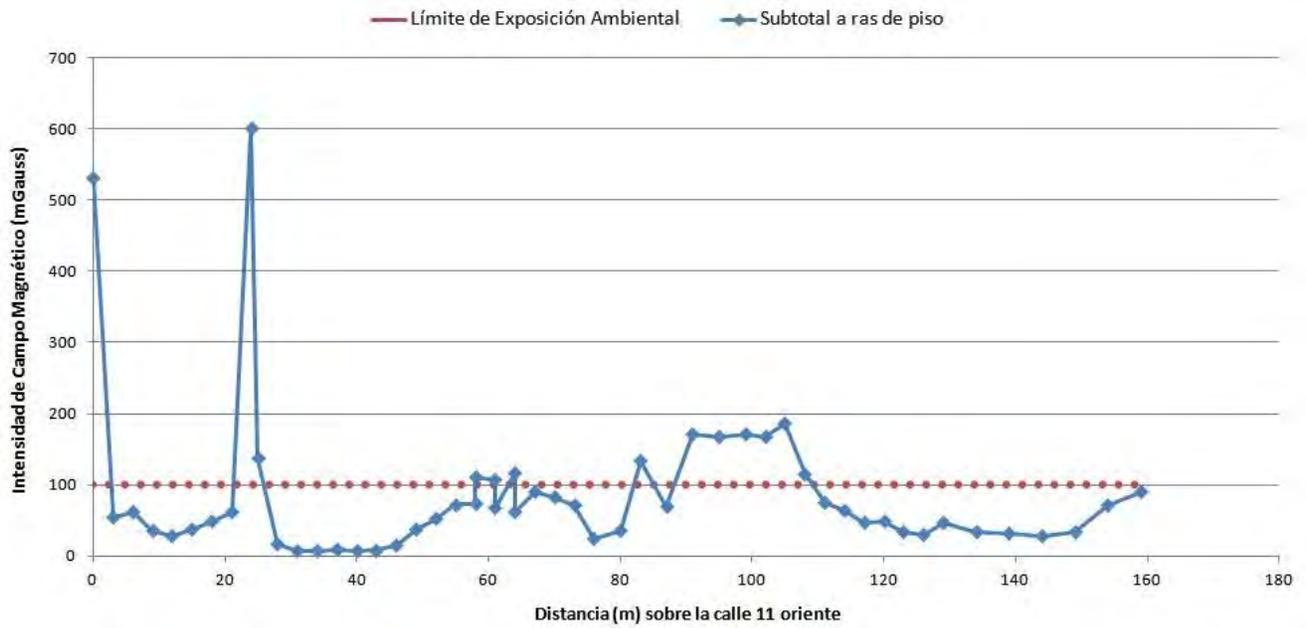
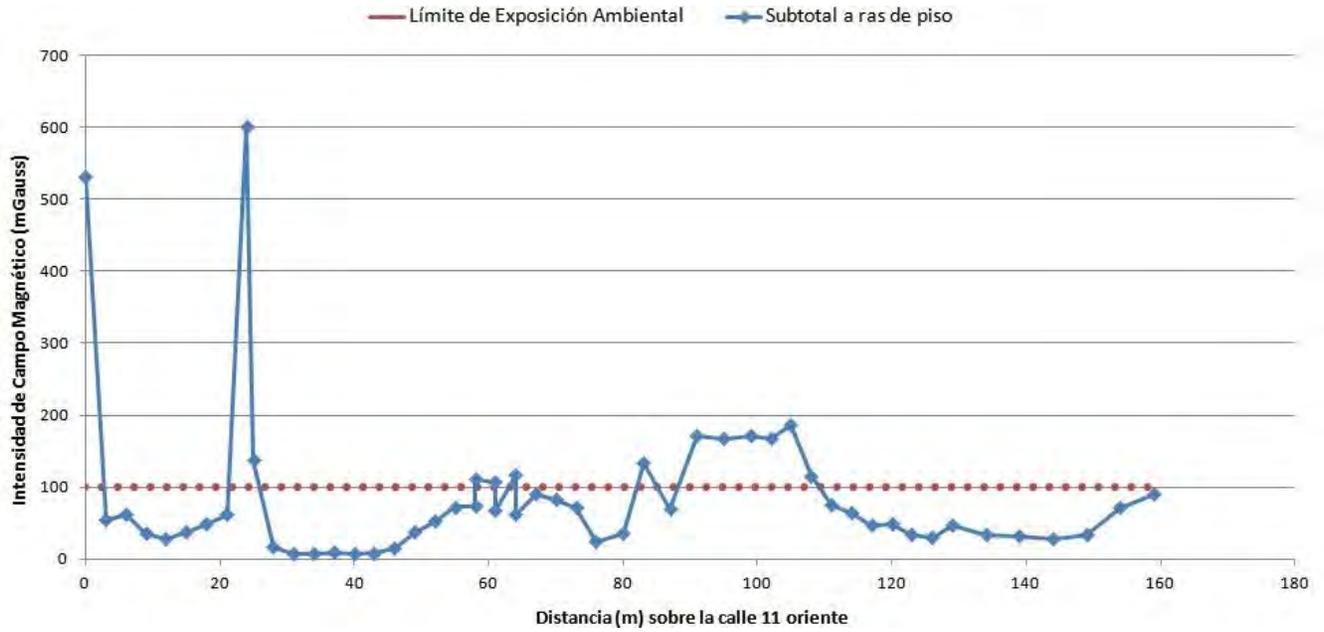


Figura 5. 2 Puntos que rebasaron los límites de exposición propuestos por ICNRP.

(Mediciones realizadas sobre la calle 11 Oriente a ras de suelo. El origen se encuentra en el Boulevard 5 de Mayo)

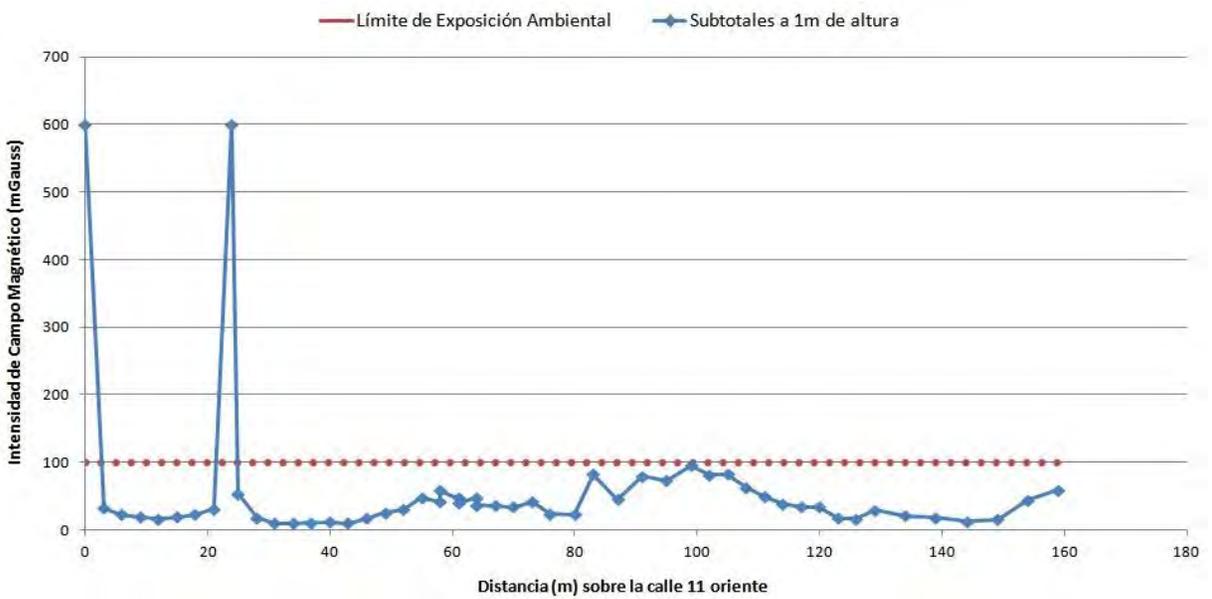
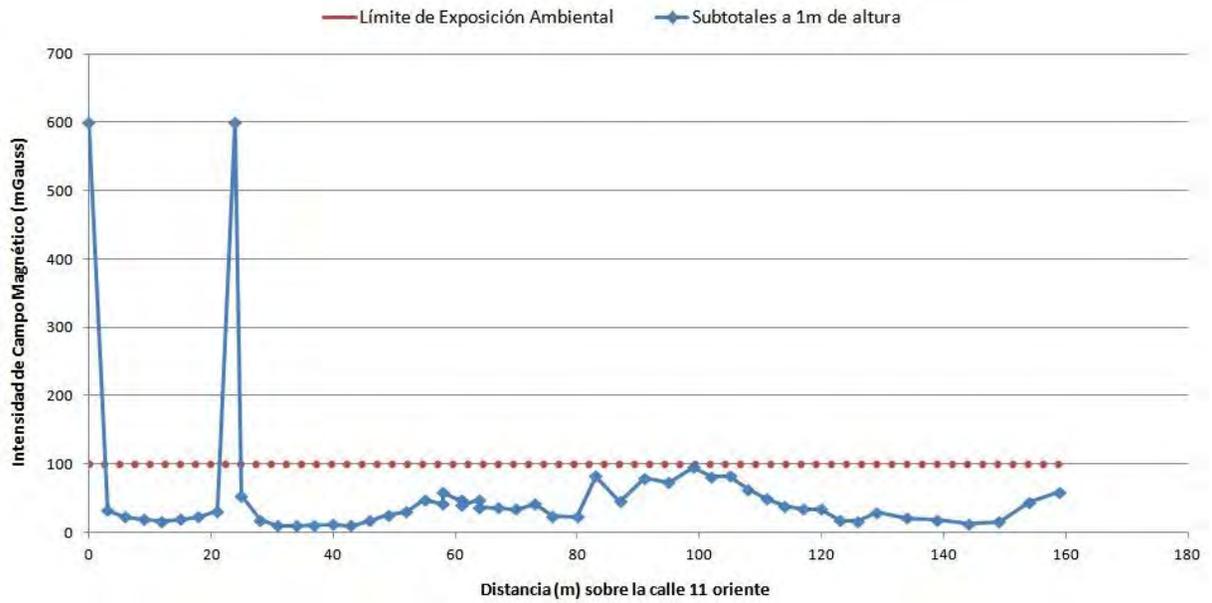


Figura 5. 3 Puntos que rebasaron los límites de exposición propuestos por ICNRP.

(Mediciones realizadas sobre la calle 11 oriente a 1m de altura. El origen se encuentra en el Boulevard 5 de Mayo)



6

**Diseño de políticas públicas,
marco jurídico, capacidades
institucionales y criterios de gestión
de la calidad del aire**

6. Diseño de políticas públicas. Marco Jurídico, capacidades institucionales y criterios de gestión de la calidad del aire.

Los temas ambientales han cobrado gran importancia, impulsados por la actual crisis ambiental; pero sobre todo, por los efectos negativos de la contaminación y degradación de los ecosistemas sobre la salud, el bienestar y la calidad de vida de los seres humanos.

En ese sentido, el Instituto Nacional de Ecología lleva a cabo cuatro agendas científicas, entre las que se encuentra la denominada agenda gris, que está vinculada con el control de la contaminación en los ámbitos locales, regionales y global.

La exposición a los contaminantes atmosféricos está en gran medida fuera del control de los individuos, por lo que se requieren acciones de intervención que sean ejecutadas por las autoridades locales, para reducir sus efectos sobre la salud.

Esas medidas adquieren la forma de políticas públicas ambientales, su desarrollo implica la integración de instrumentos jurídicos, programáticos y económicos, que a través de una metodología que comprende planeación, ejecución, monitoreo y evaluación, tienen como finalidad gestionar la calidad del aire para reducir la contaminación de la atmósfera a niveles que no representen riesgos para la salud de los individuos y seres que cohabitan en el entorno.

Los programas de gestión para mejorar la calidad del aire (ProAire), son una ventana de oportunidad que permiten reducir las emisiones a la atmósfera que provienen de automóviles, de la industria y otras actividades productivas, para mejorar así la calidad del aire y reducir la exposición de la población a los contaminantes, así como establece mecanismos de gestión de riesgos. También integra a distintos sectores relacionados con el uso y goce de la atmósfera. Con la nueva reforma constitucional al artículo 4°, en la que se sustituye el término “adecuado” por el de “sano”, se sienta un precedente que obliga a las autoridades de los distintos órdenes de gobierno a actuar en consecuencia en beneficio de la calidad del aire de todos.

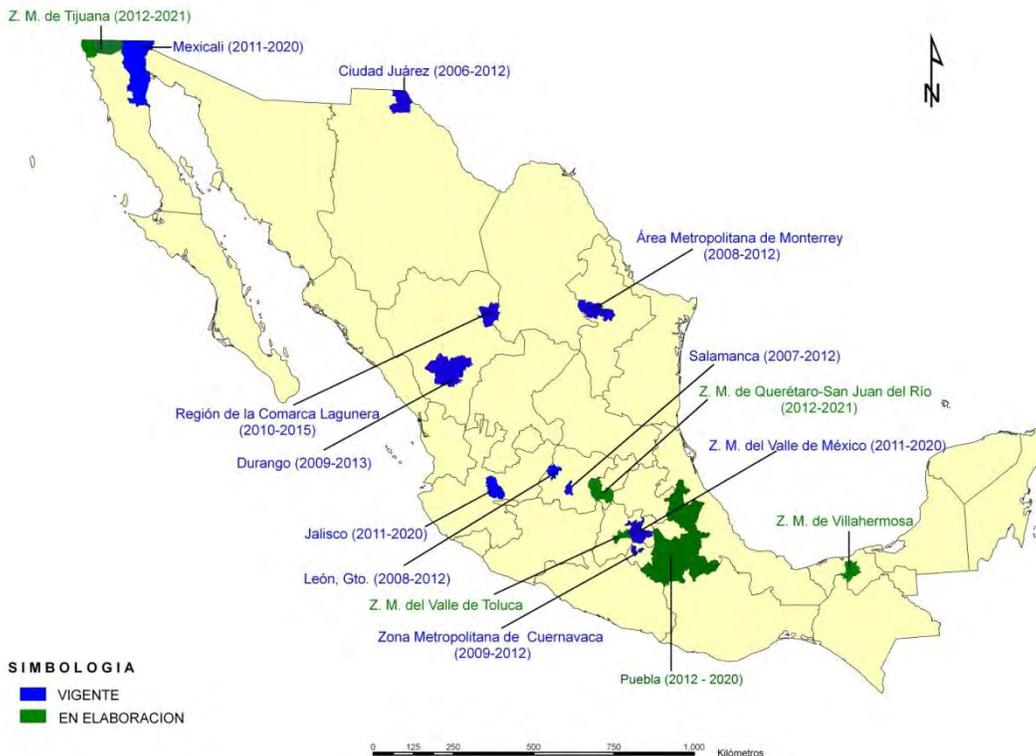


Figura 6.1 Ubicación geográfica de ProAires y población beneficiada.

Fuente: DGGCARETC - Semarnat

En este capítulo se aborda en primer término la revisión al marco jurídico federal en materia de prevención y contaminación atmosférica, se estudia la concurrencia de competencias en el tema, y se realiza un examen comparativo entre las legislaciones de todos los Estados de la República Mexicana con particular énfasis en el caso del Estado de Puebla.

Del marco jurídico se pasa al programático, donde se comenta brevemente, los nuevos enfoques de política propuestos y en operación en otros países, que pueden servir de referente para el Estado.

Dado que la contaminación atmosférica tiene importantes implicaciones económicas, en el apartado correspondiente se presenta un estudio comparativo de los diversos instrumentos económicos disponibles, en particular los utilizados

por cuatro entidades federativas y el Distrito Federal, en las que se han desarrollado programas de gestión de la calidad del aire con relevante éxito como marco de referencia para Puebla.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones para el nuevo ProAire Puebla 2012-2020.

6.1. Marco jurídico actual

6.1.1 Fundamento constitucional del marco jurídico ambiental.

Es importante precisar que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), establece el sistema de competencias que rige tanto a la federación como a Estados y municipios, al que deben ajustarse en el ejercicio de sus facultades (Figura 6.2).



Figura 6.2. Sistema Constitucional de Competencias

Este orden constitucional dispone, que corresponde al Congreso de la Unión legislar en las materias que expresamente le reserva la CPEUM y en aquellas que la misma Constitución reserva a los Poderes de la Unión; al poder ejecutivo federal, ejecutar las leyes que expide el Congreso de la Unión, así como proveer en la esfera administrativa su exacta observancia, con base en lo cual, el ejecutivo federal expide los reglamentos de las leyes federales que son de su competencia.

Por su parte, las facultades que no están expresamente concedidas a la federación, se entienden reservadas a los Estados, y las facultades de los municipios son aquellas que les están expresamente atribuidas en el artículo 115 de dicho instrumento

En materia ambiental encontramos diversas disposiciones constitucionales en el capítulo

correspondiente a los derechos humanos y sus garantías, lo que hace del respeto y cumplimiento de estos derechos una responsabilidad del Estado (Tabla 6.1).

De acuerdo a lo establecido en diferentes artículos de la Constitución (tabla 6.1), puede observarse, que el Constituyente consideró que el cuidado del ambiente y la preservación de los recursos naturales, que comprende la prevención y control de la contaminación atmosférica y el cuidado de la calidad del aire, es una responsabilidad de los Poderes de la Unión, quienes deben crear las leyes y asumir las responsabilidades derivadas de ellas para formalizar las políticas públicas en la materia, orientar el quehacer gubernamental y asegurar su objetivo fundamental de conservar el patrimonio natural del país.

Tabla 6.1. Base constitucional de la legislación ambiental

Derechos humanos, garantías constitucionales y facultades reservadas expresamente a los Poderes de la Unión

- *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.”(Artículo 4°).*
- *“Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable...” (Artículo 25).*
- *“La nación tendrá en todo tiempo el derecho de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales... cuidar de su conservación... En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para... preservar y restaurar el equilibrio ecológico... y para evitar la destrucción de los elementos naturales...” (Artículo 27).*
- *El Congreso de la Unión está facultado “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.” (Artículo 73, Fracción XXIX G).*

Facultades para legislar expresamente conferidas al Congreso de la Unión

- La contaminación industrial y la realización de actividades altamente riesgosas (Artículo 73, fracción X).
- La flora y la fauna silvestre, acuática y terrestre (Artículos 27 y 73, fracción XIII).
- Los efectos de la contaminación en la salud (Artículo 73, fracción XVI).
- El transporte de residuos y sustancias tóxicas, así como el transporte de especies de la flora y fauna acuática y terrestre (Artículo 73, fracción XVII).
- Las aguas nacionales (Artículos 27 y 73, fracción XVII).
- Pesas y medidas (Artículo 73, fracción XVIII).
- El ordenamiento ecológico territorial y el impacto ambiental (Artículos 27 y 73, fracción XXIX-D).
- Las guías ecológicas para la importación o exportación de residuos peligrosos (Art. 73, fracción XXIX-A).

6.1.2 Concurrencia en materia ambiental

Excepcionalmente, la Constitución prevé, en el artículo 73, fracción XXIX-G, una variante a la distribución de facultades que deriva del sistema de competencias, al establecer en determinadas materias, la concurrencia de las autoridades

federales, las estatales, y en su caso las municipales.

De esta manera se establece la concurrencia de los tres niveles de gobierno, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

6.1.3 Competencias en materia de contaminación a la atmósfera

En cumplimiento de la facultad para legislar en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el Congreso de la Unión expidió en 1988 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), vigente, en cuyos primeros artículos 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.

Al establecer las facultades correspondientes a los diferentes órdenes de gobierno, el legislador se basó en el sistema de competencias establecido en la CPEUM, y en una estrategia de vinculación y complementariedad en la actuación de la federación, los Estados y los municipios, 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.

La distribución de competencias por nivel de gobierno establecida por la LGEEPA, en materia de contaminación a la atmósfera se presenta en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Distribución de competencias en materia de contaminación de la atmósfera

Ley general del equilibrio ecológico y la protección del ambiente		
Federación / SEMARNAT (Artículo 5°)	Estados (Artículo 7°)	Municipios (Artículo 8°)
XII.- La regulación de la contaminación de la atmósfera, proveniente de todo tipo de fuentes emisoras, así como la prevención y el control en zonas o en caso de fuentes fijas y móviles de jurisdicción federal.	III.- La prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles, que conforme a lo establecido en esta Ley no sean de competencia Federal.	III.- La aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios, así como de emisiones de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes móviles que no sean consideradas de jurisdicción federal, con la participación que de acuerdo con la legislación estatal corresponda al gobierno del Estado.

En la LGEEPA son consideradas fuentes fijas de jurisdicción federal las industrias química, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos.

6.1.4 Marco legal federal en materia de contaminación atmosférica

De la revisión al marco legal federal, con relación a las disposiciones relativas a la contaminación atmosférica (Tabla 6.3), derivó información importante a considerar con el objeto de proponer las adecuaciones normativas e institucionales que permitan dotar al gobierno del Estado de Puebla de una base jurídica consistente para operar su Programa Estatal de Calidad del Aire.

Las disposiciones contenidas en la LGEEPA, son determinantes del contenido y alcance de las leyes estatales y los reglamentos municipales en la materia, porque al ser una ley marco, obliga a Estados y municipios al ejercicio de sus facultades.

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, que referente a calidad del aire y a la prevención y control de la contaminación atmosférica, contempla, a excepción del monitoreo del aire, los instrumentos presentados en la tabla 6.3.

Siendo la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la responsable de evaluar la calidad del ambiente y establecer y promover el sistema de información ambiental.

Tabla 6.3. Disposiciones en la LGEEPA relativas a la contaminación atmosférica

LGEEPA	
Tema	Artículos
Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.	109 BIS.
Prevención y control de la contaminación a la atmósfera.	5, fracción XII, 7, fracción III, 8, fracción III, y 110 a 116.
Sistema Nacional de Información Ambiental.	159 BIS a 159 BIS 6.
Monitoreo de la calidad del aire.	111, fracción VII, 112, fracción VI, y 159 BIS.
Normas oficiales mexicanas.	5, fracción V, 7, fracciones III y VII, 8 fracción III y XII, y 111.

El Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales integra, entre otros aspectos, información relativa a los mecanismos y resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del aire, del agua y del suelo.

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; así como la obligación de enviar a la Secretaría los reportes locales de monitoreo atmosférico y establece que tanto a Estados como a municipios les corresponde vigilar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la federación.

6.1.5 Marco Legal en las Entidades Federativas en Materia de Contaminación Atmosférica

Los 31 Estados y el Distrito Federal cuentan con disposiciones relativas al ambiente y al equilibrio ecológico en sus constituciones y en sus leyes orgánicas. Sin embargo, sólo en dos constituciones estatales se hace referencia expresamente a atmósfera (Nuevo León) y a cambio climático (Tabasco).

De las leyes orgánicas de los Estados, sólo 15 de ellas contienen dispositivos relativos a la contaminación atmosférica, al aire o al cambio climático y cuentan con la base constitucional específica en la materia.

No obstante las legislaturas de los Estados y el Distrito Federal, con la base constitucional federal que les confiere facultades para legislar en materia de protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Todas las leyes ambientales estatales contienen dispositivos normativos relativos al Sistema de Información Ambiental, al monitoreo de la emisión de contaminantes, la prevención y control de la contaminación a la atmósfera, salvo la del Estado de Tlaxcala; 23 de ellas hacen referencia al RETC.

Existen otros instrumentos de gran importancia al analizar la integración de las leyes ambientales en materia de contaminación atmosférica, estos se refieren a: cambio climático, programa de calidad del aire, verificación de emisiones de fuentes móviles y desarrollo de instrumentos económicos.

En relación a éstos, sólo diez leyes ambientales estatales hacen referencia al cambio climático, siete no contemplan planes o programas de calidad del aire, y dos de ellas no hacen referencia a instrumentos económicos. Sin embargo, todas contienen dispositivos normativos con el objeto de regular la contaminación proveniente de fuentes móviles.

Como parte del presente trabajo se realizó un análisis comparativo de la legislación local para cuatro entidades federativas (Baja California, Estado de México, Michoacán y Puebla) y el Distrito Federal en materia de contaminación atmosférica y cambio climático, que permite observar algunas diferencias (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica

Ley ambiental	RETC	Previsión y control de la contaminación de la atmósfera	Sistema Estatal de Información Ambiental (Atmósfera)	Monitoreo de la calidad de aire	Cambio climático	Programa de calidad del aire	Verificación de emisiones fuentes móviles	Incentivos económicos y/o fiscales
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.	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.
Baja California	Artículos 108 y 109.	Artículos 107, 108, 110 a 119.	Artículos 89, 161 y 162.	Artículos 112, fracción VII, 113, fracción VI, 115, fracción II, y 161.	-	Artículos 112, fracción I.	Artículos 9, fracción XIX, 113, fracción XIII, y del 117 a 119.	Artículo 82, fracción III.
Distrito Federal	Artículos 9, fracción XXXVIII, 61 bis, fracción IX, y 127.	Artículos 123, 126, 127, 131 a 150.	Artículo 76.	Artículos 9, fracción XXXIX, 76, y 133, fracción VI.	-	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.
Estado de 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.,	-	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.
Michoacán	Artículos 8, fracción XXIX, y 101.	Artículos 8, fracción VIII, 14, fracciones VI a IX, y del 107 al 123.	Artículos 8, fracción XXXV, 159, y 160.	Artículo 108, fracciones IV, V.	Artículos 24, fracción VI, 85, fracción III, y 107.	Artículo 110.	Artículos 8, fracción VIII, XXIV, 14, fracciones VI, VII, VIII, IX, y del 120 al 123.	Artículos 7, fracción III, 111, y 174, fracción VI.
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.	-	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.

6.1.6 Marco Jurídico del Estado Libre y Soberano de Puebla en materia de contaminación de la atmósfera

Si bien la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla establece el deber del Estado de conservar un ambiente sano y favorable para sus habitantes, así como la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, no se refiere de manera específica ni al tema de cambio climático ni a la prevención o control de la contaminación atmosférica. No obstante, en la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Puebla sí existen disposiciones al respecto, confiriéndole incluso a la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT), facultades para prever y controlar la contaminación ambiental, impulsar energías alternativas y promover el cumplimiento de las NOM, entre otras.

Tabla 6.5. Instrumentos, mecanismos y procedimientos regulados por la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla

RET C	Previsión y control de la contaminación de la atmósfera	Sistema Estatal de Información Ambiental (Atmósfera)	Monitoreo de la calidad de aire
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.
Cambio climático	Programa calidad del aire	Verificación de emisiones fuentes móviles	Instrumentos económicos
Ninguno	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.

Con relación al fundamento legal del Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Puebla, la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, contiene disposiciones que podrían darle sustento, como el objetivo que establece en el sentido de sentar las bases para la prevención y control de la contaminación del aire agua y suelo (Artículo 1°) y que la Secretaría debe formular un programa para reducir la producción, transporte, comercialización y uso de todas las sustancias que hayan sido identificadas como nocivas para la capa de ozono, directa o indirectamente (Artículo 118). Incluso el artículo 119 hace referencia a los “programas que para controlar la contaminación y prevenir contingencias ambientales emita la Secretaría”.

La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla establece en su artículo 112, que el ejecutivo del Estado y los municipios promoverán, en sus respectivas competencias, la mejoría de la calidad de vida y la productividad de las personas, a través de 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, y que para ello se dictarán las leyes y disposiciones necesarias.

Por su parte, la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, contempla diferentes instrumentos, mecanismos y procesos regulados en el Estado (Tabla 6.5), aún no se han incorporado al texto de la ley, los dispositivos relativos al cambio climático.

Sin embargo, es pertinente señalar que no existe una disposición que de manera expresa confiera al Estado la facultad de elaborar y aplicar dicho Programa. Cabe destacar la estrecha vinculación que existe entre ambiente y salud, particularmente en materia de calidad del aire y contaminación atmosférica, lo que deberá traducirse en estrategias de coordinación entre las autoridades de dichos sectores, a efecto 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 6.6).

Tabla 6.6. Disposiciones que vinculan el quehacer institucional de los sectores salud y ambiente del Estado de Puebla.

Salud y ambiente	
Ley Estatal de Salud	Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla
<p><i>“Artículo 6. El sistema estatal de salud tiene los siguientes objetivos:</i></p> <p><i>V. Apoyar el mejoramiento de las condiciones sanitarias del medio ambiente del Estado, que propicien el desarrollo satisfactorio de la vida;</i></p> <p><i>Artículo 29. Para los efectos del derecho a la protección de la salud, se consideran servicios básicos de salud los referentes a:</i></p> <p><i>I. La educación para la salud, la promoción del saneamiento básico y el mejoramiento de las condiciones sanitarias del ambiente;</i></p> <p><i>Artículo 129. La promoción de la Salud comprende:</i></p> <p><i>III. Control de los efectos nocivos del ambiente en la salud,</i></p> <p><i>Artículo 134. Las autoridades sanitarias del Estado establecerán normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños derivados de las condiciones del ambiente.”</i></p>	<p><i>“Artículo 1. La presente Ley ... tienen por objeto ... sentar las bases para:</i></p> <p><i>I. Proporcionar a toda persona el derecho a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;</i></p> <p><i>Artículo 16. Para la formulación y conducción de la política ambiental en la Entidad ... se observarán los siguientes principios:</i></p> <p><i>II. Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente natural adecuado para el desarrollo, la salud y el bienestar. Las Autoridades, en los términos de ésta y otras Leyes aplicables, tomarán las medidas para preservar este derecho;</i></p> <p><i>VI Se incentivarán las obras o actividades que tengan por objeto proteger el ambiente natural y la salud de los habitantes, y aprovechen de manera sustentable los recursos naturales;</i></p> <p><i>VIII Serán prioritarias las actividades de prevención y minimización de las causas que generen o pueden generar daño ambiental o a la salud de los habitantes;”</i></p>

6.1.7 Propuesta de reformas al marco jurídico del Estado de Puebla en materia de cambio climático, contaminación atmosférica y calidad del aire

La formulación del nuevo Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Puebla, motiva la revisión del marco jurídico estatal y la realización de reformas y adiciones que le permitan fortalecer y sustentar mejor la actuación del gobierno estatal en la materia.

De la revisión a la legislación federal y a las leyes ambientales estatales, en un análisis comparativo con la legislación vigente en el Estado de Puebla, pudieron observarse algunos vacíos o inconsistencias que pueden limitar la actuación gubernamental.

Reforma Constitucional

El artículo 75 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla, otorga al Congreso del Estado la facultad para expedir leyes para hacer efectivas las facultades que expresamente le confiere la misma Constitución, así como las que correspondan al régimen interior del Estado y no estén expresamente reservadas a los poderes de la Unión.

Sin embargo, conforme a lo dispuesto en la CPEUM, para que la legislatura estatal pueda expedir leyes en materia de cambio climático, contaminación atmosférica y calidad del aire, dicha facultad debería estar expresamente otorgada al Congreso del Estado o bien tratarse de facultades que la misma Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla conceda a alguno de los otros poderes en el Estado.

Debido a que en la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla, no están contempladas estas facultades, se propone la reforma que

permita formalizar la base constitucional requerida para ello (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Propuesta de reformas a la Constitución en materia de contaminación a la atmósfera y cambio climático.

Texto Vigente	Propuesta
<p>Artículo 121.- El Ejecutivo del Estado y los municipios promoverán, en sus respectivas competencias, mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, a través de la preservación del equilibrio ecológico y 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.</p> <p>Asimismo, es deber del Estado vigilar por la observancia de las reglas de la higiene pública, conservar un ambiente sano y favorable a sus habitantes, así como combatir las epidemias que se desarrollen dentro de su territorio.</p> <p>Artículo 107.-</p> <p>El Plan Estatal de Desarrollo considerará los principios del desarrollo sustentable, a través de la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.</p>	<p>Artículo 121.- El Ejecutivo del Estado y los municipios promoverán, en sus respectivas competencias, mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, a través de la preservación del equilibrio ecológico y 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 <i>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 desarrollar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.</i></p> <p>Asimismo, es deber del Estado vigilar por la observancia de las reglas de la higiene pública, conservar un ambiente sano y favorable a sus habitantes, así como combatir las epidemias que se desarrollen dentro de su territorio.</p> <p>Artículo 107.-</p> <p>El Plan Estatal de Desarrollo considerará los principios del desarrollo sustentable, a través de la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, <i>así como la implementación de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.</i></p>

Reformas legales

Las facultades que la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla 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 Puebla.

Para el despacho de los asuntos que le competen, el gobernador del Estado se debe auxiliar de las dependencias y entidades estatales correspondientes. Debido a 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 incluya en el texto de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Gobierno del Estado de Puebla, como uno de los asuntos cuyo despacho corresponde a la SSAOT.

Las reformas a la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla y a la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Puebla, permitirán contar con una plataforma normativa sólida para desarrollar en las leyes reglamentarias del texto constitucional, las previsiones, regulaciones y procedimientos para el adecuado funcionamiento de los instrumentos de política

ambiental y mejorar la actuación gubernamental, particularmente en materia de contaminación atmosférica y calidad del aire. Así como mejorar y lograr una mayor eficiencia en la actuación de las autoridades ambientales estatales.

En materia de instrumentos económicos, la legislación ambiental del Estado de Puebla no establece de manera específica qué instrumentos deben crearse y la forma en que se van a aplicar, por tal razón, se propone incorporar al texto de la ley los mecanismos de integración y reglas básicas de operación de algunos de ellos, tales como incentivos fiscales, seguros por daños y fondos ambientales.

Destaca el hecho de que la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla no regula de manera específica la licencia ambiental estatal, instrumento regulatorio previsto en la LGEEPA, y que 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.

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, 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 (Tabla 6.8).

De igual forma, 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.

Finalmente, es importante incorporar el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Puebla, en el marco jurídico estatal como instrumento rector de dicha política y que motiva el presente estudio.

Tabla 6.8. Propuesta de reformas a la Ley de Salud del Estado de Puebla en materia de cambio climático

Texto Vigente	Propuesta
<p style="text-align: center;">Capítulo IV Efectos del ambiente en la salud</p> <p>Artículo 134.- Las autoridades sanitarias del Estado establecerán normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños derivados de las condiciones del ambiente.</p> <p>Artículo 135.- Corresponde a la Secretaría de Salud Pública del Estado:</p> <p>I. Desarrollar investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que para la salud de la población origine la contaminación del ambiente.</p> <p>II. a V. ...</p>	<p style="text-align: center;">Capítulo IV Efectos del ambiente en la salud</p> <p>Artículo 134.- Las autoridades sanitarias del Estado establecerán normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños derivados de las condiciones del ambiente y <i>de los efectos que pudieran derivarse del cambio climático.</i></p> <p>Artículo 135.- Corresponde a la Secretaría de Salud Pública del Estado:</p> <p>I. Desarrollar investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que para la salud de la población origine la contaminación del ambiente y <i>el cambio climático, que permitan generar las estrategias de prevención, seguimiento y control de enfermedades asociadas a estos efectos.</i></p> <p>II. a V. ...</p>

6.2 Políticas, programas e instrumentos públicos actuales

La calidad del aire y la protección de la atmósfera es una prioridad de la política ambiental, ya que su contaminación genera daños a la salud humana y demás elementos de la naturaleza. La contaminación atmosférica, por su naturaleza compleja requiere de un enfoque de política integrador.

En respuesta al problema de la contaminación del aire, el Estado mexicano ha determinado responsabilidades legales para los tres órdenes de gobierno, que se han traducido, entre otros, en los Programas de Gestión de la Calidad del Aire (ProAire).

El objetivo general de un ProAire, es identificar, monitorear, prevenir y controlar las emisiones a la atmósfera provenientes de las distintas fuentes (fijas, móviles y de área), para mejorar la calidad del aire al disminuir o manejar el riesgo a la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos (ProAire-Puebla 2006-2011). Así, el motivo principal de la gestión de la calidad del aire es la salud pública (Molina, 2005).

Por ello, las autoridades buscan realizar intervenciones de gobierno costo-efectivas en materia de calidad del aire que garanticen el derecho a la salud. Los ProAire deben incorporar una visión de mediano y largo plazo, en la que se proponga la ejecución de acciones concretas para la reducción y control de emisiones. Dichas acciones están dirigidas a las fuentes con mayor aporte de contaminantes.

El modelo de gestión de la calidad del aire que se propone tiene como objetivo primordial generar capacidades sociales para afrontar la problemática de la contaminación atmosférica. Para ello, es obligatorio reducir las fuentes de emisiones contaminantes y al mismo tiempo impulsar una cultura de prevención y manejo de las fuentes de contaminantes con la participación de la sociedad.

A continuación se presentan distintos enfoques de gestión de la calidad del aire que pueden llevarse a cabo en el Estado de Puebla.

6.2.1 Gestión con base en cuencas atmosféricas

Las cuencas atmosféricas como unidad espacial permiten una mejor gestión de la calidad del aire (Caetano, 2008).

La base de este enfoque es el impulso de la gestión preventiva de la calidad del aire a través de una ordenación por cuencas atmosféricas.

La Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes de la SEMARNAT define a la cuenca atmosférica como el "Espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por atributos naturales, con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la misma y, en cierto casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas" (Contreras, 2008).

El enfoque de cuencas atmosféricas permite justificar un ProAire estatal, ya que bajo esta visión territorial se requieren esquemas regionales de gestión, así como de la participación coordinada de tomadores de decisiones provenientes de diversos municipios y en ocasiones de dos o más entidades federativas.

Para lograr los objetivos propuestos por este enfoque sería necesario identificar y definir las cuencas atmosféricas que existen en el Estado de Puebla. Una vez determinadas dichas cuencas atmosféricas se deberá ajustar geopolíticamente el programa para facilitar su manejo, definiendo cuotas máximas de emisión de contaminantes a la atmósfera y, con ello, desarrollar una serie de políticas de control de emisiones asociadas a las fuentes de cada cuenca atmosférica.

Bajo este esquema, la SSAOT del Gobierno del Estado deberá fortalecer la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico en cada cuenca atmosférica.

Por ello, para garantizar el éxito de un ProAire estatal basado en este enfoque, la selección de sitios para la ubicación de fuentes de contaminación atmosférica y, por ende, de los

instrumentos de ordenamiento ecológico territorial y de desarrollo urbano, deberá realizarse de conformidad con la capacidad de asimilación de contaminantes de cada cuenca atmosférica.



Figura 6.3 Estación de Monitoreo "Velódromo", Puebla
Fuente: SSAOT

6.2.2 Gestión con base en acciones relacionadas a la movilidad y el transporte

El problema de la calidad del aire está estrechamente vinculado al transporte.

La cultura del uso del automóvil (sobre el transporte activo o el uso de transporte público) ha propiciado el crecimiento desmedido del número de vehículos en zonas urbanas de la entidad, lo que aunado al congestionamiento vehicular, incrementa no solo la emisión de contaminantes a la atmósfera, sino también la exposición de la población a estos contaminantes (Ver Capítulo 4).

Este enfoque propone acciones dirigidas a incentivar la movilidad activa (mediante el caminar

y el andar en bicicleta), fomentar y mejorar el servicio de transporte público y por último, a aplicar mecanismos de regulación, control e instrumentos económicos que desincentiven la movilidad pasiva, potenciando así los beneficios en salud pública asociados con las políticas de calidad del aire y la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.



Figura 6.4 Parque ecológico, Puebla.
Fuente: SSAOT

6.2.3 Gestión con base en zonas urbanas de atmósfera protegida (ZUAP)

Las zonas urbanas de atmósfera protegida (ZUAP), se refieren a un enfoque de espacios urbanos delimitados territorialmente para la aplicación de un conjunto de acciones y medidas, en especial respecto de fuentes móviles, dirigidas a mejorar la calidad del aire (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

Las ZUAP tienen como objetivo definir áreas urbanas en las que, por ejemplo, se limita el acceso de aquellos vehículos que por su tecnología, tienen mayores volúmenes de emisión. Este enfoque requiere del análisis económico que permita optimizar sus beneficios, así como conocer y reducir los potenciales efectos negativos que pueda generar.

Para la generación de las ZUAP o similares, como las zonas de protección especial (ZPE) se requiere que en el orden estatal se definan criterios que homologuen la medida en las áreas urbanas de los distintos municipios de la entidad.

Un instrumento efectivo para el desarrollo de las ZUAP es la clasificación mediante etiquetado de los vehículos (nuevos y en circulación) por la autoridad

estatal (aprovechando el programa de verificación vehicular).

Las medidas recomendadas en este enfoque son las siguientes:

- a) Limitación permanente del acceso a vehículos más contaminantes a la ZUAP;
- b) Administración del estacionamiento diferenciando entre residentes y no residentes;
- c) Mejoramiento en el transporte público y su gestión;
- d) Adaptación de los vehículos de servicio público a criterios eco-eficientes de calidad de aire;
- e) Prohibición del uso de calderas de carbón y control del uso de diversos tipos de biomasa; y
- f) Limitación de las grandes instalaciones de combustión con influencia directa en ZUAP.

6.2.4 Experiencias internacionales

Se evaluaron dos experiencias internacionales latinoamericanas, la primera a nivel de Estado subnacional (equiparable al Estado de Puebla) y la segunda a nivel de ciudad capital, comparable con la ZMVP.

São Paulo, Brasil

Patrones de calidad del aire

Los patrones de calidad del aire son definidos legalmente por el Instituto Brasileño del Medio Ambiente (IBAMA) para el límite máximo de concentración de un contaminante en la atmósfera (en función de los riesgos para la salud y el ambiente). Equivalen a las normas oficiales mexicanas de calidad del aire (CETESB, 2011).

En Brasil existen dos tipos de patrones de calidad del aire: primarios y secundarios.

Los primarios se refieren a las concentraciones de contaminantes que, rebasadas, pueden afectar a la salud de la población y se constituyen en metas de corto y mediano plazo. Los secundarios son las concentraciones por debajo de las cuales se prevé

el mínimo efecto adverso sobre el bienestar de la población y al medio ambiente en general; son entendidos como niveles deseados de concentración de contaminantes, constituyéndose en meta de largo plazo. El objetivo del establecimiento de patrones secundarios es crear la base para una política de prevención de la degradación de la calidad del aire. Se aplican solamente a las áreas de preservación (por ejemplo: parques nacionales, áreas de protección ambiental, estancias turísticas, etc.) (CETESB, 2011).

La autoridad ambiental de Brasil prevé la aplicación diferenciada de padrones primarios y secundarios en el territorio nacional, la misma resolución prevé que mientras no sea establecida la clasificación de las áreas, los patrones aplicables serán los primarios.

La Compañía Ambiental del Estado de São Paulo, Brasil (CETESB), el organismo público del gobierno del Estado responsable del control, fiscalización, monitoreo y autorización de actividades generadoras de contaminantes, estableció diversos instrumentos con la preocupación fundamental de preservar y recuperar la calidad del aire en el Estado de São Paulo, los cuales se abordan a continuación (CETESB, 2011).

Redes de monitoreo

El CETESB monitorea diariamente, de hora en hora, las concentraciones de diferentes contaminantes y parámetros meteorológicos. Estos datos son registrados por una red automática de monitoreo y procesados con base en las medias establecidas por los patrones legales (equivalentes a las NOM) y en las previsiones meteorológicas (que permiten prever las condiciones para la dispersión de los contaminantes).

Los registros están disponibles de manera electrónica vía internet y se actualizan cada hora, además la CETESB genera un boletín de prensa diario. Permitiendo determinar las acciones preventivas o correctivas previstas en la legislación local.

Adicionalmente existe una red manual cuyas muestras colectadas en campo son llevadas a los laboratorios de la CETESB. Estos datos pueden ser

obtenidos en el Sistema de Informaciones de Calidad del Aire (QUALAR).

Saturación de municipios

El Decreto Estatal 52.469 (2007): “Política de gerenciamiento de la calidad del aire - conceptos de saturación de contaminantes atmosféricos en una determinada región”, prevé la obligación para obtener una licencia ambiental de funcionamiento por región basada en el establecimiento de límites de emisión por región atmosférica.

El objetivo de esa reglamentación es recuperar las áreas más degradadas en términos de calidad del aire, sin impedir el desarrollo industrial. La CETESB, evalúa y publica anualmente las áreas saturadas (SAT), en vías de saturación (EVS) y no saturadas (NS) en el Estado de São Paulo.

Este mecanismo se basa en la generación de "créditos de emisión", generando un mercado local de emisiones (a nivel subnacional). De manera que las nuevas fuentes o ampliaciones de fuentes existentes utilicen estos créditos para fundamentar su viabilidad ambiental, al asegurar una reducción (SAT) o mantenimiento (EVS) de la carga de contaminantes emitidos en la subregión.

Estos programas pueden ser de particular interés para el Estado de Puebla, el cuál definirá el enfoque de gestión más adecuado para el ProAire 2012-2020.

Bogotá, Colombia

Plan decenal

El Distrito Capital (DC) de Colombia, Bogotá, presenta características de planeación y crecimiento urbano que generaron grandes problemas de contaminación atmosférica, por lo cual el gobierno de la ciudad determinó ejecutar una política de gestión de la calidad del aire bajo el nombre de Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá (PDDAB) (SDA, 2009).

Su objetivo principal es establecer un programa integral que permita el cumplimiento de la norma nacional de calidad del aire establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (equivalente a las NOM), en la totalidad

de la zona urbana del DC (SDA, 2009).

Este plan comprende una serie de programas de control y reducción de emisiones aplicables a las diferentes fuentes, fundamentalmente al sector industrial y de transporte.

El plan propone además, la cuantificación costo-beneficio a través de la valoración de los beneficios en salud que derivan de las mejoras en la calidad del aire, lo que en el Capítulo 4 del presente documento se denomina “intervenciones”.

Monitoreo

Existe una Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), que cuenta con 16 estaciones de medición con capacidad para obtener datos meteorológicos y de contaminación del aire en tiempo real (SDA, 2009).

Existen además algunos programas desarrollados por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) que funcionan como complemento al plan decenal de descontaminación, entre los que se encuentran:

- a) Mejoramiento del ACPM (aceite combustible para motores): reducción gradual del contenido de azufre en el combustible diesel.
- b) Operativos en vía: verificar el estado ambiental de los vehículos automotores frente a los lineamientos de la norma de emisiones vigente.
- c) Control a fuentes industriales: seguimiento a las empresas que generan emisiones en la ciudad.
- d) Inventarios de emisiones que se generan al interior del perímetro urbano.

Con estos instrumentos el DC de Colombia busca reducir los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de su población. Para el ProAire Puebla puede ser de particular interés el hecho de que Bogotá cuente con una capacidad de monitoreo superior a la de la ZMVP, además de que justifica las intervenciones con base en los estudios costo-beneficio para la salud, de programas similares al Hoy no circula.

De la revisión de estas experiencias internacionales se reconoce la diversidad de opciones de política gubernamental que pueden ser ejecutadas para mejorar la calidad del aire de ciudades (Bogotá) o entidades subnacionales (São Paulo), y que sirven de referente para el diseño de una propuesta específica para el ProAire Puebla (que por una parte atenderá a la ZMVP y por otra a todo el territorio del Estado).

6.3 Instrumentos Económicos

6.3.1 El papel de los instrumentos económicos en la gestión ambiental de la calidad del aire

Para la gestión ambiental, se han desarrollado tres categorías de instrumentos de política: de mercado, regulatorios y voluntarios (Fig. 6.5).



Figura 6.5. Instrumentos de política ambiental

Por su parte, los instrumentos económicos (IE) son una herramienta complementaria mucho más flexible que busca incentivar a los ciudadanos y agentes económicos a modificar sus conductas, de modo que sus actividades sean menos nocivas al entorno. Esto se logra cuando en la toma de decisiones se considera la escasez de los recursos y se asumen los costos asociados a su uso, es decir, las externalidades ambientales. Se identifican al menos tres objetivos para el uso de los IE (Denne, 2005):

- Corregir las externalidades al considerar los costos o beneficios sociales asociados a las fallas de mercado.
- Ofrecer incentivos para objetivos ambientales específicos al menor costo, como la limitación de los efectos negativos sobre el medio ambiente y el fomentando de

inversiones en tecnología de menor impacto ambiental.

- Aumentar los recursos económicos para propósitos específicos.

Las categorías de IE más comunes son los impuestos y subsidios, multas y cuotas, incentivos fiscales, los permisos de transacción y las clasificaciones por desempeño (Acquatella, 2001).

La creación de mercados, tiene como propósito desarrollar espacios donde el capital natural y los servicios ambientales se valoricen de tal forma que su contaminación y degradación sea considerada en los costos privados.

Las clasificaciones por desempeño permiten a través del etiquetado o listas de clasificación revelar información ambiental sobre los sistemas de producción y los bienes y servicios

comercializados. Se trata de un instrumento de regulación indirecta que busca incidir en las decisiones de compra de los consumidores. En la

Tabla 6.9 se presentan algunos ejemplos de los distintos tipos de IE a la gestión ambiental.

Tabla 6.9. Instrumentos económicos para la gestión ambiental

Impuestos, multas y cuotas
<ul style="list-style-type: none"> - Cuotas por volumen de contaminación excedente. - Impuestos ambientales a insumos o productos. - Bonos de desempeño depositados como garantía de cumplimiento de estándares ambientales. - Impuestos diferenciados que afectan la selección de modos de transporte. - Impuestos para incentivar el reúso o reciclaje. - Cargos sobre efluentes para reducir requerimientos de tratamiento aguas abajo. - Tarifas de recolección de residuos. - Cargos por uso de agua.
Incentivos fiscales y subsidios
<ul style="list-style-type: none"> - Regalías y compensación financiera por explotación de recursos naturales incentivos fiscales en tecnologías limpias. - Financiamiento de inversiones ambientales a través de fondos especialmente diseñados. - Subsidios a proyectos que inducen comportamientos favorables al ambiente. - Tarifas de acceso a áreas de conservación.
Creación de mercados
<ul style="list-style-type: none"> - Derechos de propiedad claramente definidos. - Sistemas de depósito-reembolso para desechos sólidos y peligrosos. - Permisos negociables para consumo de agua, y emisiones contaminantes al aire y agua. - Incluir valores ambientales en los precios del suelo. - Seguros contra accidentes y daños al ambiente.
Clasificaciones por desempeño
<p>Legislación que requiera al fabricante publicar datos sobre su generación de desechos sólidos, líquidos y tóxicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lista pública de empresas contaminantes. - Etiquetado de productos relacionados con efectos nocivos. - Educación sobre reúso y reciclaje.

Fuente: Basado en J. Acquatella (2001).

6.3.2 Instrumentos económicos y calidad del aire

Desde el punto de vista económico, el fenómeno de la contaminación atmosférica se explica, por una parte, porque los agentes privados han tenido que encontrar soluciones individuales a la provisión de sus necesidades –de producción o transporte- y por otra, no han encontrado incentivos para internalizar los costos de sus emisiones y por ello les ha sido eficiente emitir contaminación a la atmósfera (Escalante, 2000).

Cada vez más ciudades en el país cuentan con programas específicos de mejoramiento de la calidad del aire que varían por los tipos de contaminantes en cada zona y las condiciones particulares de cada localidad. Estos proponen el

empleo de una combinación de regulaciones directas, convenios y compromisos; pero los IE se emplean poco (Escalante, 2000). Entre los IE con aplicaciones en el campo de la calidad del aire se encuentran:

- a) Cargos por emisiones contaminantes;
- b) Cargos por uso de tecnologías contaminantes, como el pago de tenencia vehicular;
- c) Cargos por insumos o productos que en su producción emiten contaminantes al aire;
- d) Cargos administrativos, como el control vehicular;

- e) Diferenciación de impuestos entre tecnologías según las emisiones generadas, por ejemplo entre un auto con motor de gasolina y otro con motor eléctrico;
- f) Permisos negociables para emitir contaminantes al aire;
- g) Subsidios al desarrollo de proyectos que reduzcan emisiones contaminantes;
- h) Multas a las fuentes de emisiones al aire, como la verificación vehicular; y
- i) Seguros para actividades que tengan el riesgo de generar emisiones al aire ante un siniestro.

Para el presente estudio se documentaron, analizaron y compararon los instrumentos económicos relacionados con la gestión de la calidad del aire para cuatro entidades que han desarrollado programas de calidad del aire exitosos, así como programas de registro de emisiones y transferencia de contaminantes, siendo estas entidades: Baja California, D.F., México, Michoacán de Ocampo, además del Estado de Puebla (ProAire Puebla 2006-2011).

IE relacionados con fuentes móviles

Con motivo de la derogación del Impuesto federal Sobre la Tenencia o Uso de Vehículos (ISTUV) a partir del 2012, el Gobierno de Puebla integró a la Ley de Ingresos para el Ejercicio Fiscal 2011, los elementos de este impuesto de carácter federal en un gravamen estatal, quedando exentos únicamente los vehículos movidos por fuentes no contaminantes (Artículo 7). Además se subsidia el 100% a vehículos nuevos para contribuyentes cumplidos. Esta medida favorece la renovación del parque vehicular a modelos más eficientes en el uso de combustibles y por ello menos contaminantes.

En México, no todos los Estados aplican el impuesto sobre compraventa de vehículos, ni el de tenencia o uso de vehículos estatal, quedando en

muchas otras por definir si el pago de tenencia federal se trasladará a la hacienda estatal como en el caso de Puebla, o si desaparecerá.

Como parte del análisis comparativo de la legislación local para cuatro entidades federativas y el Distrito Federal, se revisaron los esquemas de recaudación previstos en dichas entidades para el ejercicio fiscal 2011 que se presentan en la Tabla 6.10.

El cobro de estos gravámenes tiene impactos diferenciados en los presupuestos de ingresos de cada entidad, fundamentalmente por el volumen del parque vehicular.

Debido a que los medios de transporte motorizados, especialmente los vehículos particulares, son el principal sector de emisiones a la atmósfera, resulta relevante la aplicación de la tenencia e impuestos a la compraventa como un incentivo para reducir la adquisición y uso de estos medios de transporte.

A nivel internacional diversos países gravan la propiedad o la tenencia de vehículo, representada por la inscripción de los vehículos en los padrones de las autoridades fiscales. Alemania, España y Colombia cuentan con impuestos que tienen una gran similitud con el ISTUV, en aspectos como: materia que gravan, momento de causación, época de pago, exenciones, entre otros.



Tabla 6.10. Análisis comparativo de impuestos a vehículos en Puebla, Distrito Federal, Estado de México, Baja California y Michoacán en 2011.

Impuesto sobre compra venta de vehículos de motor usados	
Puebla	No se aplica ya que se causa a una tasa del 0%.
Distrito Federal	No se aplica.
Estado de México	Se aplica a una tasa de 1% del valor de factura del vehículo y factores de depreciación con base en su antigüedad, exceptuando la enajenación que cause IVA.
Baja California	Se aplica a una tasa de 4% del valor de factura del vehículo y factores de depreciación con base en su antigüedad, exceptuando la enajenación que cause IVA.
Michoacán	Se aplica a una tasa de 2.5% del valor de factura del vehículo y factores de depreciación con base en su antigüedad, exceptuando la enajenación que cause IVA, las de empresas del ramo.
Impuesto estatal sobre tenencia o uso de vehículos	
Puebla	Se aplica, quedando exentos vehículos con tecnología no contaminante, además de los destinados al servicio público, misiones diplomáticas, los de importación temporal y los de las empresas armadoras que carezcan de placas de circulación.
Distrito Federal	Se aplica, quedando exentos vehículos con tecnología no contaminante.
Estado de México	Se aplica, quedando exentos vehículos con tecnología no contaminante.
Baja California	Se aplica, quedando exentos vehículos con valor menor a 260 mil pesos, los que sean propiedad de discapacitados, motocicletas, modelos con más de 10 años de antigüedad, los del servicio público, asociaciones civiles sin fines de lucro y vehículos ecológicos.
Michoacán	No se aplica ya que se causa a una tasa del 0% en vehículos de más de 10 años de antigüedad. Los vehículos eléctricos que además cuenten con motor de combustión interna o con motor accionado por hidrógeno pagan una tasa del 0.16%.
Impuesto federal sobre tenencia o uso de vehículos	
Puebla	Se aplica a través del impuesto estatal.
Distrito Federal	A partir del 2012 se deroga.
Estado de México	A partir del 2012 se deroga.
Baja California	Se aplica a través del impuesto estatal.
Michoacán	Se determinará en 2012.

Fuente: elaboración propia con base en las Leyes de Ingresos de los Gobierno del Distrito Federal, Puebla, Estado de México, Baja California y Michoacán para el ejercicio fiscal 2011, así como el Código Financiero del Estado de México, las Leyes de Hacienda en los Estados de Michoacán de Ocampo, Puebla y Baja California.

IE relacionados con fuentes fijas

Las leyes ambientales de las cinco entidades analizadas mantienen una marcada tendencia al uso de los instrumentos regulatorios, estableciendo claramente la prohibición de emisiones contaminantes a la atmósfera y obligando a las fuentes fijas a instalar equipos o sistemas de control de emisiones que aseguren el cumplimiento de las normas ambientales mexicanas y estatales.¹

Entre los instrumentos de comando y control más utilizados se encuentran el Registro de Emisiones y

Transferencias Contaminantes (RETC) y la Licencia Ambiental Única (LAU); para los cuales las entidades del Distrito Federal y Michoacán registran mayor avance.

Por otro lado, Puebla, Baja California y el Estado de México si bien reconocen la obligación del Estado y municipios para integrar el RETC y señalan la obligatoriedad de las fuentes fijas de monitorear sus emisiones, no condicionan la LAU a la integración de inventarios de emisiones.

Las auditorías ambientales y los procesos voluntarios de autorregulación son otro importante instrumento de regulación presente en las cinco entidades. Las legislaciones de Puebla y el Distrito Federal van un paso adelante al señalar que las Secretarías del ramo promoverán e instrumentarán sistemas de reconocimientos o estímulos que permitan identificar a las industrias que cumplan

¹ Artículo 115 de la Ley para la Protección al Ambiente Natural y Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla; Artículos 126 y 138 de la Ley Ambiental del Distrito Federal; Artículos 2.140, 2.141 y 2.145 del Código para la Biodiversidad del Estado de México; Artículos 114 y 115 de la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California; y Artículos 109 y 113 de la Ley Ambiental de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo.

oportunamente los compromisos adquiridos en las auditorías ambientales.²

En relación a los IE aplicados a las fuentes fijas que emiten contaminantes a la atmósfera se encuentran los incentivos fiscales, las multas, los seguros y los fondos ambientales.

En el primer caso, sólo el Distrito Federal, el Estado de México y Michoacán señalan el otorgamiento de incentivos fiscales, en particular para aquellas fuentes que: 1) Adquieran, instalen y operen equipo para el control de emisiones contaminantes a la atmósfera; 2) Realicen investigaciones para la innovación y el desarrollo de tecnologías limpias que reduzcan las emisiones contaminantes y ahorren energía; y 3) Ubiquen y reubiquen instalaciones agropecuarias, industriales, comerciales y de servicios en áreas ambientalmente adecuadas (no en zonas urbanas).³

Por su parte, Puebla y Baja California sólo contemplan incentivos fiscales en apoyo a la administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas.⁴

Las multas son un IE existente en todas las entidades para sancionar las violaciones a las leyes ambientales locales, a sus reglamentos, a las NOM y normas técnicas ambientales estatales; para lo cual se establecen los rangos de multas señalados en la Tabla 1.

Los seguros de responsabilidad civil por daños ambientales se definen claramente en las legislaciones ambientales de Baja California y Michoacán, en tanto que en la mexiquense se mencionan como garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la

autorización de impacto ambiental. En Puebla y el DF no se hace alusión.

Tabla 6.5. Multas por incumplimiento de la normatividad ambiental.

Estado	Multa
Puebla	20 a 20 mil días de salario mínimo (dsm) ^a .
Distrito Federal	20 a 100 mil dsm ^b .
Estado de México	100 a 3 mil dsm (quemar agrícolas y de desechos sólidos o líquidos, carecer de puertos de muestreo de emisiones contaminantes, carecer de registro como fuente contaminante) ^c
	250 a 20 mil dsm (exceder límites máximos permitidos de emisiones, quemar a cielo abierto, carecer de bitácora de emisiones) ^d
	500 a 40 mil dsm (carecer de autorizaciones de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, incumplir requisitos, procedimientos y métodos de medición y análisis de las normas ambientales, no realizar la verificación periódica de emisiones contaminantes, carecer de plataformas o puertos de muestreo de emisiones contaminantes, no avisar ni tomar medidas en caso de emisiones contaminantes accidentales, fugas e incendios que pongan en peligro a las personas o causen un daño ambiental, no atacar medidas de contingencia ambiental) ^e .
Baja California	200 a 20 mil dsm ^f .
Michoacán	2 a 20 mil dsm ^g .

^a Artículo 179 de la Ley para la Protección al Ambiente Natural y Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla. ^b Artículo 213 de la Ley Ambiental del Distrito Federal. ^c Artículo 2.263, del Código para la Biodiversidad del Estado de México (CBEM). ^d Artículo 2.264 del CBEM. ^e Artículo 2.266 del CBEM. ^f Artículo 186 de la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California. ^g Artículo 204 de la Ley Ambiental de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo.

Finalmente, en todas las entidades, excepto en Puebla, las leyes ambientales definen la creación de

² Artículo 52 de Ley para la Protección al Ambiente Natural y Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla; y Artículo 62 de la Ley Ambiental del Distrito Federal.

³ Artículos 72 y 72 Bis de la Ley Ambiental del Distrito Federal; Artículo 2.59 del Código para la Biodiversidad del Estado de México y Artículo 111 de la Ley Ambiental de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo.

⁴ Artículo 82 de la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California y Artículo 83 de la Ley para la Protección al Ambiente Natural y Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.

fondos ambientales para la realización de acciones de conservación del medio ambiente, la protección ecológica y la restauración del equilibrio ecológico, inclusive en el Estado de México, Distrito Federal y Baja California se contempla como recursos del fondo los ingresos que se obtengan de las multas por infracciones ambientales, otorgamiento de permisos, autorizaciones, concesiones y licencias en materia ambiental.⁵

6.3.3 Instrumentos económicos para mejorar la calidad del aire en Puebla

La atención adecuada de los problemas de la calidad del aire requiere de un enfoque integral que considere aspectos científicos, técnicos, económicos, sociales, políticos y de infraestructura. Es necesario tener en mente que no existe una sola estrategia para enfrentar los problemas de contaminación del aire en las megaciudades. Para mejorar la calidad del aire se necesita incorporar políticas y medidas adecuadas a los retos y costumbres particulares de cada ciudad. En el caso de la ciudad de Puebla debe considerarse su estrecha relación con la Ciudad de México y, en particular, el proceso de conformación de la primera megalópolis del país junto con las ciudades de Pachuca, Morelos, Tlaxcala, Querétaro y los municipios mexiquenses que forman parte del Valle de México.

Específicamente, es necesario los IE de política consideren tanto a productores como a consumidores vinculados a fuentes de emisión durante una transacción de mercado y estén enfocados a compensar la pérdida de bienestar de los individuos que habitan en la ZMVP por afectación a todos los servicios ambientales de la atmósfera y no solamente a restringir y/o penalizar las emisiones que tienen efectos dañinos en la salud humana. A continuación se describen diversas propuestas de IE vinculados al mejoramiento de la calidad del aire bajo una perspectiva de un uso más racional y responsable de la atmósfera.

⁵ Artículo 70 de la Ley ambiental del Distrito federal, Artículo 2.259 del Código para la Biodiversidad el Estado de México y Artículo 39 de la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California.

Precio de los combustibles

El impuesto a las gasolinas, puede tener como objetivo que los costos ambientales generados por su consumo se reduzcan, al manifestarse, entre otras cosas, como costos económicos.

En el artículo 13 de la Ley de Coordinación Fiscal, se establece la posibilidad de realizar convenios para la administración de ingresos federales entre el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y las entidades que se encuentren adheridas al Sistema Nacional de Coordinación Fiscal (SNCF). En su carácter de miembro del SNCF, el Estado de Puebla puede crear un acuerdo para obtener los recursos provenientes del cobro del impuesto a gasolinas y diesel, como sucede hasta ahora y se tiene proyectado al 2014 pero con un incremento que resulte de reducir el subsidio a los combustibles en la entidad. Los recursos obtenidos pueden destinarse exclusivamente a obras de movilidad urbana o a programas ambientales.

En relación a la efectividad de esta medida para reducir los impactos ambientales, un impuesto a la gasolina debe estar acompañado por el fomento del transporte público eficiente y seguro orientado a substituir efectivamente el uso del automóvil privado sin olvidar sus costos ambientales (Galindo & Salinas, 2007).

Para la aplicación de este tipo de impuesto se requiere de una coordinación entre las entidades federativas, sobre todo entre aquéllas que forman áreas metropolitanas, como es el caso del Distrito Federal y el Estado de México. De otra manera, podría crearse un mercado ilegal de venta de combustibles y distorsiones de precios entre las entidades circundantes. Así mismo, se recomienda que su aplicación se haga en forma gradual para evitar presiones inflacionarias. Lo cual le permitiría a los consumidores asimilar los cambios y evitar impactos en el proceso de formación de precios (INDETEC, 2010).

Tarifas por estacionamiento

El manejo adecuado de los espacios públicos, especialmente en las grandes concentraciones

urbanas es un elemento fundamental para el desarrollo urbano ordenado.

Debido a que el número de personas y autos en las urbes crece continuamente mientras que la oferta de estacionamiento sobre la vía pública se mantiene constante y los estacionamientos públicos difícilmente mantienen el ritmo de crecimiento de la flota vehicular; el tiempo dedicado a buscar un espacio para estacionarse es cada vez mayor, aumentando los problemas de congestión vehicular y calidad del aire en las ciudades.

El estacionamiento gratuito o con tarifas muy bajas constituye un subsidio, aliciente y privilegio para los usuarios de automóvil particular; mientras que las avenidas rápidas o altamente congestionadas desincentivan el uso de alternativas de transporte sostenible.

Las tarifas de estacionamiento deben ser elevadas de forma que se modifique el costo de oportunidad de viajar en auto, particularmente en el caso de viajes relacionados a la escuela y el trabajo. Este tipo de tarifas fomenta el uso del transporte público, las medidas para compartir el uso del automóvil o realizar viajes cortos en bicicleta o a pie.

Ciudades como Beijing, Chicago, Copenhague, Londres, Madrid, Nueva York, San Francisco, São Paulo y Seúl han implementado programas de parquímetros inteligentes, elevación de tarifas en estacionamientos y regulaciones para desincentivar el uso del automóvil.

Por tanto, se propone instalar o elevar el número de parquímetros y las tarifas de los mismos para controlar el uso del automóvil particular en las zonas y horarios más congestionados de la ciudad.

Puede evitarse al mismo tiempo la proliferación de estacionamientos públicos, ya que el objetivo principal de estas políticas es incentivar el uso de transporte público o activo para los traslados más comunes.

Los problemas de congestión vehicular en urbes como la Ciudad de México demuestran que es mejor favorecer el uso mixto del suelo urbano,

combinando viviendas con fuentes de empleo y centros de salud, educación y esparcimiento perfectamente articulados mediante un transporte público intermodal que desincentive el uso del automóvil privado y que favorezca el uso de vehículos no motorizados o las caminatas.



Figura 6.6 Fomento al transporte activo.

Fondo ambiental

Se recomienda crear un Fondo Ambiental Estatal para apoyar el financiamiento de la gestión ambiental. Por ejemplo, mediante el financiamiento de acciones de conservación y protección del medio ambiente; la restauración del equilibrio ecológico; el desarrollo de programas de inspección y vigilancia de la legislación ambiental; el desarrollo de métodos y tecnologías menos contaminantes; la protección, restauración o ampliación de los servicios ambientales; y la reparación de daños ambientales.

El éxito del Fondo Ambiental Estatal depende del acceso a fuentes seguras y constates de recursos económicos. Este financiamiento se puede lograr mediante la etiquetación o la determinación de recursos económicos provenientes de los ingresos públicos ya sea a partir de multas por infracciones ambientales, contribuciones por servicios ambientales y por acciones de compensación de efectos negativos sobre el ambiente y los recursos naturales, cobro de derechos por concepto del otorgamiento de permisos, autorizaciones, concesiones y licencias en materia ambiental tanto de fuentes fijas como móviles.

Es importante que los ingresos derivados de infracciones y licencias que sancionan o regulan acciones que pueden dañar al medio ambiente se destinen a proteger, conservar y mejorar el medio ambiente y no como una medida de recaudación fiscal, pues de esta forma se induce en los ciudadanos verdaderos cambios de conducta.

Tenencia verde

Este impuesto tiene como finalidad, reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, basando su costo en función de emisiones en gramos de CO₂ generadas por kilómetro recorrido (g CO₂/km), bajo el principio de que el que contamina paga.

6.4 Capacidades institucionales de gestión de la calidad del aire

Arreglo institucional y recursos disponibles

El objetivo de ProAire 2012-2020 del Estado de Puebla deberá contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y a la prevención de su deterioro, de tal manera que promueva un desarrollo humano sostenible, protegiendo la salud de la población y reduciendo los costos asociados.

Los objetivos específicos del programa deberán considerar:

- a) Cumplir las NOM relacionadas con los límites máximos de contaminantes en la atmósfera;
- b) Fortalecer el sistema de gestión de la calidad del aire de Puebla con base en cuencas atmosféricas;
- c) Incluir las consideraciones de calidad del aire y cambio climático dentro de los procesos de toma decisiones públicas y privadas a nivel estatal y municipal; y,
- d) Lograr la participación de todos los actores involucrados, así como la coordinación de las autoridades en los tres órdenes de gobierno en la ejecución de acciones.

En su organigrama, dicha Secretaría cuenta con la Subsecretaría de Medio Ambiente la responsable de atender la agenda relacionada con calidad del

aire a través de una Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático.

La Secretaría opera el Programa de Gestión de la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011, el Programa de Verificación Vehicular (Sistema Integral de Verificación Vehicular del Estado de Puebla), el Programa de Regulación Industrial y la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA)⁶, todos relacionados con la gestión integral de la calidad del aire en Puebla. Adicionalmente se aplican diversas medidas de regulación para las fuentes móviles.

Sin embargo, como se advierte en los apartados de marco jurídico e instrumentos económicos, no todos estos programas cuentan con una articulación basada en facultades legales específicas y soportadas por mecanismos de financiamiento a largo plazo, por lo que su continuidad está sujeta a la voluntad política de la autoridad en turno. Por ello, es recomendable considerar la reforma integral al marco jurídico del Estado, a fin de fortalecer y garantizar que las capacidades institucionales creadas permanezcan como parte de la política de calidad del aire en el Estado.

Si bien la legislación estatal prevé la existencia de un Consejo Estatal de Ecología, por las características particulares del tema, como parte del arreglo institucional para la gestión de la calidad del aire se cuenta también con un órgano técnico específico de consulta, denominado Subcomité Especial de Calidad del Aire, Cambio Climático y Red+.

Dicho Comité brinda asesoría y guía para la ejecución, seguimiento y evaluación del programa. Este Comité está integrado por:

- 1) La SSAOT, que lo presida;
- 2) Las instituciones estatales y federales involucradas;

⁶ Si bien el reglamento de la ley para el estado de Puebla, reconoce la creación de un subsistema estatal de información de la calidad del aire y un sistema de monitoreo de la calidad del aire, en la práctica la SSAOT opera dichos sistemas pero bajo otra denominación.

- 3) Los gobiernos municipales; y
- 4) Los representantes de las partes interesadas del sector privado, organizaciones sociales, instituciones de investigación y asociaciones profesionales.

6.5 Respaldo social y actores relevantes

La legislación ambiental establece la obligación de los gobiernos estatal y municipal de promover la participación responsable de la sociedad en la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia de la política ambiental.

La ley ambiental estatal prevé que la Secretaría debe convocar a las organizaciones empresariales, instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales, personas físicas y jurídicas para la realización de estudios e investigaciones y desarrollar programas y acciones ambientales, lo que soporta la existencia del Subcomité Especial de Calidad del Aire, Cambio Climático y Red++.

De manera específica, la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, crea al Consejo Estatal de Ecología, como órgano permanente intersectorial de consulta del Gobierno del Estado. Además de este Consejo, se propone la creación de un Comité Estatal de Calidad del Aire, ya sea como parte de este Consejo o de manera independiente, donde se considere la representación de actores relevantes en el tema como son los generadores de los sectores industrial, agropecuario y forestal; las cámaras empresariales y las organizaciones gremiales; los centros de investigación y docencia, así como las organizaciones de la sociedad civil; la población en general.

6.6 Beneficios

Toda política pública procura un beneficio a la sociedad, en particular las políticas de calidad del aire procuran reducir los costos asociados con el deterioro de la salud de la población que generalmente son absorbidos por las familias o el Estado, reduciendo la disponibilidad de recursos para mejorar la economía en general al distraerlos en inversiones destinadas a corregir, tratar o

aminorar los efectos de la contaminación sobre la salud (Ver Capítulo 4).

Siendo la salud pública el objetivo de esta política, será la población en general del Estado de Puebla la beneficiaria de las acciones que se deriven del ProAire Puebla 2012-2020. Es más, si se considera la dispersión regional de contaminantes, los habitantes de las cuencas compartidas con otras entidades como Tlaxcala, México, Morelos, Hidalgo Oaxaca y Veracruz serán también beneficiarios directos del programa. Por lo anterior, es de interés público que se apliquen políticas específicas que prevengan, controlen y monitoreen la calidad del aire en México, ya que sus beneficios son nacionales.

6.7 Conclusiones

Es necesario hacer una reforma al marco constitucional y legal del Estado de Puebla, que permita fortalecer las capacidades institucionales para el desarrollo y aplicación de políticas relacionadas con la calidad del aire. Además, se puede incidir sobre otros temas relacionados como son: el fortalecimiento de los sistemas de seguimiento epidemiológico y salud ambiental, así como el cambio climático, con el objeto de incorporar estos temas en el Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Puebla. Para ello, el presente trabajo hace recomendaciones específicas que pueden orientar al legislador o al ejecutivo del Estado para la elaboración de dichas reformas.

Por su parte, el modelo de gestión de calidad del aire que se propone para el ProAire Puebla, puede orientarse a la generación de capacidad social que permita garantizar un medio ambiente sano, con una visión integradora de cuencas atmosféricas y con medidas de intervención de aplicación general para todo el territorio del Estado, enfocadas a la gestión en acciones relacionadas con la movilidad y el transporte. Puesto que las fuentes móviles son la principal fuente de emisión contaminante, se necesita también una política de intervención específica en las zonas urbanas mediante la gestión de ZUAP.

Respecto de las experiencias internacionales, cabe destacar la necesidad de establecer una estrategia específica para cada nivel de abordaje de la política gubernamental. Siendo el ProAire Puebla la primera propuesta a nivel nacional que desarrollará un tratamiento estatal, se propone aprovechar la experiencia de São Paulo, Brasil, para su diseño, ya que ofrece en la gestión por saturación de municipios una propuesta que podría ser recuperada bajo el esquema de gestión por cuencas atmosféricas y que permitiría al Estado definir límites máximos de emisión regional.

Se pueden desarrollar instrumentos económicos locales asociados a los límites máximos de emisión, dentro de un enfoque innovador para la gestión de la calidad del aire en México. Esto sería compatible con la atención a las zonas urbanas como lo es la ZMVP, mediante su integración a enfoques de gestión de calidad del aire específicos.

Un elemento adicional de estas experiencias internacionales hecho en Bogotá, Colombia, se refiere a la intervención sobre nuevas fuentes de emisiones móviles: las motocicletas, que hoy día cuentan con escasas medidas de control de emisiones en México.

Con relación a los instrumentos económicos como parte de la política ambiental, es relevante señalar que la legislación local prevé su existencia, pero es necesario ponerlos en práctica mediante programas y medidas que incentiven cambios de conducta y que establezcan un equilibrio entre los costos sociales de la contaminación del aire, principalmente por el uso de vehículos particulares, y los beneficios de la movilidad que reciben los usuarios de este medio de transporte.

Entre las medidas aplicables destacan los impuestos vehiculares por emisiones contaminantes (tenencia verde), las tarifas por estacionar en la vía pública, la instalación de parquímetros e incluso gravar el precio de los combustibles.

Por otro lado, es importante considerar que uno de los principales objetivos en la aplicación de instrumentos económicos debe ser el cambio conductual y no un fin recaudatorio, por ello se recomienda la creación de un Fondo Ambiental

Estatual que pueda ejercer los recursos provenientes de las sanciones, multas y cobros de impuestos o derechos ambientales.

En particular, para mejorar la calidad del aire es necesario financiar proyectos de transporte público de alta capacidad, con tecnología que minimice las emisiones contaminantes y que fomente el intercambio modal entre medios de transporte.

Un elemento cada vez más importante cuando se aborda el tema de la calidad del aire, es el desarrollo urbano, ya que los actuales modelos de urbanización han permitido la proliferación de conjuntos habitacionales en las periferias de las ciudades que inducen desplazamientos cotidianos en la población, lo cual tiene repercusiones económicas, sociales y ambientales.



7

Estrategia, líneas de acción seguimiento y evaluación del ProAire Puebla 2012 - 2020

7. Estrategia, líneas de acción, seguimiento y evaluación del ProAire Puebla 2012-2020

7.1 Definición de estrategia, medidas y líneas de acción

La aplicación efectiva y oportuna de las políticas del ProAire 2012-2020, se fundamenta en una estrategia ecosistémica formada por ocho ejes temáticos y 38 medidas con metas claras y específicas.

Cada medida define acciones y programas concretos, así como indicadores de cumplimiento que permiten dar un seguimiento cualitativo y cuantitativo de las acciones planteadas, con el fin de ofrecer una ruta clara y segura para el mejoramiento de la calidad del aire.

Los ejes desarrollados son:

Eje 1.- Prevención y protección a la salud de la población

La calidad del aire incide directamente en la salud de la población. Este eje establece los criterios para reducir la incidencia de enfermedades debido a una deficiente calidad del aire, por lo que se proponen diversas medidas, entre las que destaca el registro de datos epidemiológicos, sociodemográficos y de costo económico.

Eje 2.- Fuentes móviles y movilidad sustentable

La principal fuente de emisiones a la atmósfera son los vehículos automotores en circulación, estos demandan grandes cantidades de combustibles fósiles como gasolinas, diesel y gas.

Por otra parte, la infraestructura urbana también incide en la emisión de contaminantes. La traza vial por ejemplo, ocasiona asentamientos, lo que se refleja en una combustión poco eficiente y por ende en mayores emisiones de bióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, aerosoles y ozono.

Eje 3.- Industria, comercios y servicios

Controlar y reducir las emisiones provenientes de fuentes fijas y de área, es una tarea muy importante, puesto que del control que se tenga sobre el funcionamiento de estos establecimientos, dependerá la reducción de múltiples problemas a la salud ocasionados a empleados, vecinos y población en general que está en contacto con dichas fuentes.

Eje 4.- Manejo sustentable de los recursos naturales

Las masas forestales son importantes sumideros de gases carbónicos, en este sentido, se convierten en un importante instrumento de mitigación de emisiones contaminantes generadas por las distintas fuentes.

Preservar y proteger la cubierta vegetal, permitirá amortiguar el impacto de las emisiones presentes en la atmósfera, independientemente del beneficio subyacente de la generación de oxígeno.

Por otra parte, fomentar el uso sostenible de la biomasa como fuente de energía, específicamente en hogares rurales que lo utilizan como combustible para la cocción de alimentos, aseo personal y calefacción. Sin olvidar hacer énfasis en el impacto que provoca en la salud de la población expuesta a la contaminación en intramuros.

Eje 5.- Sistema de análisis y evaluación de la calidad del aire

Sólo aquello que se puede medir se puede mejorar, y sólo aquello que puede describirse se puede medir.

El monitoreo es el punto de partida para la gestión de la calidad del aire, al permitir cotejar los datos obtenidos, contra la normatividad ambiental vigente. Asimismo, es fundamental la elaboración de inventarios de emisiones, que permitan conocer el tipo y cantidad de emisiones generadas, así como las fuentes responsables de éstas.

Medir y conocer la tendencia de las emisiones contaminantes, tiene como fin contar con información oportuna y veraz, que permita definir la política correspondiente. Permitirá también mejorar y dar seguimiento al cumplimiento de la legislación ambiental en todos los sectores, así como la realización y actualización de estudios enfocados a la sostenibilidad ambiental del Estado.

Eje 6.- Eficiencia energética y fomento de energías renovables

Las medidas incluidas en este eje tienen como fin identificar los sectores en los cuales es posible lograr una disminución del consumo energético y una mejora en la eficiencia energética.

El cumplimiento de estas acciones permitirá avanzar en la mitigación de la contaminación del aire y del cambio climático, provocado en su mayor medida por el excesivo consumo energético de la sociedad.

Eje 7.- Políticas públicas, marco jurídico y capacidades institucionales

Para asegurar la mejora en la calidad del aire, se necesita contar con herramientas legales que permitan regular y controlar eficazmente las fuentes, actividades y procesos responsables de la emisión de contaminantes.

El marco jurídico puede fortalecerse, actualizarse e incorporar medidas específicas para la reducción de emisiones que dañan la atmósfera. De igual manera, se debe dotar de capacidades a algunas instituciones para permitir la colaboración tanto de los tres órdenes de gobierno, como de instituciones de investigación, en la mejora del estudio y regulación de la calidad del aire.

Eje 8.- Investigación, educación y comunicación en materia de calidad del aire

La gestión de la calidad del aire no sólo consiste en exigir o vigilar el cumplimiento y observancia de la Ley, sino también, de buscar una participación consciente y comprometida de la sociedad. Es necesario informar adecuadamente a la población sobre la situación actual de la calidad del aire y la problemática que surge de ésta. El primer paso para lograrlo, es fomentando la educación en calidad del aire en los ámbitos formal y no formal.

Esto tiene entre otros fines, el definir mecanismos de información y de comunicación continua que permitan sensibilizar a la sociedad sobre los efectos de la contaminación atmosférica, así como las acciones en las que se puede participar activamente para disminuir el consumo energético, la emisión de contaminantes y mejorar conjuntamente la calidad del aire que todos respiramos.

7.2 Estrategia

La estrategia que se define para la gestión de la calidad del aire en Puebla, se fundamenta en la correlación de las siguientes variables: niveles de contaminación, capacidad de dispersión, fuentes e inventario de emisiones, impacto en la salud y ecosistemas, gestión y legislación atmosférica, capacidad institucional, áreas de oportunidad y costo-beneficio.

“Ubicar al Estado de Puebla como la entidad con menores niveles de contaminación del aire, estableciendo la adecuada aplicación de políticas de regulación y control de fuentes de emisiones contaminantes, la irrestricta observancia a la legislación y normatividad vigente, el fortalecimiento de las capacidades institucionales y la participación activa de los distintos sectores sociales”.

Eje 1.- Prevención y protección a la salud de la población

Medida 1.- Fortalecer el Programa de Vigilancia Epidemiológica del Estado en materia de calidad del aire

Medida 2.- Ejecutar y fortalecer el programa de contingencias atmosféricas

Medida 3.- Implementar un Programa Estatal de Protección a la Salud por la contaminación del aire

Medida 4.- Reducir la exposición personal a partículas suspendidas en zonas urbanas

Medida 5.- Reducir la exposición personal en intramuros por las emisiones derivadas de la quema de biomasa

Eje 2.- Fuentes móviles y movilidad sustentable

Medida 6.- Implementar programas de movilidad sostenible en las zonas urbanas del Estado

Medida 7.- Implementar la Red Urbana de Transporte Articulado y sistemas troncales

Medida 8.- Reordenar el transporte público de pasajeros y de carga en la ZMVP

Medida 9.- Fortalecer y garantizar el cumplimiento del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria

Medida 10.- Implementar programas para la incorporación de dispositivos de control de emisiones en la flota vehicular de uso intensivo

Medida 11.- Implementar un programa de autorregulación y buenas prácticas operativas para la flota vehicular con motor a diesel

Medida 12.- Impulsar el ahorro de combustible en la maquinaria de construcción y de uso agropecuario

Eje 3.- Industria, comercios y servicios

Medida 13.- Establecer convenios de colaboración y coordinación con los ingenios azucareros para reducir sus emisiones a la atmósfera

Medida 14.- Regular las actividades de elaboración de ladrillo para controlar las emisiones a la atmósfera

Medida 15.- Gestionar el uso de combustibles más limpios en la industria, establecimientos comerciales y de servicios

Medida 16.- Fortalecer el cumplimiento de los instrumentos de regulación y reporte a los establecimientos de competencia estatal y municipal

Medida 17.- Implementar el programa de auditoría ambiental en empresas de competencia estatal

Medida 18.- Fomentar el uso de equipos o sistemas de control de emisiones en la industria

Medida 19.- Promover mejores prácticas para la reducción de emisiones en establecimientos que manejan y producen COV en sus procesos.

Medida 20.- Fortalecer el control de vapores en terminales de almacenamiento y reparto (TAR), y en estaciones de servicio de gasolina

Medida 21.- Fortalecer el control de vapores en estaciones de servicio de gas LP

Eje 4.- Manejo sostenible de los recursos naturales

Medida 22.- Impulsar la captura de carbono a través de los programas de reforestación

Medida 23.- Regular y controlar la quema de residuos agrícolas, esquilmos y recursos forestales

Eje 5.- Sistema de análisis y evaluación de la calidad del aire

Medida 24.- Fortalecer y ampliar la infraestructura de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico

Medida 25.- Delimitar y caracterizar las cuencas atmosféricas del Estado

Medida 26.- Establecer un programa para realizar estudios de modelación de calidad del aire de forma regional para contaminantes criterio

Medida 27.- Mantener actualizado el inventario de emisiones a la atmósfera

Medida 28.- Construir un sistema de indicadores de la calidad del aire a nivel estatal

Eje 6.- Eficiencia energética y fomento de energías renovables

Medida 29.- Impulsar la aplicación de nuevas tecnologías para la correcta disposición de residuos sólidos urbanos e industriales

Medida 30.- Fomentar el uso del recurso solar y eólico en los sectores residencial, comercial, de servicios, industrial y gubernamental.

Eje 7.- Políticas públicas, marco jurídico y capacidades institucionales

Medida 31.- Consolidar al subcomité de calidad del aire, cambio climático y REDD+ en el seno del Comité de Planeación del Estado de Puebla (COPLADEP), como órgano de consulta y seguimiento de las políticas y gestión de calidad del aire

Medida 32.- Establecer políticas de gestión para la mejora de la calidad del aire, con base en la caracterización de cuencas atmosféricas

Medida 33.- Gestionar el mejoramiento de la calidad de los combustibles usados por vehículos automotores en el Estado de Puebla.

Medida 34.- Diseñar e incorporar en la ley instrumentos económicos, tales como los incentivos fiscales, seguros por daños y fondos ambientales en materia de atmósfera

Medida 35.-Revisar el marco legal del Estado de Puebla, a fin de orientar las políticas de calidad del aire en el contexto de cambio climático

Eje 8.- Investigación, educación y comunicación en materia de calidad del aire

Medida 36.- Impulsar el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en materia de calidad del aire

Medida 37.- Diseñar los mecanismos de comunicación continua de la calidad del aire

Medida 38.- Elaborar un programa de educación formal y no formal de la calidad del aire

Eje 1. Prevención y protección a la salud de la población

Medida 1.- Fortalecer el Programa de Vigilancia Epidemiológica del Estado en materia de calidad del aire

Objetivo: Generar insumos que permitan evaluar los efectos a la salud de la población por la exposición a contaminantes del aire.

Justificación: Contar con un Programa de Vigilancia Epidemiológica (PVE) nos permite conocer los efectos de la contaminación al aire, al recopilar datos sociodemográficos, económicos y de salud así como de mortalidad y morbilidad. Esta información, permitirá la oportuna toma de decisiones que coadyuven en la efectividad del presente ProAire.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Crear un grupo de trabajo que analice, integre y correlacione las bases de datos de salud pública y calidad del aire obtenidas.	COFEPRIS SSAOT Sector Salud Gobierno del Estado* Municipios*	Grupo de trabajo operando			•	•					
2	Capacitar periódicamente al personal del Gobierno estatal y municipal para la operación del Plataforma.	COFEPRIS Sector salud Gobierno del Estado* Municipios*	Número de personas capacitadas por año		•	•	•	•	•	•	•	•
3	Definir áreas de investigación en salud pública con base en la información de calidad del aire.	COFEPRIS Sector salud SSAOT Gobierno del Estado Municipios*	Áreas de investigación establecidas						•	•	•	•
4	Definir e implementar una plataforma de registro y seguimiento epidemiológico.	COFEPRIS SSAOT Sector salud Municipios*	Plataforma en funcionamiento		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: El sector salud realizará el fortalecimiento del PVE en coordinación con la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la SSAOT, para implementarse durante la aplicación del presente ProAire.

Actores involucrados: Sector salud, COFEPRIS, SSAOT, Gobierno del Estado y Municipios (áreas administrativas que correspondan).

Beneficios esperados: Contar con información oportuna que permita la toma de decisiones para la aplicación de medidas y acciones que prevengan a la población exponerse a la contaminación del aire.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	

Meta: Contar con un PVE permanente y continuo que permita evaluar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de la población.

Costo estimado: 3.5 millones de pesos.

Medida 2.- Ejecutar y fortalecer el programa de contingencias atmosféricas

Objetivo: Contar con una herramienta que incluya las estrategias, acciones y procedimientos, para atender los episodios con elevadas concentraciones de contaminantes del aire.

Justificación: Los problemas de morbilidad por altas emisiones contaminantes al aire ya sea por un evento antropogénico o natural, se pueden presentar en cualquier momento demandando la activación de una contingencia, sobre todo cuando se alcanzan niveles alarmantes que ponen en riesgo la salud de la población. Por lo anterior, es necesario establecer el programa de contingencias atmosféricas en el Estado, que permita la rápida actuación de autoridades en caso de un evento riesgoso que afecte a la salud de la población.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Actualizar el programa de prevención a la salud ante contingencias atmosféricas del Estado.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Programa actualizado		•							
2	Aplicar y actualizar periódicamente el programa de contingencias atmosféricas.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Programa actualizado en operación Registro anual de contingencias			•	•	•	•	•	•	•
3	Vigilar el cumplimiento del programa de contingencias atmosféricas.	SSAOT SEMARNAT PROFEPA	Número de días al año fuera de norma			•	•	•	•	•	•	•
4	Elaborar e implementar un sistema de alerta temprana en materia de la contaminación del aire.	SSAOT Sector salud	Sistema de alerta temprana implementado			•	•	•	•	•	•	•
5	Difundir el funcionamiento y los beneficios del Programa de Contingencias Atmosféricas.	Protección civil estatal y municipales* SEMARNAT Sector salud	Número de campañas masivas por año Número de personas sensibilizadas por año			•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Estructurar el programa de contingencias atmosféricas mediante la definición de fases de actuación, las cuales identifiquen las líneas de acción, las cuales deben vincular a los actores responsables, así como un sistema de respuesta temprana, además de vigilar el cumplimiento de la aplicación del programa y definir la estrategia de comunicación que dará a conocer a la población las alertas de activación del programa.

Actores responsables: SSAOT, Protección civil (estatal y municipal), SEMARNAT, sector salud, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados: Prevención de los efectos adversos en episodios de riesgo por la contaminación del aire.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Contar con un programa de prevención a la salud ante contingencias atmosféricas.

Costo: 1.5 millones de pesos.

Medida 3.- Implementar un Programa Estatal de Protección a la Salud por la contaminación del aire

Objetivo: Proteger y prevenir a la población de posibles riesgos ambientales por la contaminación del aire, informándolos oportunamente con datos en tiempo casi real, generados de la Red de Monitoreo Atmosférico y la aplicación del Programa de Contingencias Atmosféricas.

Justificación: Los contaminantes presentes en el aire producen efectos en los diferentes grupos de la población (población en general y vulnerable como niños, adultos mayores y con enfermedades respiratorias), de acuerdo con la COFEPRIS el costo en el sector salud por la contaminación del aire en la ZMVP es de 800 millones de pesos aproximadamente, derivado de lo anterior resulta necesario contar con un Programa Estatal de Protección a la Salud que permita realizar actividades de manera coordinada con el Programa de Contingencias Atmosféricas para el diagnóstico, seguimiento y atención de grupos vulnerables en caso de episodios de altos niveles de contaminación del aire.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Establecer un programa de riesgos por emisiones volcánicas.	SSAOT	Registro de contingencias por emisiones volcánicas por año		.	.	.	.	.	.	.	.
2	Identificación de grupos de alto riesgo por exposición de contaminantes del aire.	Sector Salud SSAOT	Grupos identificados		.							
3	Identificar las acciones de autoprotección por parte de la población (en general, grupos vulnerables y en especial grupos de alto riesgo)	Sector Salud	Informe de acciones de autoprotección identificadas Campaña masiva de difusión de las acciones identificadas			.	.	.	.	.	.	.
4	Difundir las medidas preventivas de protección a la salud de la población en caso de un episodio de riesgo.	Protección civil Gobierno estatal y municipal* SEMARNAT Sector salud	Número de campañas masivas por año Número de personas sensibilizadas por año			.	.	.	.	.	.	.

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Aplicar el Programa Protección a la salud por la contaminación del aire, vinculando a las dependencias involucradas y previniendo a los grupos más vulnerables de la población.

Actores responsables: SSAOT, Protección civil (estatal y municipal), SEMARNAT y Sector Salud.

Beneficios esperados: Prevención oportuna a la población por altos niveles de contaminantes presentes en la atmósfera.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.	

Costo: 1.5 millones de pesos.

Medida 4.- Reducir la exposición personal a partículas suspendidas en zonas urbanas

Objetivo: Disminuir las concentraciones de las partículas en las zonas urbanas generadas por caminos sin pavimentar, suelos sin cubierta vegetal y suelos erosionados.

Justificación: La exposición de la población por fuentes antropogénicas se ve agravada por la presencia de PM₁₀ y PM_{2.5} de fuentes naturales, lo que ocasiona afectaciones a la salud de la población, reduciendo la capacidad respiratoria, agravando el asma y dañando el tejido pulmonar. El paso constante vehicular en vialidades sin pavimentar y áreas de escasa o nula vegetación, aunados a la acción del viento favorecen la resuspensión de partículas. Por lo anterior, es necesario el desarrollo de programas de pavimentación de calles e incrementar la cobertura vegetal para evitar la erosión de suelos y en consecuencia la resuspensión de partículas que afecten a la población en regiones urbanas.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y mantener actualizado un inventario de zonas erosionadas y calles sin pavimentar, que incluya las emisiones que son generadas.	SSAOT Municipios*	Inventario elaborado y actualizado Número de zonas y calles identificadas		.	.			.			.
2	Identificar fuentes de financiamiento para la ejecución de las acciones de pavimentación y saneamiento de zonas erosionadas.	SSAOT Municipios*	Tipo de financiamientos identificados		.	.						
3	Elaborar e implementar un programa para recuperar suelos erosionados.	SSAOT Municipios*	Número de hectáreas de suelo erosionado recuperadas por año			.	.	.	.	.	.	.
4	Elaborar e implementar de manera permanente un programa de pavimentación, bacheo y reparación de vialidades.	Municipios*	Km pavimentados por año Número de calles y vialidades reparadas por año			.	.	.	.	.	.	.

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
5	Elaborar e implementar un programa para crear barreras naturales en centros públicos y privados.	SSAOT Municipios*	Número de barreras naturales creadas por año			•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Las áreas administrativas de los municipios correspondientes serán las responsables de la elaboración y puesta en marcha del programa de pavimentación y reparación de vialidades. La SSAOT se coordinará con las autoridades municipales para la elaboración del inventario de calles sin pavimentar y las zonas deterioradas por erosión así como garantizar la ejecución de los programas de saneamiento de suelos erosionados y la creación de barreras naturales.

Beneficios esperados: Mejora en la calidad del aire y salud de los habitantes de las áreas urbanas al reducir la emisión de partículas. Aumento en la eficiencia de las vías terrestres de comunicación. Aumento en las actividades de recreación para la población al rescatar los suelos erosionados con cubierta vegetal.

Actores involucrados: La SSAOT y Municipios.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•						

Meta: Reducir la superficie erosionada en la ZMVP en un 30%.

Costo estimado: 100 millones de pesos por año.

Medida 5.- Reducir la exposición personal en intramuros por las emisiones derivadas de la quema de biomasa

Objetivo: Disminuir la emisión de PM₁₀, PM_{2.5} y CO dentro de los hogares, así como la tala inmoderada de árboles.

Justificación: En Puebla uno de cada cuatro hogares utilizan biomasa como combustible para cocinar o calentar sus hogares, lo que trae como consecuencia un consumo excesivo de biomasa, así como la generación de diversos contaminantes que afectan a la salud de las personas expuestas. Debido a esto, es necesario tomar acciones concretas para disminuir la exposición a estos contaminantes y la tala inmoderada de árboles.

Una forma económica y práctica es mediante la construcción y uso de estufas ecológicas en lugar de los fogones comunes, éstas proveen una mayor eficiencia de combustión y aseguran una menor exposición a los contaminantes emitidos. Por otra parte, las plantaciones endoenergéticas permiten un suministro constante de leña a los hogares sin poner en riesgo los bosques.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Realizar un monitoreo de los niveles de exposición personal a contaminantes producidos por la	SSAOT	Número de monitoreos realizados por año	•	•	•	•	•	•	•	•	•

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	quema de biomasa.		Registro anual de los niveles de exposición									
2	Elaborar un estudio para identificar y seleccionar las mejores alternativas en la cocción de alimentos en los hogares.	SSAOT SEMARNAT SEDESOL Municipios*	Alternativas identificadas		•	•	•					
3	Identificar opciones de financiamiento para la aplicación de las alternativas seleccionadas, con base al estudio realizado.	SSAOT Municipios*	Opciones de financiamiento identificadas		•	•	•					
4	Promover el uso de estufas ecológicas.	SSAOT	Número de estufas construidas por año % de reducción anual de la quema de biomasa	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	Elaborar e implementar un programa de plantaciones dendroenergéticas.	SSAOT	Número de plantaciones establecidas por año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT en cooperación con otras dependencias impulsarán y vigilarán el uso de estufas ecológicas entre la población del Estado. Así como la construcción de estufas ahorradoras de leña con el diseño que cubra las necesidades de los hogares de cada región del Estado.

Actores involucrados: SSAOT, Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Social (SDS), Secretaría de Desarrollo Rural (SDR) y Gobiernos municipales.

Beneficios esperados:

- Reducción en la emisión de partículas PM₁₀, PM_{2.5} y GEI, al interior de las viviendas.
- Mejora en la salud pública.
- Reducción en la tala inmoderada de árboles.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•		•			•	•

Costo estimado: 200 millones de pesos.

Eje 2. Fuentes móviles y movilidad sostenible

Medida 6.- Implementar programas de movilidad sostenible en las zonas urbanas del Estado

Objetivo: Reducir las emisiones a la atmósfera y la contaminación acústica, al coordinar y hacer más eficientes los diferentes medios de transporte.

Justificación: Las emisiones vehiculares representan el 85% de las emisiones totales generadas en la ZMVP, debido en gran medida a que las vialidades en la mayoría de las zonas urbanas del Estado no permiten una circulación adecuada, lo que propicia asentamientos vehiculares al mantener velocidades de circulación promedio de 23 km/h y hasta 27% de tiempos muertos durante un recorrido cotidiano, que se traduce en un mayor consumo de combustible y por ende un aumento de las emisiones por fuentes móviles. Actualmente sólo el 1.5% de los desplazamientos en la ZMVP se realizan en bicicleta, en gran medida porque no se cuenta con vialidades apropiadas, lo que la convierte en una actividad insegura y peligrosa. Por lo anterior, es necesario establecer corredores peatonales, ciclo-vías de carril confinado en zonas urbanas, así como incentivar el uso del transporte público que garantice un traslado eficiente, seguro y alternativo a la utilización del automóvil privado.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar un estudio para identificar zonas conflictivas y susceptibles de aplicar un programa de reingeniería vial.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	Estudio elaborado		•	•						
2	Desarrollar un estudio de diagnóstico para la creación de corredores peatonales y ciclo-vías en zonas urbanas con más de 50 mil habitantes.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	Estudio elaborado Número y tipo de corredores programados		•	•						
3	Construir y mantener corredores peatonales y ciclo-vías.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	km. construidos de corredores peatonales y ciclo-vías por año		•	•	•	•	•	•	•	•
4	Implementar un programa de préstamo de bicicletas en las zonas que cuenten con ciclo-vías.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	Número de préstamos realizados por año		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Establecer carriles de alta ocupación.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	Número de carriles de alta ocupación establecidos por año		•	•	•	•	•	•	•	•
6	Reestructurar las arterias principales para evitar vueltas a la izquierda y establecer semáforos inteligentes.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	% anual en el incremento de la velocidad promedio		•	•	•	•	•	•	•	•
7	Diseñar e implementar rutas ordinarias en zonas habitacionales de nuevo desarrollo.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	Número de rutas implementadas por año		•	•	•	•	•	•	•	•
8	Promover y difundir conceptos de cultura vial y movilidad no motorizada entre la ciudadanía.	SSAOT Gobierno del Estado* Municipios*	Número de campañas masivas realizadas por año Número de personas sensibilizadas por año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Los Gobiernos Municipales conjuntamente con la Secretaría de Transporte (ST) definirán un programa de movilidad sostenible para su aplicación por etapas, en concordancia con el Plan de Ordenamiento Territorial (POET). Se desarrollarán estudios para identificar los puntos factibles para construir corredores

peatonales y ciclo-vías, así como aquellos que puedan ser reestructurados para garantizar la movilidad de lo habitantes.

Actores involucrados: Gobierno del Estado y Municipios, SSAOT y ST.

Beneficios esperados:

- Reducción de la congestión vial y de los tiempos de recorrido.
- Reducción de las emisiones generadas por fuentes móviles asociados a una ineficiente movilidad en las principales zonas urbanas del Estado de Puebla.
- Reducción en los costos económicos, ambientales y de salud al impulsar una cultura vial adecuada, así como el uso de transporte no motorizado.
- Rescate del espacio público y de recreación.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta:

- Aumentar mínimo en 5 km/hora la velocidad promedio en las principales avenidas.
- Aumentar el número de corredores peatonales y ciclo-vías en un 30% en la ZMVP, respecto al año 2012.

Costo estimado: 46.3 millones de pesos.

Medida 7.- Implementar la Red Urbana de Transporte Articulado y sistemas troncales

Objetivo: Desincentivar el uso del vehículo particular fomentando la reestructuración sostenible del transporte público.

Justificación: La movilidad vehicular en la mayoría de las zonas urbanas del Estado se ve afectada, principalmente en aquellas avenidas que pueden brindar un flujo continuo. Una unidad de transporte público posee una tasa de contaminación más elevada que la de un automóvil particular, sin embargo, ésta se ve compensada por el número de pasajeros que transporta. En Puebla, a pesar de que gran parte de la población utiliza el transporte público para desplazarse, no existe aún un transporte público sistematizado. En concordancia a los programas de movilidad sostenible, el *bus rapid transit* (BTR) es un medio de transporte de alta calidad y eficacia, que cubre las necesidades de movilidad de los habitantes y contribuye además de la disminución en los costos y tiempos de traslado, a la reducción de emisiones de contaminantes al aire. Este sistema deberá incluir las rutas auxiliares o alimentadoras para dar servicio en las zonas de baja densidad poblacional o de difícil acceso.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar un estudio de origen-destino para el diseño y/o rediseño de rutas.	ST	Estudio elaborado Número de rutas diseñadas o rediseñadas	.	.	.						
2	Implementar la RUTA, con base al estudio anterior.	ST	% anual de avance en la implementación de la RUTA	.	.	.	.	.	.

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Diseñar e implementar rutas troncales para zonas de difícil acceso a la RUTA.	ST	Número de rutas troncales construidas por año		.	.	.	.	.	.	.	.
4	Complementar la RUTA con terminales, estaciones intermedias, patios de encierro y talleres de mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento.	ST	Número de terminales, estaciones intermedias, patios de encierro y/o talleres de mantenimiento construidos por año		.	.	.	.	.	.	.	.

Instrumentación: La ST se encargará de la puesta en marcha de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA), así como de establecer la creación de rutas troncales que den servicio a las zonas de difícil acceso a la RUTA. Se realizarán estudios de origen-destino para diseñar las nuevas rutas o de ser necesario, rediseñar las programadas. La RUTA deberá complementarse con infraestructura apropiada para su mantenimiento y de esta forma garantizar su cumplimiento.

Actores involucrados: ST, SSAOT, Gobiernos municipales y concesionarios.

Beneficios esperados:

- Cobertura de las necesidades de movilidad de la población con calidad y eficiencia
- Reducción de las emisiones generadas por el uso del vehículo particular.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta:

- Puesta en marcha de la primer línea al 2013.
- Ampliación de la RUTA a cuatro líneas más al 2020.

Costo estimado: 4 mil millones de pesos.

Medida 8.- Reordenar el transporte público de pasajeros y de carga en la ZMVP

Objetivo: Reducir las emisiones de contaminantes al aire derivadas del congestionamiento vial al activar el tránsito vehicular.

Justificación: Las emisiones contaminantes generadas por vehículos de transporte público se debe a la inadecuada estructuración de las rutas, zonas arbitrarias de ascenso y descenso de pasajeros en la ZMVP, lo que ocasiona mayor quema de combustible por recorridos mal diseñados y la acumulación de autos detrás de las paradas improvisadas, así como la falta de aparcamiento y bases, causando que los casi 13 mil taxis que circulan por la ZMVP circulen gran parte del tiempo sin pasaje. Al mismo tiempo, el alto número de camiones de carga que circulan indistintamente por las calles de los municipios, contribuyen significativamente a incrementar el nivel de ruido y las emisiones a la atmósfera. Con base a lo anterior se requiere reordenar el

sistema de transporte público de la ZMVP en consistencia con los programas de movilidad sostenible y la RUTA, así como restringir la circulación de vehículos de transporte público y pesados de carga en ciertas zonas, por ejemplo, en el perímetro de escuelas y hospitales, donde se encuentra una concentración elevada de la población más susceptible a las emisiones.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Desarrollar e implementar un programa de reordenamiento de rutas y paradas del transporte público.	ST	Número de rutas y paradas reordenadas por año		•	•	•	•	•	•	•	•
2	Realizar un estudio de origen-destino para diseñar y/o rediseñar las rutas de transporte público evitando su circulación por perímetros de escuelas y hospitales.	ST Municipios* Concesionarios	Estudio realizado Número de rutas diseñadas o rediseñadas por año			•			•			•
3	Realizar y mantener actualizado un padrón de las unidades de transporte público de pasajeros y de carga que incluya sus características y condiciones mecánicas, las rutas y la cantidad de viajes generados.	ST Municipios* Concesionarios	Inventario de unidades realizado y actualizado			•			•			•
4	Promover la instalación y reubicación estratégica de las bases para taxis.	ST Municipios*	Número de bases nuevas instaladas por año Número de bases reubicadas por año			•	•	•	•	•	•	•
5	Fomentar la sustitución de taxis por unidades eléctricas.	ST SSAOT	Número de taxis sustituidos por año			•	•	•	•	•	•	•
6	Establecer el uso de energías limpias en los centros de recarga para taxis eléctricos.	ST SSAOT	Número de vehículos recargados con energías limpias % de reducción anual de emisiones generadas.			•	•	•	•	•	•	•
7	Ampliar la aplicación del programa de regulación de horarios de carga y descarga comercial y de servicios.	Municipios*	Horarios establecidos		•	•	•					
8	Desarrollar un programa permanente de educación cívica y vial para los transportistas de pasajeros y de carga.	ST SSAOT	Programa desarrollado Número de transportistas capacitados por año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La ST debe reordenar los derroteros del transporte público de las principales zonas urbanas, mediante la restructuración de rutas basadas en estudios origen-destino bajo conceptos de sostenibilidad, así

como la reubicación estratégica de las bases para taxis. La ST determinará las zonas en las que es factible aplicar el programa de regulación de horarios de carga y descarga, con el fin de evitar congestión vial en las horas de mayor afluencia vehicular.

Actores involucrados: ST, SSAOT, municipios y concesionarios.

Beneficios esperados:

- Mejora en la calidad y eficiencia del transporte público que permita desincentivar el uso del vehículo privado.
- Disminución del número de viajes origen-destino.
- Reducción de las emisiones contaminantes al aire al agilizar el tránsito vehicular.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Reducir en un 30% las emisiones a la atmósfera provenientes del transporte público.

Costo estimado: 12 millones de pesos.

Medida 9.- Fortalecer y garantizar el cumplimiento del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes de los vehículos en circulación, mediante la consolidación de tecnologías y operatividad eficiente de los centros de verificación vehicular, así como una oportuna difusión de los beneficios a la salud que este programa representa.

Justificación: Los vehículos automotores son la fuente de emisión que aporta más contaminantes a la atmósfera. De acuerdo al inventario de emisiones, en el Estado de Puebla, circulan alrededor de 27 mil motocicletas, que a pesar de funcionar con motores de dos tiempos, presentan problemas de combustión contribuyendo de manera significativa en la emisión de contaminantes al aire.

Debido a esto, es necesario fortalecer y consolidar el programa de verificación vehicular, actualizando la tecnología y procedimientos utilizados para la verificación que aseguren en buen funcionamiento del programa, así como la implementación de instrumentos de control para aquellos vehículos automotores que no son incluidos en el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO), a fin de reducir las emisiones de contaminantes al aire que generan.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Realizar un estudio de factibilidad para cambiar la tecnología y/o procedimientos de verificación.	SSAOT	Número de centros de verificación identificados para cambio de tecnología y/o procedimientos de verificación Términos de referencia definidos.	.	.							
2	Implementar nuevas tecnologías y procedimientos en los centros de verificación vehicular identificados.	SSAOT	Número de centros de verificación con nuevas tecnologías		.	.	.	.	.	.	.	.

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
			y/o procedimientos implementados por año									
3	Promover y difundir los beneficios por el cumplimiento del PVVO.	SSAOT	Número y tipo de campañas masivas realizadas por año Número de vehículos verificados por año	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	Realizar un estudio de factibilidad para determinar la incorporación de motocicletas al PVVO.	SSAOT	Estudio elaborado			•	•					
5	Actualizar la norma de regulación para motocicletas, con base al estudio realizado.	SSAOT	Norma actualizada					•	•	•		

Instrumentación: Elaborar los términos de referencia para la definición de los procedimientos de verificación vehicular y así como definición de los requerimientos tecnológicos y de infraestructura. La SSAOT conformará un grupo de trabajo para actualizar la norma de regulación para motocicletas e incluirlas en el PVVO. Se coordinará para sensibilizar a los habitantes del Estado sobre los beneficios ambientales, de salud y económico-sociales que se pueden alcanzar con el cumplimiento del PVVO.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, centros de verificación vehicular y medios de comunicación.

Beneficios esperados:

- Reducción de las emisiones contaminantes de vehículos en circulación en el Estado al contar con un adecuado y constante mantenimiento.
- Control de las emisiones contaminantes a la atmósfera generadas por motocicletas.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta:

- Fortalecer el PVVO técnica, operativa y administrativamente.
- Regular en un 85% el parque conformado por motocicletas.

Costo estimado: 10 millones de pesos.

Medida 10.- Implementar programas para la incorporación de dispositivos de control de emisiones en la flota vehicular de uso intensivo

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes al aire, al incentivar la renovación y mantenimiento de los vehículos que integran la flota vehicular de uso intensivo.

Justificación: Las emisiones automotrices de los gases que salen por el tubo de escape, corresponden solo al 60% de la contaminación emitida por el vehículo, el porcentaje restante corresponde a las emisiones evaporativas de los depósitos de gasolina y a los residuos de la combustión que escapan de la cámara hacia el interior del motor y a los vapores del cárter. Para obtener niveles de emisiones bajos, es necesario mantener la

correcta operación de los vehículos, por lo cual se han diseñado sistemas de control a fin de disminuir la carga de emisiones contaminantes que éstos producen.

Debido a lo anterior, es necesario que la flota vehicular de uso intensivo en circulación, como taxis, el transporte público, transporte de carga y de empresas distribuidoras, tengan un control más estricto con respecto a sus emisiones. De igual manera se busca incentivar a los usuarios de vehículos privados a la revisión y remplazo de catalizadores, resultando una disminución de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar un estudio de costo beneficio para determinar la edad, tipo, y tecnología de las unidades susceptibles de ser renovadas o retroadaptadas.	SSAOT ST	Estudio elaborado Número de unidades identificadas		•	•						
2	Desarrollar e implementar un programa de sustitución de catalizadores, con base al estudio realizado.	SSAOT ST	Número de catalizadores sustituidos por año			•	•	•	•	•	•	•
3	Desarrollar e implementar un programa para incorporar dispositivos de control de emisiones en vehículos que utilizan diesel, con base al estudio realizado.	SSAOT ST	Número de dispositivos de control implementados por año			•	•	•	•	•	•	•
4	Elaborar un estudio para identificar la viabilidad para establecer un programa de revisión físico-mecánica en vehículos de uso intensivo.	SSAOT ST	Estudio elaborado		•	•						
5	Desarrollar e implementar el programa de revisión físico-mecánica en vehículos de uso intensivo, con base al estudio realizado.	SSAOT ST	Número de revisiones realizadas por año			•	•	•	•	•	•	•

Instrumentación: La SSAOT en coordinación con la ST realizará propuestas para la definición de nuevos procedimientos y programas que sirvan de apoyo para el cumplimiento del PVVO. La SSAOT revisará el marco normativo relacionado con la incorporación de equipos de control de emisiones de vehículos a diesel en coordinación con la ST.

Actores involucrados: Gobierno del Estado, SSAOT, ST y SEMARNAT.

Beneficios esperados:

- Reducción de las emisiones generadas por la flota vehicular de uso intensivo.
- Mejora en la eficiencia del proceso de combustión.
- Cumplimiento de la normatividad vigente.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Costo estimado: 10 millones de pesos y autofinanciamiento por los propietarios.

Medida 11.- Implementar un programa de autorregulación y buenas prácticas operativas para la flota vehicular con motor a diesel

Objetivo: Reducir las emisiones de los vehículos con motor a diesel, a través de la aplicación del programa.

Justificación: Los vehículos que utilizan diesel generan principalmente emisiones de partículas ultrafinas. El 2.86% del parque vehicular que circula en el Estado de Puebla consume diesel, de aquí la importancia de autorregular los vehículos con motor a diesel de forma tal que sus emisiones se mantengan por debajo del límite máximo permisible establecido en la norma NOM-045-SEMARNAT-2006, mediante la suscripción de convenios en los que se comprometan a realizar un servicio preventivo y correctivo de todos los vehículos asignados a una empresa o institución.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y mantener actualizado un inventario de los vehículos con motor a diesel que incluya las emisiones que se generan.	SF SSAOT	Inventario elaborado y actualizado			.			.			.
2	Desarrollar y ejecutar un programa de autorregulación para la reducción de emisiones, con base al inventario.	ST SSAOT	Programa elaborado Número de vehículos integrados al programa % anual de reducción de emisiones			.	.	.	.	.	.	.
3	Promover las buenas prácticas operativas mediante la aplicación del Programa de Transporte Limpio.	ST SSAOT SEMARNAT	Número de vehículos por año integrados al Programa de Transporte Limpio % anual de reducción de CO ₂			.	.	.	.	.	.	.

Instrumentación: Se desarrollará un programa de autorregulación de vehículos a diesel que se promoverá entre propietarios de flotillas y empresas, así como particulares que cuenten con vehículos que funcionen con este combustible. La SSAOT en coordinación con la ST y con apoyo de la SEMARNAT promoverá la implementación del Programa de Transporte Limpio.

Actores involucrados: ST, Secretaría de Finanzas (SF), SSAOT y SEMARNAT.

Beneficios esperados: Disminución en emisiones de vehículos a diesel, asignados a flotillas y empresas.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Integrar el 20% de las flotillas al Programa de Autorregulación y al Programa de Transporte Limpio al 2017.

Costo estimado: Financiado por las empresas y particulares.

Medida 12.- Impulsar el ahorro de combustible en la maquinaria de construcción y de uso agropecuario

Objetivo: Disminuir las emisiones contaminantes generadas por maquinaria de construcción y de uso agropecuario.

Justificación: En la actualidad la maquinaria utilizada en el ramo de la construcción, los tractores y otros motores fijos y móviles, son accionados principalmente por diesel. El deterioro de los sistemas de combustión incompleta ocasiona la expulsión de gases contaminantes a la atmósfera, por lo que es importante que las bombas y motores funcionen en buen estado técnico para que estos trabajen eficazmente.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y actualizar un inventario por tipo de maquinaria a diesel para uso agropecuario y de construcción	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Inventario por tipo de maquinaria a diesel elaborado y actualizado.			•			•			•
2	Elaborar un estudio para identificar la viabilidad para establecer un programa de revisión físico-mecánica.	SSAOT Municipios*	Estudio elaborado			•	•					
3	Ejecutar el programa de revisión físico-mecánica, con base al estudio.	SSAOT Municipios*	Número de revisiones realizadas por año				•	•	•	•	•	•
4	Promover el uso de la tracción animal en las labores agrícolas donde sea posible.	SSAOT SAGARPA	Número de eventos de difusión realizados al año		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Promover la selección del tipo y número de trabajos a desarrollar simplificando las operaciones.	SSAOT SAGARPA Municipios*	Número de eventos de difusión realizados al año		•	•	•	•	•	•	•	•

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores involucrados: SSAOT, Municipios, SAGARPA, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Instrumentación: La SSAOT se coordinará con los municipios para elaborar y actualizar el inventario de maquinaria para uso agropecuario y de construcción. La SSAOT en coordinación con los municipios y la SAGARPA, promocionarán prácticas operativas que permitan minimizar el uso de combustible.

Beneficios esperados:

- Reducción de las emisiones provenientes del uso de maquinaria para la construcción y de uso agropecuario.
- Ahorros económicos al disminuir la cantidad de combustible utilizado.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Costo estimado: No estimado

Eje 3. Industria, comercios y servicios

Medida 13.- Establecer convenios de colaboración y coordinación con los ingenios azucareros para reducir sus emisiones a la atmósfera

Objetivo: Fomentar el uso y la instalación de mejores tecnologías en el proceso de producción de azúcar, quema de combustibles y el control de las emisiones a la atmósfera generadas.

Justificación: La agroindustria azucarera es una actividad relevante para la economía estatal. Durante el proceso de producción del azúcar se emite a la atmósfera una carga importante de contaminantes principalmente por la combustión de combustibles fósiles en calderas y hornos. El implementar nuevas tecnologías que permitan utilizar el bagazo y la hoja de caña como fuente de energía principal en los ingenios azucareros, disminuiría el consumo de combustóleo y el CO₂ producido durante su quema, sería absorbido por las plantaciones de caña, lo que traería consigo la disminución de emisiones de GEI a la atmósfera sin dejar de lado el beneficio económico para el ingenio al reducir su gasto por energéticos. No se omite mencionar, que es necesario controlar la emisión de partículas y polvos por la quema del bagazo, y que ponen en riesgo principalmente la salud de la población.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y mantener actualizado un inventario de las emisiones generadas en el proceso de producción de azúcar.	SSAOT	Inventario elaborado y actualizado		.	.			.			.
2	Elaborar un diagnóstico del proceso de la elaboración de azúcar en los ingenios para identificar las áreas de oportunidad donde es factible una reducción de las emisiones a la atmósfera.	SSAOT Unión Nacional de Cañeros	Áreas de oportunidad identificadas % de emisiones a la atmósfera que pueden ser reducidas		.	.						
3	Con base en el diagnóstico elaborado, establecer convenios de colaboración para la implementación de tecnologías alternativas (ej. caldera de mayor eficiencia, instalaciones de cogeneración, etc.)	SSAOT Comisión Reguladora de Energía Unión Nacional de Cañeros	Convenio elaborado y firmado Número y tipo de tecnologías y/o renovadas e instaladas		.	.						

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4	Promover el uso de bagazo y la hoja de caña como combustible.	SSAOT Comisión Reguladora de Energía Unión Nacional de Cañeros	Número de toneladas de bagazo y hoja de caña utilizadas como combustible por año % de reducción anual de emisiones generadas por quema de combustóleo			•	•	•	•	•	•	•
5	Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de tecnologías y/o procedimientos alternativos que sustituyan la práctica de roza, tumba y quema.	SSAOT SAGARPA	Tecnologías y/o procedimientos identificados		•	•						
6	Promover la implementación de sistemas de control de partículas durante el proceso de producción y almacenamiento.	SSAOT	Número y tipo de equipos de control instalados por año			•	•	•	•	•	•	•
7	Implementar programas de capacitación dirigido a productores de azúcar, sobre métodos de producción más limpia.	SSAOT SEMARNAT	Número de productores capacitados por año			•	•	•	•	•	•	•

Instrumentación: La SSAOT establecerá convenios con la Asociación Nacional de Cañeros con el fin de realizar los diagnósticos que permitan identificar las reformas en el proceso de producción de azúcar. En conjunto, promoverán el consumo de bagazo y hojas de caña como combustible, así como la implementación de equipos de control de emisiones. LA SSAOT se coordinará con la SEMARNAT para capacitar a los productores de azúcar sobre métodos de producción más limpia.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, SAGARPA, Comisión Reguladora de Energía y Unión Nacional de Cañeros.

Beneficios esperados: Reducción de emisiones a la atmósfera generadas por la industria del azúcar de caña.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•		•		•

Meta: Reducir las emisiones al utilizar de manera más eficiente al menos el 80% del bagazo y hojas de caña como energético.

Costo estimado: 0.3 millones de pesos (programa) y autofinanciamiento cañeros.

Medida 14.- Regular las actividades de elaboración de ladrillo para controlar las emisiones a la atmósfera

Objetivo: Reducir las emisiones derivadas de la producción de ladrillo a través de la regulación.

Justificación: La quema de residuos utilizados para la combustión del horno en la producción de ladrillo, libera diversos contaminantes a la atmósfera, que impactan en la calidad del aire y la salud humana. Para el año 2008, en el Estado de Puebla se registraron dos mil 838 ladrilleras, lo cual convierte al Estado en la entidad con

el mayor número de hornos en el país. Por lo anterior, es necesario implementar mecanismos para exhortar a los propietarios a regular el funcionamiento de sus centros de trabajo con lo que se reducirán los niveles de emisiones contaminantes y el riesgo en la salud de los trabajadores y la población en general.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y mantener actualizado el padrón de ladrilleras que operan en el Estado que incluya el tipo de horno, tipo de combustibles y las emisiones generadas.	SSAOT	Padrón de hornos ladrilleros actualizado			•			•			•
2	Implementar un programa de concientización a productores de ladrillo sobre los efectos a la salud y el medio ambiente derivados de ésta actividad.	SSAOT Sector Salud Municipios*	Número de productores sensibilizados al año		•	•	•	•	•	•	•	•
3	Crear convenios de colaboración para mejorar el proceso de producción de ladrillo.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Convenio firmado		•							
4	Implementar la Licencia de Funcionamiento.	SSAOT	Número de ladrilleras al año que cuentan con licencia		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Diseñar y ejecutar una estrategia para promover el uso de combustibles más limpios.	SSAOT	Número de ladrilleras al año que implementan el uso de combustibles más limpios		•	•	•	•	•	•	•	•
6	Promover la implementación de tecnologías para mejorar la combustión en los hornos ladrilleros.	SSAOT	Número de ladrilleras al año informadas sobre tecnologías de combustión		•	•	•	•	•	•	•	•
7	Elaborar y publicar una norma técnica ambiental estatal que regule las actividades de la fabricación de ladrillo.	SSAOT	Norma técnica ambiental estatal elaborada y publicada			•	•	•	•	•		
8	Desarrollar un diagnóstico detallado del impacto en la calidad del aire de este sector que incluya el uso de sistemas de información geográfica.	SSAOT	Diagnóstico desarrollado Mapa de ubicación de ladrilleras		•	•						
9	Revisar y modificar los planes de desarrollo urbano fomentando la ubicación de ladrilleras en zonas industriales.	SSAOT Municipios*	Planes de desarrollo adaptados			•	•	•	•	•	•	•
10	Establecer y operar un programa de visitas de verificación y de inspección.	SSAOT Municipios*	Número de visitas de verificación e inspección realizadas al año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT en coordinación con los municipios integrará y mantendrá actualizado el padrón de ladrilleras con la finalidad de conocer las características de cada uno y el tipo de combustible que emplean

dentro del proceso de fabricación de ladrillos. Con base en la información recopilada en el padrón, la SSAOT elaborará, publicará y ejecutará un esquema que regule las actividades desarrolladas para la elaboración de ladrillo, con la finalidad de reducir los impactos de las emisiones generadas. Asimismo, la SSAOT, en coordinación con la SEMARNAT y los municipios firmarán un convenio de colaboración para mejorar el proceso de producción de ladrillo. Para vigilar la aplicación de la legislación, será necesario implementar un programa permanente de visitas de inspección y verificación.

Actores involucrados: SSAOT, Gobiernos municipales, Sector Salud, SEMARNAT, ladrilleras, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados:

- Regulación en la operación de los hornos ladrilleros.
- Reducción de las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y contaminantes tóxicos.
- Reducción de los riesgos a la salud de la población por exposición a partículas.
- Fortalecimiento del sector ladrillero en el ámbito productivo y empresarial.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Regular al menos el 40% del padrón de ladrilleras.

Costo Estimado: 7 millones de pesos.

Medida 15.- Gestionar el uso de combustibles más limpios en la industria, establecimientos comerciales y de servicios

Objetivo: Disminuir y/o eliminar el consumo de combustóleo como principal energético en la industria, los establecimientos comerciales y de servicios.

Justificación: En la industria de competencia estatal, es común el consumo de combustóleo para el funcionamiento de calderas, el cual genera grandes cantidades de emisiones de SO₂, CO₂ y partículas. La reconversión de equipos que utilizan combustóleo a combustibles más limpios, tiene la ventaja de reducir significativamente la emisión de contaminantes a la atmósfera, reforzando la responsabilidad ambiental de dichas empresas. Así mismo, los establecimientos emplean este combustible para sus procesos. Al conocer la cantidad y el tipo de combustibles consumidos, es posible llevar a cabo campañas de conversión energética a combustibles más limpios y eficientes.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Identificar los establecimientos comerciales y de servicios que pueden emplear combustibles más limpios.	SSAOT Municipios*	Establecimientos identificados	•	•							
2	Realizar un estudio costo-beneficio para la reconversión energética por sector.	SSAOT	Estudios realizados al año		•	•	•	•	•	•	•	•

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Diseño de un programa de reconversión energética (siempre y cuando sea factible el punto 2)	SSAOT	Programa diseñado			.						
4	Crear convenios de colaboración para mejorar los procesos de combustión.	SSAOT Municipios* Cámaras comerciales	Número de convenios firmados al año		.	.	.	.	.	.	.	.
5	Desarrollo e implementación del programa.	SSAOT	Cantidad de combustóleo consumido por año			.	.	.	.	.	.	.
6	Promover los beneficios económicos a los que se puede acceder, por el cambio de combustible.	SSAOT SEMARNAT	Número establecimientos con reconversión energética por año		.	.	.	.	.	.	.	.
7	Elaborar y ejecutar un programa de promoción y capacitación sobre carburación de equipos.	SSAOT Municipios*	Número de capacitaciones impartidas al año		.	.	.	.	.	.	.	.

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Se realizará un estudio costo-beneficio para la reconversión energética, de acuerdo a los resultados obtenidos, se desarrollará un programa de reconversión energética y se establecerán convenios para asegurar la ejecución del programa. Así mismo, se promoverán los beneficios ambientales y económicos por integrarse al programa.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, Municipios y Cámaras Sectoriales.

Beneficios esperados: Reducción en la emisión de SO₂, CO₂ y partículas producidas por la quema de combustóleo.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Lograr la disminución del consumo del combustóleo en al menos 50% del reportado en 2009 (2.396 PJ).

Costo Estimado: 0.3 millones de pesos por estudio.

Medida 16.- Fortalecer el cumplimiento de los instrumentos de regulación y reporte a los establecimientos de competencia estatal y municipal

Objetivo: Consolidar la base de datos de información ambiental y generar el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) mediante el fortalecimiento de la presentación de reportes.

Justificación: El Estado de Puebla alberga un gran número de industrias, servicios y comercios, las cuales aportan aproximadamente un 20% de las emisiones totales de contaminantes a la atmósfera, por lo que es importante el desarrollo e implementación de herramientas a fin de lograr la adecuada regulación con estricto apego a la Normatividad Oficial Vigente.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Impulsar la instrumentación de la Licencia de Funcionamiento en los municipios.	SSAOT Municipios*	Número de Licencias de Funcionamiento por año	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	Incrementar el número de sujetos obligados a reportar la Licencia de Funcionamiento.	SSAOT Municipios*	Número de sujetos obligados	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	Realizar talleres de capacitación para la integración de los instrumentos de regulación y reporte.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Número de talleres impartidos al año	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	Consolidar la base de datos de información ambiental.	SSAOT	Base de datos generada	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	Elaborar y publicar el RETC estatal y municipal en materia de atmósfera.	SSAOT	Publicación del RETC estatal y municipal	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	Integrar los datos del RETC estatal y municipal en materia de atmósfera al RETC nacional.	SSAOT SEMARNAT	Publicación del RETC nacional	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT impulsará la implementación de la Licencia de Funcionamiento en conjunto con los municipios como instrumento de regulación y reporte para la elaboración del RETC.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, municipios, industrias y establecimientos comerciales y de servicios.

Beneficios esperados: Contar con información que sirva de base para la toma de decisiones.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Al menos el 40% de las empresas que generan emisiones a la atmósfera cumplan con los instrumentos de regulación y reporte.

Costo: 1.5 millones de pesos.

Medida 17.- Implementar el programa de auditoría ambiental en empresas de competencia estatal

Objetivo: Incrementar la participación de las industrias en programas de autorregulación que ayuden a mejorar el control sobre sus procesos y a reducir sus emisiones atmosféricas.

Justificación: Los programas de autorregulación se basan en el cumplimiento a la legislación vigente apoyada en la gestión ambiental y la mejora continua de procesos y productos voluntariamente; resultando esto en un aumento en la eficiencia económica, ambiental y legal de la empresa. Con lo anterior se mejora la competitividad industrial y el desempeño de las empresas, así como su imagen pública.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y actualizar el inventario de industrias de jurisdicción estatal que puedan integrarse a programas de autorregulación y auditoría ambiental.	SSAOT	Inventario elaborado y actualizado			•			•			•
2	Elaborar el programa de auditoría ambiental estatal.	SSAOT	Programa elaborado		•							
3	Promover que las empresas de jurisdicción estatal ingresen al Programa de Auditoría Ambiental Estatal.	SSAOT	Número de empresas inscritas anualmente al Programa		•	•	•	•	•	•	•	•
4	Promover exposiciones o foros sobre métodos de producción más limpia.	SSAOT	Número de eventos realizados al año		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Cuantificar las emisiones a la atmósfera por contar con un programa de Autorregulación.	SSAOT	Cantidad estimada de emisiones en empresas que cuentan con un Programa de Autorregulación		•	•	•	•	•	•	•	•

Instrumentación: La SSAOT elaborará y ejecutará el programa de auditoría ambiental estatal, acorde al Reglamento de Auditoría de la Ley Ambiental Estatal.

Actores responsables: SSAOT y sector industrial.

Beneficios esperados: Reducción de emisiones generadas por la industria.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Adherir al programa de auditoría ambiental estatal el 5% de las empresas registradas por año.

Costo estimado: 0.5 millones de pesos.

Medida 18.- Fomentar el uso de equipos o sistemas de control de emisiones en la industria

Objetivo: Reducir las emisiones de contaminantes al aire mediante la implementación de equipos o sistemas de control de emisiones.

Justificación: Sólo una pequeña porción de las empresas establecidas en el Estado de Puebla cuenta con equipos de control de emisiones a la atmósfera. Estas tecnologías, permiten una reducción considerable de emisiones que contribuye a mejorar la calidad del aire; por ello es necesario fomentar la incorporación de equipos de control de emisiones.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Determinar las empresas que son susceptibles a la implementación de equipos o sistemas de control de emisiones.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Inventario de empresas susceptibles a la implementación de equipos de control elaborado		•	•	•	•	•	•	•	•
2	Promover el acceso a beneficios ambientales y económicos al incorporar equipos o sistemas de control de emisiones.	SSAOT SEMARNAT	Número de empresas al año informadas			•	•	•	•	•	•	•
3	Establecer convenios con sectores industriales clave para la reducción de emisiones atmosféricas.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Número de convenios establecidos al año	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	Promover exposiciones o foros de información técnica para la selección, compra e instalación de los equipos de control.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Número de eventos realizados al año		•		•		•		•	

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Identificar las empresas que por las condiciones específicas de sus procesos, equipos y combustión, sean susceptibles para aplicar estas tecnologías y promover los mecanismos de acceso a los beneficios ambientales y económicos.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, Gobiernos municipales, Cámaras de industriales y empresas.

Beneficios esperados:

- Disminución de las emisiones de contaminantes al aire.
- Cumplimiento de la normatividad vigente.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Incorporar equipos de control en al menos 10% de las industrias.

Costo estimado: 1.5 millones de pesos para el fomento de uso de equipos o sistemas de control.

Medida 19.- Promover mejores prácticas para la reducción de emisiones en establecimientos que manejan y producen COV en sus procesos.

Objetivo: Reducir las emisiones por el uso de solventes 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 destacan los talleres dedicados al repintado automotriz, emitiendo considerables cantidades de contaminantes al aire y que afectan la salud de la población. Los materiales usados como insumo generan emisiones de partículas (aerosoles), COV y compuestos carcinogénicos durante diversos procesos de limpieza, recubrimiento de superficies, manufactura

y distribución, que contienen un alto porcentaje de sustancias que al evaporarse y en presencia de radiación solar producen cantidades importantes de contaminantes secundarios como el O₃.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y actualizar el padrón de distribuidores y manejadores de solventes.	Municipios*	Padrón elaborado y actualizado			•			•			•
2	Desarrollar campañas de concientización a los usuarios sobre los daños potenciales al medio ambiente y a la salud por el uso inadecuado de los solventes.	Municipios* SSAOT Sector Salud	Programas de concientización implementados Número de personas capacitadas al año		•	•	•	•	•	•	•	•
3	Realizar un estudio para identificar mejores tecnologías de limpieza y repintado de superficies.	SSAOT Municipios*	Estudio realizado Tecnologías identificadas		•	•	•	•	•	•	•	•
4	Promover foros o talleres sobre mejores tecnologías de limpieza y repintado de superficies.	SSAOT Municipios*	Número de eventos realizados al año			•	•	•	•	•	•	•
5	Fomentar el uso de productos de consumo domésticos base agua e incentivar la disminución de solventes.	SSAOT Municipios*	Número y tipo de campañas de promoción de productos base agua realizadas al año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Los municipios y la SSAOT de manera coordinada actualizarán el padrón de distribuidores y manejadores de solventes, en el que se identifiquen las principales sustancias utilizadas y los volúmenes empleados. Con la información anterior se elaborará un estudio para identificar y seleccionar las mejores tecnologías, procesos, equipos y prácticas disponibles para el repintado de superficies.

Actores involucrados: Municipios, SSAOT, Sector Salud, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados:

- Disminución de COV emitidos a la atmósfera.
- Menor exposición a COV de los trabajadores y población en general.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•				•	•	

Costo estimado: 0.7 millones de pesos al año.

Medida 20.- Fortalecer el control de vapores en terminales de almacenamiento y reparto (TAR), y en estaciones de servicio de gasolina

Objetivo: Reducir las emisiones fugitivas de COV a la atmósfera en el manejo y distribución de gasolina.

Justificación: Durante el almacenamiento, transportación y despacho de combustibles, se emiten una gran cantidad de COV a la atmósfera, los cuales contribuyen a la formación de contaminantes atmosféricos como el

O₃ que son nocivos para la salud humana y el medio ambiente. Por lo anterior, es importante implementar programas de control de vapores en las TAR así como en las estaciones de servicio (fase 0, fase I y fase II), identificando todos los componentes que serán objeto de control.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Actualizar el padrón de las TAR y estaciones de servicio de gasolina, así como de los sistemas de control implementados.	SSAOT PEMEX Municipios* Concesionarios	Padrón actualizado	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	Promover un convenio de colaboración con PEMEX y las asociaciones de gasolineras para el control de emisiones de vapores en el manejo y distribución gasolina.	SSAOT PEMEX Municipios* Concesionarios	Convenio de colaboración firmado		•					•		
3	Elaborar y actualizar un inventario de emisiones derivadas del manejo y distribución de gasolina.	SSAOT PEMEX Municipios* Concesionarios	Inventario de emisiones elaborado y actualizado			•	•	•	•	•	•	•
4	Desarrollar e implementar un programa de buenas prácticas operativas para estaciones de servicio de gasolina.	PEMEX Concesionarios	Número de estaciones por año que han implementado el programa de buenas prácticas operativas		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Fortalecer el programa de inspección y vigilancia de los sistemas de control en el manejo y distribución de gasolina (fase 0, I y II).	PROFEPA SSAOT PEMEX Municipios* Protección Civil	Número de visitas de inspección realizadas por año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT buscará convenir con Petróleos Mexicanos (PEMEX) y las asociaciones de gasolineras para ejecutar acciones para el control de emisiones de vapores en el manejo y distribución de gasolina. En coordinación con la SEMARNAT se actualizará el inventario de emisiones. Así mismo, establecerá los mecanismos para fortalecer el programa de inspección y vigilancia de los sistemas de control y buenas prácticas en estaciones de servicio.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, PEMEX, PROFEPA, Protección Civil, Asociaciones de gasolineras.

Beneficios esperados:

- Disminución de COV emitidos a la atmósfera.
- Reducción en la formación de O₃.
- Menor exposición a COV de los trabajadores de las estaciones de servicio y población en general.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
					•	•	

Meta: Garantizar que el 100% de las nuevas estaciones de servicio y el 20% de las ya establecidas cuenten con un sistema de control de vapores.

Costo estimado: 700 mil pesos por estación de servicio.

Medida 21.- Fortalecer el control de vapores en estaciones de servicio de gas LP

Objetivo: Reducir las emisiones fugitivas de COV a la atmósfera en el manejo y distribución de gas LP.

Justificación: Durante el almacenamiento, transportación y despacho de combustibles, se emiten una gran cantidad de COV a la atmósfera, los cuales contribuyen a la formación de contaminantes atmosféricos como el O₃ que son nocivos para la salud humana y el medio ambiente. Por lo anterior, es importante implementar programas de control de vapores en las instalaciones de distribución de gas LP, identificando todos los componentes que serán objeto de control.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Actualizar el padrón de las gaseras, así como de los sistemas de control implementados.	SSAOT Municipios* Gaseras SEMARNAT	Padrón actualizado	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	Promover un convenio de colaboración con las gaseras para el control de emisiones de vapores en el manejo de gas LP.	SSAOT Municipios* Gaseras	Convenio de colaboración firmado		•					•		
3	Elaborar y actualizar un inventario de emisiones derivadas del manejo de gas LP.	SSAOT Municipios* Gaseras	Inventario de emisiones elaborado y actualizado			•	•	•	•	•	•	•
4	Desarrollar e implementar un programa de buenas prácticas operativas para gaseras.	Gaseras	Número de gaseras al año que implementan el programa de buenas prácticas operativas		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Fortalecer el programa de inspección y vigilancia de los sistemas de control en el manejo de gas LP.	PROFEPA SSAOT Municipios* Protección Civil	Número de visitas de inspección realizadas por año		•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT buscará convenir con la asociación de gaseras para ejecutar acciones para el control de emisiones de vapores en el manejo de gas LP. En coordinación con la SEMARNAT se actualizará el inventario de emisiones. Así mismo, establecerá los mecanismos para fortalecer el programa de inspección y vigilancia de los sistemas de control y buenas prácticas en dichos establecimientos.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, PROFEPA, Protección Civil, Asociación de gaseras.

Beneficios esperados:

- Disminución de COV emitidos a la atmósfera.
- Menor exposición a COV de los trabajadores de las gaseras y población en general.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
					.	.	

Meta: Garantizar que el 100% de las nuevas plantas de almacenamiento de gas LP y al menos el 20% de las ya establecidas cuenten con un sistema de control de vapores.

Costo estimado: 0.7 millones de pesos al año.

Eje 4. Manejo sustentable de los recursos naturales

Medida 22.- Impulsar la captura de carbono a través de los programas de reforestación

Objetivo: Reducir los niveles de GEI y las emisiones de partículas al incrementar la superficie forestal del Estado.

Justificación: La cubierta forestal es el principal sumidero de gases carbónicos, es así que las naciones unidas, establecieron instrumentos como el Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation plus (por sus siglas en inglés, REDD+) que definen el manejo sustentable de los bosques con un enfoque de mitigación de los gases contaminantes en la atmosfera. Actualmente se cuenta con 425 mil hectáreas degradadas en el Estado de Puebla por problemas de deforestación, erosión y los incendios forestales. Por lo anterior, es importante fortalecer el programa de reforestación, que permita reducir las emisiones de partículas así como la absorción de CO₂, disminuyendo sus efectos en la atmósfera y en la salud de la población.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Actualizar el inventario forestal del Estado.	SSAOT CONAFOR	Inventario actualizado			.			.			.
2	Actualizar el inventario de carbono.	SSAOT CONAFOR	Inventario actualizado			.			.			.
3	Realizar un diagnóstico para determinar la capacidad de fijación de carbono en las principales áreas forestales del Estado.	SSAOT SEMARNAT CONAFOR	Toneladas de carbono que pueden ser fijadas por hectárea		.	.						
4	Elaborar líneas de acción para fortalecer los sumideros de carbono.	SSAOT SEMARNAT CONAFOR	Plan de acción elaborado			.	.					
5	Verificar la aplicación del programa de reforestación.	SSAOT CONAFOR	Número de hectáreas reforestadas por año Toneladas de carbono captadas por año	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	Fortalecer el programa de combate y prevención de incendios forestales.	SSAOT	% de reducción anual de hectáreas siniestradas por incendios forestales		.	.	.	.	.	.	.	.

Instrumentación: La SSAOT en coordinación con SAGARPA y CONAFOR elaborará el inventario de carbono y verificarán la adecuada aplicación del programa de reforestación, así como de combate y prevención de incendios.

Actores involucrados: SSAOT, CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA, Gobierno del Estado y Municipios.

Beneficios esperados:

- Reducción de las emisiones de partículas por degradación del suelo.
- Fijación de carbono, producción de oxígeno y mejoramiento del hábitat de la zona.
- Reducción del riesgo de incendios forestales.
- Mitigación de los procesos erosivos y degradación de suelos.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.	.		.				.

Meta:

- Incrementar en un 10% la superficie de vocación forestal del Estado con respecto con el dato del año 2011.
- Reducir el 10% de las hectáreas siniestradas con respecto al dato del año 2011.
- Reducir en 20% el tiempo de respuesta con respecto al dato del año 2011.
- Contar para el 2013 con el inventario de carbono acumulado en la superficie forestal del Estado.

Costo estimado: 1,035 millones de pesos.

Medida 23.- Regular y controlar la quema de residuos agrícolas, esquilmos y recursos forestales

Objetivo: Disminuir las emisiones generadas por la quema descontrolada de residuos agrícolas y sus derivados, así como de los recursos forestales implementando buenas prácticas y esquemas de regulación.

Justificación: Las prácticas agrícolas tradicionales en el Estado de Puebla recurren frecuentemente a la quema de sus residuos, bajo la hipótesis de que con ello se logra eliminar la fauna nociva de sus cosechas, así como fertilizar e incrementar el rendimiento de los suelos. Sin embargo, esta práctica de preparación rápida de las tierras ocasiona la pérdida de las propiedades del suelo. En diversas temporadas del año se presentan incrementos en las concentraciones de partículas y CO derivados de las quemas agrícolas e incendios forestales. Por lo anterior se vuelve prioritario aplicar acciones para controlar estas prácticas y disminuir el riesgo de incendios forestales.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Actualizar el inventario de emisiones por quemas agrícolas e incendios forestales.	SSAOT Municipios*	Inventario de emisiones actualizado			.			.			.
2	Fomentar las buenas prácticas agrícolas que permitan reutilizar y/o reusar la materia orgánica derivada de sus desechos y producción.	SDR SAGARPA	Número de hectáreas por año dedicadas al uso agrícola con aprovechamiento de sus residuos	.	.	.	.	.	.	.	.	.

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Elaborar e implementar un programa de capacitación para reducir las quemas agrícolas e incendios forestales.	SSAOT SDR SAGARPA	Número de campañas masivas de sensibilización realizadas por año % de quemas evitadas respecto al año anterior		•	•	•	•	•	•	•	•
4	Elaborar una norma técnica estatal que regule las quemas agrícolas (tumba-roza-quema y zafra de azúcar)	SSAOT SDR	Norma publicada		•	•						

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT se coordinará con los municipios para mantener actualizado el inventario de emisiones por quema de residuos agrícolas, recursos forestales y residuos urbanos. En coordinación con la SDR y la SAGARPA, promoverán el fortalecimiento al campo que permita establecer un programa para reutilizar y reusar los desechos orgánicos que genera, así como prevenir y evitar la quema de esquilmos y residuos agrícolas a través de la capacitación. La SSAOT gestionará con las dependencias correspondientes para la elaboración de normas que apoyen en la reducción de quemas de residuos.

Actores involucrados: SSAOT, SDR, SAGARPA, Municipios y agricultores.

Beneficios esperados:

- Reducción de emisiones a la atmósfera por la quema de esquilmos y desechos agrícolas.
- Aumento de la materia orgánica en el suelo, mejorando su fertilidad.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•		•	•	•

Meta: Reducir en un 50% la práctica de quema de residuos agrícolas.

Costo estimado: 20 millones de pesos.

Eje 5. Sistema de análisis y evaluación de la calidad del aire

Medida 24.- Fortalecer y ampliar la infraestructura de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico

Objetivo: Garantizar que la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA) tenga cobertura completa en el Estado y genere de manera continua información confiable, oportuna y de calidad que permita la adecuada aplicación de políticas de prevención y control de la contaminación del aire.

Justificación: Es sabido que la exposición a partículas, trae consigo problemas cardiovasculares, respiratorios, crisis asmáticas y muerte infantil, por lo que es vital realizar su monitoreo de manera continua, personal y puntual, dado el alto impacto que tienen en la salud pública.

Los ecosistemas agrícolas y forestales también han sido afectados por la contaminación del aire, lo que indispensable reducir su deterioro y asegurar su protección. Contar con información confiable que permita correlacionar los efectos de la contaminación del aire sobre los recursos naturales.

El monitoreo de la calidad del aire tiene como finalidad generar información real y válida para el establecimiento de políticas ambientales que protejan la salud de la población y a los ecosistemas. La REMA es una excelente herramienta para la medición de contaminantes y la toma de acciones para mejorar la calidad del aire en el Estado. Para garantizar la confiabilidad de la información, es fundamental evaluar el desempeño y ubicación de las estaciones de monitoreo, así como ampliar la cobertura de la Red y los parámetros a medir.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Garantizar el cumplimiento del programa de mantenimiento y actualización de las estaciones de la REMA.	SSAOT	Reporte anual de mantenimiento y actualización a las estaciones de monitoreo	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	Garantizar el monitoreo continuo de la REMA que permita caracterizar las cuencas atmosféricas.	SSAOT	Monitoreo continuo de por lo menos tres años	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	Realizar un análisis de la cobertura y representatividad de la REMA que identifique las áreas donde es necesario ampliar la cobertura espacial y los contaminantes medidos.	SSAOT	Áreas identificadas para ampliar la cobertura de la REMA Tipo de contaminantes considerados para su monitoreo		•	•	•	•	•			
4	Fortalecer el monitoreo de partículas, especialmente las PM _{2.5}	SSAOT	% de estaciones que monitorean partículas		•	•	•	•	•	•	•	•
5	Implementar el monitoreo pasivo en zonas forestales y agrícolas en el Estado.	SSAOT	Zonas forestales y agrícolas por año donde se ha iniciado el monitoreo atmosférico		•	•	•	•	•	•	•	•
6	Homologar los criterios y procedimientos de operación, validación y reporte de la información de calidad del aire, de acuerdo a lo establecido por NOM-156-SEMARNAT-2012.	SSAOT INE	Criterios homologados		•	•	•	•	•	•	•	•
7	Aplicar las metodologías establecidas por el INE para la validación y transferencia continua y permanente de datos al SINAICA.	SSAOT INE	Número de reportes por año Transferencia de datos de acuerdo a lo establecido por el INE	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	Difundir amplia y oportunamente la información de calidad del aire en tiempo real y garantizar que llegue a la población del Estado.	SSAOT Municipios *	Herramientas de difusión implementadas	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT establecerá los criterios mediante los que deberá darse la mantenimiento, actualización y ampliación de la REMA. En conjunto con el INE, homologará los criterios y procedimientos de

operación, validación y reporte de la información de acuerdo a la normatividad vigente. La SSAOT asegurará que la información sea transferida de manera permanente al SINAICA, así como su difusión en tiempo real para consulta de la población.

Actores responsables: La SSAOT, SEMARNAT, INE, SINAICA y Municipios.

Beneficios esperados:

- Mejora en la confiabilidad y calidad de la información obtenida del monitoreo atmosférico, que permitirá la actualización y creación de programas para proteger la salud de la población y a los ecosistemas.
- Ampliación en la cobertura de la REMA tanto espacial como en contaminantes medidos.
- Cumplimiento de la normatividad vigente.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta:

- Ampliar la cobertura del monitoreo en un 70% y tener más del 85% de suficiencia de datos.
- Para el 2013, empezar a reportar al SINAICA.
- Contar en el año 2015 con una red de monitoreo de áreas naturales protegidas.

Costo estimado: 72 millones de pesos.

Medida 25.- Delimitar y caracterizar las cuencas atmosféricas del Estado

Objetivos: Desarrollar una gestión de la calidad del aire bajo el concepto de cuencas atmosféricas.

Justificación: Una gestión moderna de la calidad del aire requiere de un enfoque integral que contemple las emisiones de contaminantes criterio y de efecto invernadero a nivel local, regional y global. En muchos casos existen co-beneficios en medidas preventivas, correctivas y de sustitución tecnológica con resultados muy favorables. La cuenca atmosférica se define como un "Espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales ocupado por un volumen de aire con características similares".

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Delimitar las cuencas atmosféricas en el Estado.	SSAOT Gobierno Estatal Municipios* SEMARNAT	Número de cuencas atmosféricas delimitadas		.	.						
2	Publicar el Acuerdo de Delimitación de Cuencas Atmosféricas.	SSAOT Municipios* SEMARNAT	Acuerdo que establezca la delimitación de las cuencas atmosféricas			.						
3	Efectuar estudios para la caracterización de las cuencas atmosféricas.	SSAOT SEMARNAT Gobierno estatal Universidades Municipios*	Número de cuencas atmosféricas que se encuentren saturadas			.	.	.				

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4	Publicar el Acuerdo de las Cuencas saturadas en el Diario Oficial de la Federación.	SSAOT SEMARNAT Gobierno estatal	Acuerdo que establezca las cuencas que se encuentran saturadas					•	•			
5	Realizar el resumen del estudio de la caracterización de las posibles cuencas atmosféricas saturadas.	SSAOT Gobierno estatal Municipios* SEMARNAT	Resumen del estudio				•	•				
6	Publicar una NOM que definirá los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuente, área, zona, región o cuenca atmosférica.	SSAOT Gobierno estatal Municipios* SEMARNAT	NOM						•	•		

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores Involucrados: SEMARNAT, SSAOT, Gobierno estatal y municipal, instituciones de educación superior.

Beneficios Esperados: Dar a conocer el estado de la calidad del aire por áreas.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Caracterizar las cuencas atmosféricas del Estado.

Costo: No estimado.

Medida 26.- Establecer un programa para realizar estudios de modelación de calidad del aire de forma regional para contaminantes criterio

Objetivo: Generar información confiable que permita conocer el origen y comportamiento de los contaminantes del aire para implementar adecuadas líneas de acción para la mejora de la calidad del aire.

Justificación: La planeación de acciones de prevención y control requiere de la identificación escalar, precisa y oportuna de las fuentes generadoras y de la dispersión de los contaminantes, con la finalidad de actuar de manera específica y contundente en cada uno de los sectores involucrados en la contaminación del aire.

La modelación es una herramienta que permite analizar y evaluar la dispersión y las reacciones en la atmósfera que dan origen a contaminantes secundarios, a nivel local y regional. Esto será posible con ayuda de modelos matemáticos que resuelvan las ecuaciones meteorológicas y de transporte. Con la información obtenida se podrá integrar un atlas de calidad del aire del Estado que permita visualizar escenarios futuros y evaluar las medidas implementadas para mejorar la calidad del aire.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Establecer convenios de cooperación en materia de modelación atmosférica con centros de investigación e instituciones de educación superior.	SSAOT Municipios*	Número de convenios establecidos por año		•	•				•	•	
2	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para crear un área de modelación atmosférica.	SSAOT	Recursos asignados anualmente Área de modelación creada		•	•	•	•	•	•	•	•
3	Capacitar al personal técnico en modelación meteorológica y atmosférica.	SSAOT SEMARNAT	Número de personas capacitadas por año			•	•	•	•	•	•	•
4	Adaptar el inventario de emisiones para su uso en modelación de meteorología, dispersión y calidad del aire.	SSAOT	Inventario adaptado para modelación			•			•			•
5	Realizar la modelación de datos meteorológicos.	SSAOT	Reporte anual de avances en la modelación			•	•	•	•	•	•	•
6	Realizar la modelación de datos de dispersión de contaminantes.	SSAOT	Reporte de avances en la modelación			•			•			•
7	Analizar los resultados de las modelaciones para determinar el impacto en la región de los contaminantes atmosféricos.	SSAOT	Informe de Resultados			•	•	•	•	•	•	•
8	Publicar regularmente los resultados de la modelación y los pronósticos de meteorología y de calidad del aire.	SSAOT	Informe anual de meteorología y modelación de calidad del aire			•	•	•	•	•	•	•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT desarrollará en coordinación y con apoyo de la SEMARNAT un programa estratégico de modelación atmosférica homologado que operará de forma permanente. Asimismo, buscará establecer convenios de cooperación organismos nacionales e internacionales para conseguir financiamiento. Efectuar la revisión y actualización del Inventario de Emisiones, estableciendo la transformación del inventario a datos útiles para modelación. Se coordinará con la SEMARNAT, universidades y centros de investigación para capacitar al personal y analizar la información. Con base en el inventario de emisiones estatal se realizarán las modelaciones meteorológicas y de calidad del aire. La SSAOT será la encargada de integrar la información generada en un atlas de calidad del aire y su respectiva publicación.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), centros de investigación e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados:

- Conocimiento del comportamiento de contaminantes y su impacto en la región.

- Mejor y más rápida toma de decisiones para implementar acciones y estrategias adecuadas para la gestión de la calidad del aire.
- Estudio y análisis de escenarios futuros.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta:

- Elaborar un atlas de calidad del aire del Estado de Puebla.
- Elaborar y/o reorientar las líneas de acción para la mejora de la calidad del aire en la región.

Costo: 1.5 millones de pesos.

Medida 27.- Mantener actualizado el inventario de emisiones a la atmósfera

Objetivo: Contar con información confiable y actualizada de las emisiones generadas por las fuentes móviles, de área, fijas y naturales, de manera coordinada con el Plan de preparación del Inventario Nacional de Emisiones (INEM).

Justificación: Es necesario dar continuidad a la elaboración de bases de datos que describan de manera cualitativa y cuantitativa la generación de contaminantes a la atmósfera en el Estado de Puebla, para conocer el impacto de cada una de éstas y enfocar adecuadamente las políticas en materia de contaminación del aire.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Actualizar periódicamente y publicar el inventario de emisiones a la atmósfera del Estado conforme a los lineamientos para el INEM.	SSAOT	Inventario de emisiones actualizado y publicado			•			•			•
2	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para la actualización periódica del inventario de emisiones.	SSAOT Municipios*	Recursos asignados por año	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	Capacitar periódicamente al personal para realizar la actualización de los inventarios de emisiones.	SSAOT Municipios*	Número de personas capacitadas por año	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	Proporcionar a la federación el inventario de emisiones de las fuentes de jurisdicción estatal y municipal para su integración en el INEM.	SSAOT	Inventario de emisiones entregado a la federación			•			•			•

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT se coordinará con las diferentes dependencias que cuentan con la información necesaria para la actualización de los inventarios, a fin de realizar el inventario de emisiones de gases criterio y de efecto invernadero. Así mismo, se coordinará con la SEMARNAT para homologar los lineamientos conforme al INEM y su publicación trianual.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT y municipios.

Beneficios esperados:

- Actualización de la base de datos de las emisiones de contaminantes en el Estado de Puebla por las diferentes fuentes generadoras.
- La implementación de acciones y estrategias adecuadas para la gestión de la calidad del aire.
- La proyección de escenarios de emisiones a futuro.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta:

- Publicación trianual del Inventario de emisiones a la atmosfera actualizado.
- Integración del Inventario de Emisiones Estatal y Municipal al INEM.

Costo estimado: 2 millones de pesos.

Medida 28.- Construir un sistema de indicadores de la calidad del aire a nivel estatal

Objetivo: Contar con una herramienta que permita comunicar de manera amplia y oportuna a los responsables de la toma de decisiones y al público en general, los niveles de concentración de contaminantes presentes en el aire.

Justificación: Actualmente la calidad del aire se reporta en valores IMECA, sin embargo es necesario fortalecer la manera de informar y difundir los niveles de contaminación, para que la población profundice y conozca más sobre la contaminación del aire, los niveles de contaminación, los daños a la salud y las acciones para dar solución a la contaminación del aire. De la misma forma, generar información útil para realizar estudios de investigación sobre el comportamiento de los contaminantes en la región, así como la implementación de políticas adecuadas de gestión para mejorar la calidad del aire.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Conformar un grupo de trabajo para la revisión y desarrollo de los indicadores de calidad del aire.	SSAOT	Grupo de trabajo conformado		.							
2	Revisar los indicadores existentes.	SSAOT.	Reporte de revisión de indicadores realizado		.							
3	Definir los indicadores de la calidad del aire.	SSAOT INE	Indicadores definidos		.							
4	Publicación de reporte anual de la calidad del aire	SSAOT	Informe anual		.	.	.	.	.	.	.	.

Instrumentación: La SSAOT evaluará la representatividad de los actuales indicadores de la calidad del aire, estableciendo la continuidad o adecuación de los mismos.

Actores involucrados: SSAOT e INE.

Beneficios esperados:

- Promoción y seguimiento efectivo de los niveles de contaminación presentes en el aire.
- Mejora en la difusión y conocimiento del estado de la calidad del aire para la población en general.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Contar con un sistema de indicadores de calidad del aire.

Costo estimado: 1 millones de pesos.

Eje 6. Eficiencia energética y fomento de energías renovables

Medida 29.- Impulsar la aplicación de nuevas tecnologías para la correcta disposición de residuos sólidos urbanos e industriales

Objetivo: Reducir las emisiones a la atmósfera derivadas por la descomposición y quema de residuos sólidos a cielo abierto mediante su manejo integral y la implementación de tecnología que permita el aprovechamiento del biogás.

Justificación: El crecimiento demográfico y el desarrollo socioeconómico generan una gran cantidad de residuos sólidos principalmente en las ciudades. Los impactos ambientales se registran tanto en el agua como en el aire, principalmente por el uso de tiraderos y quemas a cielo abierto.

Los tiraderos a cielo abierto son una fuente importante de emisiones de gas metano, generado por la descomposición de materia orgánica. Dichas emisiones son imposibles de controlar, debido a que no es posible establecer sistemas de captación del gas. El diseño adecuado de rellenos sanitarios, permite la captación del metano, el cual puede ser aprovechado reduciendo las emisiones de GEI, así como las emisiones de contaminantes criterio.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar y actualizar el inventario de emisiones por tiraderos a cielo abierto y por incendios en los mismos.	SSAOT Municipios*	Inventario de emisiones elaborado y actualizado			.			.			.
2	Desarrollar e implementar una campaña de sensibilización a la población sobre la correcta disposición de los residuos sólidos.	SSAOT Municipios*	Número de campañas realizadas por año		.	.	.	.	.	.	.	.
3	Elaborar un programa de rehabilitación de sitios utilizados como tiraderos a cielo abierto.	SSAOT	Programa elaborado		.							
4	Implementación del programa de rehabilitación de sitios utilizados como tiraderos a cielo abierto.	Municipios	Número de sitios rehabilitados			.	.	.	.	.	.	.
5	Fortalecer la infraestructura para la disposición adecuada de residuos sólidos.	SSAOT	Reducción del número de tiraderos			.	.	.	.	.	.	.

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
6	Realizar un estudio de factibilidad para instalar sistemas de captación de metano y su aprovechamiento.	SSAOT	Estudio de factibilidad		•	•						

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: Identificación de fuentes de emisión y posterior gestión para su instalación.

Actores involucrados: SEMARNAT, SSAOT, Sector salud y gobiernos municipales.

Beneficios esperados:

- Adecuada disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Reducción de GEI.
- Identificación de la factibilidad para instalar sistemas de captación y aprovechamiento de metano.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
					•	•	•

Meta: Eliminar al 2017 el 30% de los tiraderos a cielo abierto.

Costo estimado: 265 millones de pesos.

Medida 30.- Fomentar el uso del recurso solar y eólico en los sectores residencial, comercial, de servicios, industrial y gubernamental.

Objetivo: Promover el uso de la energía solar y eólica en los diferentes sectores de consumo para disminuir las emisiones a la atmósfera derivadas del uso de combustibles fósiles.

Justificación: El Estado de Puebla cuenta con un elevado potencial solar, eólico y geotérmico, cuyo aprovechamiento representaría una disminución considerable en el consumo de combustibles fósiles, fundamentalmente para la generación de energía eléctrica y térmica. Es importante establecer políticas públicas que fomenten el uso de energías renovables que permitan la reducción de emisiones por consumo energético en el Estado.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Revisar el marco normativo para el aprovechamiento de energías renovables.	SSAOT Congreso local	Análisis elaborado		•	•						
2	Realizar un estudio de viabilidad sobre el uso de energías alternativas.	SSAOT	Estudio elaborado			•						
3	Desarrollar e implementar el Programa Estatal de Energías Alternativas con base al estudio realizado.	SSAOT	Programa elaborado			•						
			Número de equipos de energías alternativas instalados al año			•	•	•	•	•	•	•

Instrumentación: La SSAOT fomentará el uso de energía sustentable mediante el aprovechamiento de energía solar y eólica a pequeña y gran escala en el Estado.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, SENER, instituciones de educación superior y particulares.

Beneficios esperados: Reducción del consumo de energía fósil y de emisiones contaminantes.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta: Desarrollar un programa de aprovechamiento a pequeña y gran escala de energías alternativas en el Estado.

Costo estimado: 200 millones de pesos.

Eje 7. Políticas públicas, marco jurídico y capacidades institucionales

Medida 31.- Consolidar al subcomité de calidad del aire, cambio climático y REDD+ en el seno del Comité de Planeación del Estado de Puebla (COPLADEP), como órgano de consulta y seguimiento de las políticas y gestión de calidad del aire

Objetivo: Contar con un órgano permanente de opinión y consulta de los diferentes sectores sociales en materia de calidad del aire y cambio climático, que impulse y dé seguimiento a las líneas de acción del ProAire.

Justificación: Es necesario brindar a los diferentes sectores de la sociedad un medio por el cual se puedan informar de las acciones que se realizan en materia de calidad del aire, así como también poder aportar ideas y expresar sus opiniones al respecto. El Subcomité de Calidad del Aire y Cambio Climático será el principal promotor para la integración del marco jurídico y políticas ambientales a nivel local y regional que garanticen el cumplimiento de las acciones descritas en el ProAire y de ser necesario, reorientarlas para obtener un mayor beneficio en la reducción de los contaminantes emitidos a la atmósfera.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Establecer grupos de trabajo por tema específico.	SSAOT	Grupos de trabajo conformados		.							
2	Recopilar información del cumplimiento y avance de las medidas implementadas en el ProAire.	SSAOT Subcomité	Informe anual de actividades		.	.	.	.	.	.	.	.
3	Evaluar el impacto y resultados de las medidas del ProAire.	SSAOT Subcomité	% de reducción de emisiones de acuerdo al INEM. Informe del Impacto del ProAire evaluado.		.		.			.		
4	Enviar un informe anual a SEMARNAT sobre los avances de las medidas y acciones incluidas en el ProAire.	SSAOT Subcomité SEMARNAT	Número de informes recibidos anualmente por SEMARNAT		.	.	.	.	.	.	.	.
5	Difundir los resultados obtenidos.	SSAOT Subcomité	Publicación de resultados anuales		.	.	.	.	.	.	.	.

Instrumentación: El subcomité en conjunto con las instituciones y dependencias que considere necesario, revisarán y evaluarán los avances de las líneas de acción propuestas en el ProAire y en caso de ser necesario realizarán una reestructuración de éstas.

Actores involucrados: Gobierno del Estado de Puebla, SEMARNAT, Sector Salud, SCT, SEP, SSAOT, Protección Civil, centros de investigación e instituciones de educación superior, organizaciones no gubernamentales, organismos internacionales, áreas administrativas de los municipios que correspondan de acuerdo al reglamento y cualquier otro que el Subcomité de Calidad del Aire y Cambio Climático considere necesario.

Beneficios esperados:

- La aplicación efectiva de las medidas establecidas en el ProAire
- Reducción en la emisión de contaminantes al aire
- Seguimiento de manera efectiva a las medidas establecidas en el ProAire
- Difusión de los logros y avances del ProAire

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Garantizar el cumplimiento del ProAire.

Costo estimado: 0.5 millones de pesos.

Medida 32.- Establecer políticas de gestión para la mejora de la calidad del aire, con base en la caracterización de cuencas atmosféricas

Objetivo: Desarrollar estrategias de gestión para la mejora de la calidad del aire dirigidas a la protección de la salud de la población.

Justificación: La calidad del aire en el Estado de Puebla, es resultado de las actividades desarrolladas dentro y fuera de su territorio. A pesar de que las ciudades tienen identificadas las cuencas atmosféricas, no están formalmente delimitadas. En este ProAire, se contemplan acciones para la delimitación y caracterización de las cuencas atmosféricas en el Estado, con el fin de identificar los municipios o localidades que las incluyen, así como las características ambientales que presenta. De acuerdo a la información obtenida, se pueden desarrollar estrategias de control y/o establecer políticas de gestión para mejorar la calidad del aire en colaboración con las regiones que son afectadas o contribuyen en la emisión de contaminantes para proteger a la población.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Gestionar la elaboración de convenios de colaboración para conformar una Comisión Ambiental Metropolitana entre los Estados de Puebla y Tlaxcala.	Gobierno de los Estados de Puebla y Tlaxcala	Número de convenios firmados			•	•					
2	Conformar la Comisión Ambiental Metropolitana Puebla-Tlaxcala.	Gobierno de los Estados de Puebla y Tlaxcala	Comisión creada				•					

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Establecer los estatutos operativos de la Comisión Ambiental Metropolitana.	Gobierno de los Estados de Puebla y Tlaxcala	Reglamento interno				.					
4	Implementar "Programas Regionales de Calidad del Aire", con base a la caracterización de cuencas.	SSAOT	Número de Programas Regionales implementados				.	.	.	.	.	.
5	Incorporar la variable atmosférica en los Ordenamientos Ecológicos Territoriales locales y regionales.	SSAOT	Número de ordenamientos actualizados				.	.	.	.	.	.

Instrumentación: Con base a los resultados obtenidos en la delimitación y caracterización de cuencas atmosféricas, los gobiernos de los Estados de Puebla y Tlaxcala establecerán convenios para conformar una Comisión Ambiental para ejecutar acciones conjuntas entre ambas entidades en materia de calidad del aire. De la misma forma, la SSAOT promoverá la implementación de Programas Regionales de Calidad del Aire de acuerdo a las localidades que compartan cuenca atmosférica.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, Gobiernos de los Estados de Puebla y Tlaxcala, municipios e instituciones ambientales.

Beneficios esperados:

- Mayor protección a la población al llevar a cabo acciones conjuntas entre las regiones que comparten la misma cuenca atmosférica.
- Mejor tiempo de respuesta ante contingencias al implementar Programas Regionales de Calidad del Aire.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
.

Meta:

- Contar con una Comisión Ambiental Metropolitana que sea responsable de dar seguimiento a las acciones planteadas en materia de calidad del aire.
- Establecer Programas Regionales de la Calidad del Aire.

Costo estimado: 9 millones de pesos.

Medida 33.- Gestionar el mejoramiento de la calidad de los combustibles usados por vehículos automotores en el Estado de Puebla.

Objetivo: Contar con la distribución de mejores combustibles utilizados por fuentes móviles.

Justificación: La calidad de los combustibles está directamente relacionada con el tipo y cantidad de las emisiones que genera. Al utilizar combustibles de mejor calidad, se puede reducir hasta un 20% de las emisiones de contaminantes.

A pesar de que Puebla es la cuarta zona metropolitana más grande del país, no cuenta con la distribución de combustibles de la misma calidad que la que se destina a la Ciudad de México y a ciudades fronterizas. Por lo

anterior, es de gran importancia el gestionar que por lo menos en la ZMVP las gasolinas distribuidas sean de una mejor calidad.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar un análisis de la calidad de los combustibles que se distribuyen en el Estado.	SSAOT ST	Análisis elaborado		•	•						
2	Elaborar un estudio costo-beneficio que implique el mejoramiento de la calidad de los combustibles.	SSAOT ST	Estudio elaborado		•	•						
3	Realizar la solicitud a PEMEX para que el Estado reciba gasolina tipo "A", con base a los estudios realizados.	SSAOT ST	Solicitud realizada				•					
4	Realizar el reporte de la calidad de combustible que se distribuye en el Estado.	PEMEX	Volumen suministrado de gasolina tipo A				•	•	•	•	•	•

Instrumentación: La SSAOT en coordinación con la ST e instituciones académicas elaborará un análisis de la calidad de los combustibles y costo-beneficio de la distribución de combustibles más limpios. Así mismo, se solicitará a PEMEX la incorporación del Estado de Puebla entre las entidades en que distribuye gasolina de mejor calidad.

Actores involucrados: SSAOT, ST, PEMEX e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados: Reducción de las emisiones de contaminantes al aire mediante la mejora de la calidad de los combustibles utilizados por los vehículos automotores.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Contar con la distribución de combustibles menos contaminantes en el Estado para el año 2016.

Costos estimados: 1 millón de pesos.

Medida 34.- Diseñar e incorporar en la ley instrumentos económicos, tales como los incentivos fiscales, seguros por daños y fondos ambientales en materia de atmósfera

Objetivo: Definir y ejecutar instrumentos económicos que incentiven el compromiso de todos los sectores de la sociedad para mejorar la calidad del aire.

Justificación: La atención adecuada de los problemas de la calidad del aire requiere de un enfoque integral que considere aspectos científicos, técnicos, económicos, sociales, políticos y de infraestructura. Para esto es necesario que las autoridades de los tres niveles de gobierno incorporen el uso de instrumentos económicos con el objetivo de reducir la contaminación del aire, y de constituir fuentes de financiamiento para programas de mejoramiento de la calidad del aire.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Revisar el marco normativo estatal.	SSAOT SF	Reporte de revisión		•			•			•	
2	Definir instrumentos económicos.	SSAOT SF	Número y tipo de instrumentos económicos definidos		•			•			•	
3	Presentar ante el pleno del Congreso del Estado de la reforma o iniciativa de ley.	SSAOT	Solicitud enviada			•			•			•
4	Incorporar los instrumentos económicos a la legislación del Estado.	Congreso del Estado	Número y tipo de instrumentos económicos incorporados			•	•	•	•	•	•	•

Instrumentación: La SSAOT en conjunto con la SF diseñará y propondrá instrumentos económicos a las autoridades competentes para que se incluyan en la legislación.

Actores involucrados: SSAOT, SF y Congreso del Estado.

Beneficios Esperados: Otorgar beneficios económicos a los actores involucrados que realicen acciones en el cuidado de la calidad del aire en el Estado, fortaleciendo los alcances del ProAire.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Contar para el año 2015 con la incorporación de instrumentos económicos en la legislación estatal.

Costo estimado: 0.5 millones de pesos.

Medida 35.-Revisar el marco legal del Estado de Puebla, a fin de orientar las políticas de calidad del aire en el contexto de cambio climático

Objetivo: Incluir los temas de cambio climático, calidad del aire y protección de la atmósfera en el marco legal del Estado.

Justificación: La adecuada legislación aplicable, da sustento a las acciones en materia de calidad del aire y cambio climático.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Conformar mesas de trabajo para revisar el marco legislativo estatal en materia de atmósfera.	SSAOT	Mesas de trabajo conformadas		•							
2	Revisar la legislación estatal en materia de atmósfera.	SSAOT	Resultados de la revisión de la legislación estatal		•							

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Elaborar una propuesta de Ley para calidad del aire y cambio climático.	SSAOT	Propuesta elaborada		•	•						
4	Someter la propuesta de Ley al Congreso del Estado,	SSAOT Congreso local	Propuesta enviada al Congreso del Estado			•	•					

Instrumentación: La SSAOT conformará mesas de trabajo y de consulta pública para revisar el marco legislativo en la materia.

Beneficios esperados: Contar con un marco legal local, que garantice la adecuada regulación y control de las emisiones contaminantes a la atmosfera y cambio climático.

Actores involucrados: SSAOT y Congreso del Estado.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Contar con un marco legal estatal que incorpore criterios en materia de calidad del aire y cambio climático.

Costo estimado: 0.5 millones de pesos.

Eje 8. Investigación, educación y comunicación en materia de calidad del aire

Medida 36.- Impulsar el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en materia de calidad del aire

Objetivo: Desarrollar estudios de investigación y de desarrollo tecnológico para generar acciones específicas para el mejoramiento de la calidad del aire en el Estado de Puebla.

Justificación: Es necesario tener herramientas científicas y técnicas que ayuden a entender el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, sus posibles efectos en la salud de la población y la manera de minimizar sus emisiones. Para ello, es necesario desarrollar diferentes líneas de investigación en materia de calidad del aire que permitan, en el corto, mediano y largo plazo desarrollar mayores capacidades en la toma de decisiones para proteger la salud de la población.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Identificar temas prioritarios de Investigación científica-tecnológica.	SSAOT	Temas identificados		•	•						
2	Establecer convenios de colaboración con centros de investigación e instituciones de educación superior sobre áreas de investigación específicas en materia de calidad del aire.	SSAOT Municipios*	Número de convenios firmados		•	•						

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Realizar un estudio de dispersión y caracterización de contaminantes atmosféricos no normados.	SSAOT	Estudio realizado		•		•		•		•	
4	Realizar un estudio para identificar las principales fuentes de emisión de dioxinas y furanos en el Estado	SSAOT	Estudio realizado		•	•	•					
5	Realizar un estudio para caracterizar y cuantificar las emisiones a la atmósfera asociadas al tratamiento de aguas residuales.	SSAOT	Contaminantes caracterizados y cuantificados		•	•						
6	Definir e implementar un muestreo aerobiológico de polen en la ZMVP.	SSAOT Sector Salud	Lineamientos establecidos para muestreo aerobiológico		•	•						
7	Crear un calendario polínico.	SSAOT Sector Salud	Calendario polínico generado			•	•					
8	Establecer los criterios para medir la radiación electromagnética no ionizante (REMNI), y definir acciones de seguimiento.	SSAOT	Reporte de resultados del estudio realizado			•						
9	Revisar el marco normativo para establecer los criterios de regulación de los temas que así lo requieran de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios desarrollados.	SSAOT	Criterios normativos establecidos				•	•				

Nota: *Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Instrumentación: La SSAOT y los municipios identificarán temas prioritarios que sean objeto de investigación que fortalezca la coordinación con dependencias y sectores involucrados para la determinación de necesidades específicas y prioridades en cuestiones científico-tecnológicas. Se fortalecerán además las capacidades locales de investigación en materia de calidad del aire que permitan establecer criterios normativos para reducir emisiones a la atmósfera y garanticen la protección de la salud de la población.

Actores involucrados: SSAOT, SEMARNAT, INE, Municipios, Subcomité de Calidad del Aire, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Sector Salud, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados:

- Contar con alternativas para atender la problemática de la contaminación atmosférica local, regional y global
- Generar información para la toma de decisiones, así como conocer el comportamiento de los contaminantes atmosféricos no normados (contaminantes tóxicos, PAHs, entre otros).

Meta: Desarrollar al menos cinco proyectos de investigación en materia de calidad del aire.

Costo estimado: 15 millones de pesos.

Medida 37.- Diseñar los mecanismos de comunicación continua de la calidad del aire

Objetivo. Mejorar la eficacia de los esfuerzos de comunicación de calidad del aire, con la finalidad de fomentar la participación activa de la sociedad en corresponsabilidad con las políticas de calidad del aire.

Justificación: Los programas para disminución de la contaminación atmosférica están encaminados al cumplimiento mediante desarrollo y ejecución de normatividades que regulen las actividades generadoras de emisiones a la atmósfera. Sin embargo, pocas veces se toma en cuenta que es necesario aumentar los esfuerzos en materia de información y comunicación que permitan que la población correlacione los beneficios de la implementación de dichas políticas, con su salud y calidad de vida.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Realizar un diagnóstico de los objetivos y necesidades de comunicación de la calidad del aire.	SSAOT	Número de encuestas realizadas y análisis cualitativos y cuantitativos	•								
2	Desarrollar y diseñar los mecanismos de comunicación.	SSAOT	Número de materiales y herramientas de comunicación.		•							
3	Ejecutar la campaña.	SSAOT	Cobertura en alcance y medios de la campaña			•	•	•	•	•	•	•

Instrumentación: Se diseñará y llevará a cabo una campaña de comunicación pública que permita fortalecer los mecanismos de información, logrando una comunicación a tiempo real de la calidad del aire, involucrando a distintos sectores de la sociedad tanto del ámbito urbano como rural.

Actores involucrados: Medios de comunicación, SSAOT, Gobiernos municipales e instituciones de educación superior.

Beneficios esperados: Lograr una cobertura de información dinámica y continua sobre la calidad del aire, que involucre la participación de la sociedad en acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Contar con una campaña de comunicación en materia de calidad del aire.

Indicador: El alcance y cobertura de la campaña de comunicación.

Responsable: SSAOT.

Costo: 5 millones de pesos.

Medida 38.- Elaborar un programa de educación formal y no formal de la calidad del aire

Objetivo. Diseñar e instrumentar un programa de educación ambiental enfocado en el conocimiento y prevención de la calidad del aire en zonas urbanas y de protección a la salud en zonas rurales.

Justificación: Los programas de educación ambiental no contemplan como una línea temática el tema de la calidad del aire y contaminación atmosférica. Por lo anterior, es necesario desarrollar programas permanentes de educación formal y no formal que nos permitan generar una cultura conocimiento, acción, prevención y autoprotección ante las condiciones de la contaminación atmosférica.

Cronograma de actividades

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Elaborar un diagnóstico y los alcances del programa estatal de educación ambiental de calidad del aire.	SSAOT SEP	Diagnóstico elaborado	•	•							
2	Desarrollar un programa de educación ambiental formal y no formal.	SSAOT SEP	Programa desarrollado	•	•							
3	Implementar programas piloto para la validación del programa.	SSAOT SEP	Número de programas pilotos realizados			•	•					
4	Implementar el programa formal a nivel estatal.	SSAOT SEP	Número de escuelas participantes por año					•	•	•	•	•
5	Implementar el programa no formal a nivel estatal.	SSAOT	Número de capacitaciones y talleres por año					•	•	•	•	•

Instrumentación: Se diseñará y llevará a cabo un programa de educación formal y no formal con la finalidad de formar en el tema de calidad del aire a poblaciones urbanas y rurales, desde el conocimiento, la acción, la prevención y la autoprotección.

Actores involucrados: SSAOT, Secretaría de Educación Pública (SEP), Gobiernos municipales, instituciones de educación básica, media y superior, organizaciones civiles y culturales.

Beneficios esperados: Una sociedad informada y preparada sobre las causas y consecuencias de la calidad del aire, involucrando su participación en acciones de cuidado y preservación del medio ambiente.

Gases y/o contaminantes involucrados:							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
•	•	•	•	•	•	•	•

Meta: Contar con un programa permanente de educación ambiental en materia de calidad del aire.

Indicador: Programa de educación ambiental.

Costo: 5 millones de pesos.

Conclusiones generales

El Estado de Puebla posee una gran diversidad de flora, fauna y recursos naturales que se ven amenazados por el rápido y desordenado crecimiento industrial y poblacional.

Lo anterior hace necesario el desarrollo y aplicación de programas para la protección del ambiente. Uno de éstos es el Programa de Gestión de la Calidad del Aire (ProAire), que tiene por objeto determinar la calidad del aire en el Estado y los factores que la afectan.

Por ejemplo, al realizar estudios de tendencia y calidad del aire en la ZMVP para el periodo 2005-2009, se observa una disminución en los niveles de PM_{10} , SO_2 y CO respecto a los obtenidos en 2005. Estos resultados se obtuvieron con base en las mediciones de las cuatro estaciones de monitoreo atmosférico instaladas en la ZMVP: *Tecnológico*, *Ninfas*, *Serdán* y *Agua Santa*. Lo anterior podría indicar, entre otras cosas, un relativo éxito de algunos de los programas encaminados a la protección de la calidad del aire.

Sin embargo, es importante resaltar la fuerte tendencia en el aumento de los niveles de O_3 captados en la estación *Agua Santa*, localizada al suroeste de la ZMVP. Con base en la construcción de mapas de excedencia de niveles críticos para la protección de la salud humana, de cultivos y ecosistemas, desarrollados de acuerdo a la norma NOM-020-SSA1-1993, del parámetro AOT40; se advierte que los niveles más altos de O_3 se presentan fuera del área urbana de la ZMVP.

La calidad del aire depende en gran medida de las emisiones originadas por el consumo de combustibles, en especial los de origen fósil, tanto por su combustión, como por su tratamiento, manejo y distribución. Para contabilizarlas, en este trabajo se desarrolla un inventario de emisiones que permite conocer su origen y determinar las acciones que pueden realizarse para ser controladas o eliminadas. Como resultado del inventario desarrollado, se observa que, durante 2009, se emitieron en el Estado de Puebla 698 millones 453,028 de toneladas de CO_2 equivalente.

La información recabada y procesada indica que la mayor cantidad de emisiones se debe al uso de automóviles, que en 2009 representó el 60% de las emisiones totales, seguida por las fuentes de área que incluyen el sector residencial y la industria, que es responsable del 12% de dichas emisiones.

La contaminación atmosférica influye de forma directa sobre la salud de la población, aumentando los casos y la gravedad de enfermedades relacionadas con ésta y disminuyendo la esperanza de vida de la población expuesta.

La evaluación de impactos a la salud (EIS), desarrollada en el Estado de Puebla en este trabajo, sirve para estimar los efectos de las medidas destinadas a la mejora de la calidad del aire, y consiste, de forma general, en relacionar la exposición a partículas suspendidas PM_{10} y sus efectos en la salud, en 18 municipios de Estado de Puebla.

El estudio muestra que al aplicar las medidas para reducir las concentraciones de contaminantes, disminuyen los índices de mortalidad y morbilidad en el Estado. Se ve que al reducir la concentración de PM_{10} en $10 \mu g/m^3$, es posible evitar 613 muertes anuales y de igual forma, disminuir los gastos del Estado en salud pública en hasta 1,090,364,481 de pesos.

Para lograr estas reducciones, es necesario establecer políticas de monitoreo sistemático y continuo, tanto en zonas urbanas como en áreas naturales de conservación, que permitan conocer los efectos de la contaminación atmosférica, a corto y largo plazos, y establecer mecanismos para su prevención y control.

Estudios acerca de los factores que alteran la calidad del aire en una zona específica, nos permiten concluir que el consumo de combustibles fósiles es la principal causa del deterioro atmosférico. Sin embargo, hace falta medir y regular algunos otros tipos de contaminantes, como los contaminantes tóxicos, el ruido y la radiación electromagnética no ionizante (REMNI), producto del desarrollo

tecnológico, y que impactan de manera directa en la salud de la población.

Como resultado de mediciones de la REMNI efectuadas en el centro de la ciudad de Puebla, se aprecia que hay puntos que rebasan en un 600% el valor límite de exposición ambiental, recomendado por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP).

Si bien la emisión de contaminantes es responsabilidad de la población en general, es necesario desarrollar medidas de intervención que sean ejecutadas por las autoridades para reducir sus efectos en la salud. Después de revisar el marco jurídico, programático y presupuestal del Estado, se advierte que es imperioso hacer una reforma que fortalezca las capacidades institucionales en materia de políticas de calidad del aire.

De igual forma pueden fortalecerse los estudios sobre el cambio climático y los sistemas de seguimiento epidemiológico y salud ambiental, con el fin de incorporar estos asuntos al Programa de Gestión para la Calidad del Aire del Estado de Puebla y fortalecer a las instituciones en la tarea de regulación ambiental.

La adopción de instrumentos económicos como parte de la política ambiental, es una vía importante para la disminución de la contaminación atmosférica. Es relevante señalar que aun cuando la legislación local prevé su existencia, es necesario ponerlos en práctica mediante programas y medidas que incentiven el cambio en los patrones de consumo de la población.

Un punto de partida para mejorar la calidad del aire en el Estado de Puebla, es el desarrollo de Programas municipales de gestión de la calidad del aire, que aporten información sobre la situación ambiental en dichas regiones del Estado y establezcan medidas de acción encaminadas, en su caso, a la reducción de la contaminación atmosférica.

En el ProAire 2011-2020 se desarrollan y plantean 76 medidas de acción, clasificadas en 6 estrategias, con un enfoque ecosistémico y metas claras, que permiten dar seguimiento de forma cualitativa y cuantitativa a los estudios realizados, con el fin de ofrecer una ruta precisa y segura para el mejoramiento de la calidad del aire.

Se destaca y se hace énfasis en que sólo incidiendo en la educación y cultura de la población en general sobre los diversos aspectos ambientales, será como se logre disminuir los niveles de contaminación de la atmósfera, sobre todo en las zonas urbanas densamente pobladas. También es de llamar la atención sobre la necesidad de aprovechar los abundantes recursos energéticos solares, geotérmicos y del viento con que cuenta el Estado de Puebla, y así disminuir la contaminación del aire.

Este documento es parte integral de los esfuerzos por mejorar la calidad del aire en México, y en especial en el Estado de Puebla, y se apoya en investigaciones propias, en estudios realizados por organismos internacionales y gobiernos de diferentes países, como se aprecia en las referencias bibliográficas.

Listado de Tablas y Figuras

Listado de figuras

- Figura 1.1 Mapa del Estado de Puebla.
- Figura 1.2 Hidrografía del Estado de Puebla.
- Figura 1.3 Climas del Estado de Puebla.
- Figura 1.4 Mapa agrícola del Estado de Puebla.
- Figura 1.5 Mapa forestal del Estado de Puebla.
- Figura 1.6 Áreas Naturales Protegidas de Puebla.
- Figura 1.7 Principales vías de comunicación de Puebla.
- Figura 1.8 Municipios con mayor actividad económica en el Estado de Puebla.
- Figura 2.1. Localización de las estaciones de monitoreo en la ZMVP.
- Figura 2.2. Patrón diurno de las medianas horarias de las concentraciones de NO₂ registradas en las estaciones Serdán y Agua Santa en el año 2006.
- Figura 2.3. Tendencia del comportamiento horario típico de SO₂ durante el día de 2005 a 2009 para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa.
- Figura 2.4. Tendencia de las concentraciones de los máximos por día de los promedios móviles de 8 horas de SO₂ en las estaciones Tecnológico y Serdán en el periodo 2005 a 2009. Para los años 2006, 2007 y 2009 en la estación Tecnológico; y de 2005 a 2009, en Serdán, se tuvo una compleción de promedios menor al 75%.
- Figura 2.5. Tendencias de las concentraciones de los máximos por día de los promedios de 24 horas de SO₂ registradas en las estaciones Tecnológico y Serdán en el periodo 2005 a 2009. Para los años 2006, 2007 y 2009 en la estación Tecnológico, y de 2005 a 2009 en Serdán, se tuvo una compleción de promedios menor al 75%.
- Figura 2.6. Tendencia del comportamiento horario típico de CO durante el día de 2005 a 2008 para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa.
- Figura 2.7. Tendencia de las concentraciones de los máximos de los promedios móviles de 8 horas de CO registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en el periodo 2005 a 2008.
- Figura 2.8. Patrón diurno de las medianas horarias de las concentraciones de PM₁₀ registradas en las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa en el periodo 2005 a 2007.
- Figura 2.9. Serie de tiempo de las concentraciones promedio 24 horas de PM₁₀ registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en 2006.
- Figura 2.10. Tendencias de las concentraciones de PM₁₀ registradas en las estaciones Tecnológico y Serdán en el periodo 2005 a 2009. Para los años 2008 y 2009 en la estación Tecnológico, y para 2006 y 2009 en Serdán, se tuvo una compleción de datos menor al 75%.
- Figura 2.11. Comportamiento horario típico de O₃ durante el día (octubre-diciembre, 2006), para las estaciones Tecnológico, Serdán y Agua Santa.
- Figura 2.12. Tendencia del comportamiento horario típico de O₃ durante el día (enero-marzo) de 2005 a 2008 para las estaciones Tecnológico y Agua Santa.
- Figura 2.13. Tendencia de las concentraciones de O₃ registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en el periodo 2005 a 2008. Para el año 2006 a 2008 en la estación Tecnológico, y en 2005 y 2008 en Agua Santa, se tuvo una compleción de datos menor al 75%.
- Figura 2.14. Gráficas de caja y bigote de las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas de O₃ registradas en las estaciones Tecnológico y Agua Santa en el periodo 2005 a 2008. Para el año 2006 a 2008 en la estación Tecnológico, y en 2005 y 2008 en Agua Santa, se tuvo una compleción de datos menor al 75%.
- Figura 2.15. Rosas de vientos registradas en las estaciones Agua Santa y Tecnológico en 2006.
- Figura 2.16. Rosas de vientos registradas en las estaciones Agua Santa y Tecnológico en 2006 para los periodos: 0-6 h., 6 – 12 h., 12- 18 h., y 18 a 24 h.
- Figura 2.17. Rosa de vientos de contaminantes para O₃ en la estación Agua Santa en 2006.
- Figura 2.18. Rosas de vientos de contaminantes para O₃ en el lapso de 9 a 12 h. (imagen superior) y de 15 a 18 h. (imagen inferior), con datos de monitoreo de O₃ (promedios de 5 minutos), registrados en Huejotzingo, Puebla, entre el 3 de abril y el 14 de mayo de 2009.
- Figura 2.19. Correlación entre: (a) el percentil 95 de las concentraciones horarias de O₃ en Agua Santa y el número de automóviles registrados en la ZMVP, y (b) la mediana de las concentraciones horarias de CO registradas en Agua Santa contra el mismo número de automóviles registrados en el periodo 2005 a 2008.
- Figura 2.20. Mapa híbrido de los máximos esperados de O₃ para el Estado de Puebla en un escenario representativo de

- marzo de 2006.
- Figura 2.21. Mapa híbrido de excedencias al indicador para O_3 promedio móvil de 8 horas de la NOM-020-SSA1-1993 en la región de Puebla. El mapa presenta el número de días en marzo de 2006 que se excedieron los 80 ppb en promedio, y el porcentaje de la población potencialmente expuesta a los niveles asociados.
- Figura 2.22. Mapa híbrido de excedencias del parámetro AOT40 con la distribución de cobertura vegetal en el Estado.
- Figura 2.23. Tendencia de cumplimiento con la norma anual de PM_{10} (concentración promedio no mayor a 50 g/m^3), en el periodo 2001-2006 en la ZMVP.
- Figura 2.24. Tendencia de cumplimiento con la norma anual para el promedio de 8 horas de O_3 (concentración promedio no mayor a 80 ppb en más de cuatro días al año), en el periodo 2001-2008 en la ZMVP.
- Figura 2.25. Tendencia del segundo máximo de la concentración promedio de 8 horas de CO en la estación de monitoreo Serdán, en el periodo 2001-2008, en la ZMVP.
- Figura 2.26. Tendencia del segundo máximo de la concentración promedio de 24 horas de SO_2 en la estación de monitoreo Tecnológico, en el periodo 2001-2008, en la ZMVP.
- Figura 3.1. Contribución porcentual de emisiones por tipo de fuente.
- Figura 3.2. Distribución porcentual de emisiones PM_{10} en fuentes fijas, por sector de emisión.
- Figura 3.3. Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes fijas, por sector de emisión.
- Figura 3.4. Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes fijas, por sector de emisión.
- Figura 3.5. Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes fijas, por sector de emisión.
- Figura 3.6. Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes fijas, por sector de emisión.
- Figura 3.7. Distribución porcentual de emisiones de PM_{10} en fuentes de área, por subcategoría de emisión.
- Figura 3.8. Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes de área, por subcategoría de emisión.
- Figura 3.9. Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes de área, por subcategoría de emisión.
- Figura 3.10. Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes de área, por subcategoría de emisión.
- Figura 3.11. Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes de área, por subcategoría de emisión.
- Figura 3.12. Distribución porcentual de emisiones de NH_3 en fuentes de área, por subcategoría de emisión.
- Figura 3.13. Antigüedad del parque vehicular del Estado y clasificación por estrato tecnológico.
- Figura 3.14. Distribución porcentual de emisiones de PM_{10} en fuentes móviles, por categoría.
- Figura 3.15. Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes móviles, por categoría.
- Figura 3.16. Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes móviles, por categoría.
- Figura 3.17. Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes móviles, por categoría.
- Figura 3.18. Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes móviles, por categoría.
- Figura 3.19. Distribución porcentual de emisiones de GEI, por categoría.
- Figura 3.20. Matriz del Balance energético estatal 2008. Energía primaria en petajoules (PJ).
- Figura 3.21. Matriz del Balance energético estatal 2008. Energía secundaria en petajoules (PJ).
- Figura 3.22. Matriz del Balance energético estatal 2009. Energía primaria en petajoules (PJ).
- Figura 3.23. Matriz del Balance energético estatal 2009. Energía secundaria en petajoules (PJ).
- Figura 3.24. Matriz del Balance energético estatal 2010. Energía primaria en petajoules (PJ).
- Figura 3.25. Matriz del Balance energético estatal 2010. Energía secundaria en petajoules (PJ).
- Figura 3.26. Diagrama de Sankey. Balance energético estatal 2008, en petajoules (PJ).
- Figura 3.27. Diagrama de Sankey. Balance energético estatal 2009, en petajoules (PJ).
- Figura 3.28. Diagrama de Sankey. Balance energético estatal 2010, en petajoules (PJ).
- Figura 3.29. Evolución anual de la producción de energía primaria.
- Figura 3.30. Estructura porcentual de la producción anual de energía primaria.
- Figura 3.31. Porcentaje de la oferta interna bruta cubierto con producción estatal.
- Figura 3.32. Estructura porcentual del consumo energético final total.
- Figura 3.33. Evolución anual del consumo final de energía.
- Figura 3.34. Porcentaje de la demanda de electricidad cubierta con generación estatal.
- Figura 3.35. Evolución anual de la energía disponible y la demanda de energía.
- Figura 5.1. Ubicación de la zona de mediciones de radiación electromagnética no ionizante.
- Figura 5.2. Puntos que rebasaron los límites de exposición propuestos por el ICNIRP. Mediciones realizadas sobre la calle 12 Oriente a ras de suelo.
- Figura 5.3. Puntos que rebasaron los límites de exposición propuestos por el ICNIRP. Mediciones realizadas sobre la calle 12 Oriente a 1 m de altura.
- Figura 6.1. *Ubicación geográfica de ProAires y población beneficiada.*
- Figura 6.1. *Sistema Constitucional de Competencias*

- Figura 6.3 *Estación de Monitoreo “Velódromo”, Puebla*
 Figura 6.4 *Parque ecológico, Puebla.*
 Figura 6.5 *Instrumentos de política ambiental*
 Figura 6.6 *Fomento al transporte activo*

Listado de tablas

- Tabla 1.1 Cumbres sobresalientes del Estado de Puebla.
 Tabla 1.2 Listado de ANP en Puebla.
 Tabla 1.3 Población 2010 del Estado de Puebla distribuida por edad y por sexo.
 Tabla 1.4 Población económicamente activa.
 Tabla 1.5 Tipos de carreteras en el Estado de Puebla (2009).
 Tabla 1.6 Presas y capacidades total y útil en el Estado por municipio (2009).
 Tabla 1.7 Rellenos sanitarios en el Estado de Puebla.
 Tabla 1.8 Parque vehicular en el Estado de Puebla por tipo de vehículo, 2009.
 Tabla 1.9 Municipios del Estado de Puebla con mayor parque vehicular (2009).
 Tabla 2.1. Contaminantes criterio considerados en el diagnóstico y tendencia de la calidad del aire del Estado de Puebla.
 Tabla 2.2. Normas de calidad del aire mexicanas vigentes.
 Tabla 2.3. Máximos de promedios horarios de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVP (2005-2009).
 Tabla 2.4. Máximos de promedios anuales de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMVP para evaluación de la norma respectiva para exposición crónica en el periodo (2005-2009).
 Tabla 2.5. Tendencia en el cumplimiento de la norma de calidad del aire para SO₂ en exposición aguda en el periodo 2005–2009 en la ZMVP.
 Tabla 2.6. Máximos de promedios móviles de 8 horas de CO por estación de monitoreo en la ZMVP (2005-2008).
 Tabla 2.7. Evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire para PM₁₀ (2005–2009) en la ZMVP.
 Tabla 2.8. Número de excedencias al valor recomendado por la norma de calidad del aire para concentraciones promedio en 1 hora de O₃ (110 ppb) entre 2005 y 2008 en la ZMVP.
 Tabla 2.9. Quinto máximo anual de concentraciones de O₃ (promedio de 8 horas) por estación de monitoreo (2005-2008) en la ZMVP.
 Tabla 2.10. Descriptores del Imeca.
 Tabla 2.11. Número de días con excedencias al valor 100 del Imeca para PM₁₀ y valor máximo de este índice registrado entre 2005 y 2008 en la ZMVP.
 Tabla 2.12. Número de días por arriba del valor 100 del índice Imeca para O₃ y valor máximo registrado del índice en el periodo 2005-2008 en la ZMVP.
 Tabla 2.13. Número de eventos en que se rebasó el Imeca 100 en las estaciones de monitoreo de Puebla.
 Tabla 3.1 Categorías de MOBILE6.2 México consideradas en el INEM.
 Tabla 3.2 Inventario de emisiones por fuente.
 Tabla 3.3 Inventario de emisiones.
 Tabla 3.4 Número de empresas en el Estado de Puebla, clasificadas por sector.
 Tabla 3.5 Número de empresas en el Estado de Puebla, clasificadas por municipio en que se ubican.
 Tabla 3.6 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por sector.
 Tabla 3.7 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por municipio con mayor contribución.
 Tabla 3.8 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por tipo de jurisdicción.
 Tabla 3.9 Inventario de emisiones de fuentes fijas, clasificado por sector de acuerdo a la combinación de combustibles consumidos.
 Tabla 3.10 Inventario de emisiones de fuentes de áreas, clasificado por subcategorías.
 Tabla 3.11 Inventario de emisiones de fuentes de áreas, clasificado por municipio con mayor contribución.
 Tabla 3.12 Distribución porcentual del parque vehicular del Estado, por categorías de acuerdo al INEM.
 Tabla 3.13 Distribución porcentual del parque vehicular del Estado, clasificado por municipio.
 Tabla 3.14 Inventario de emisiones por fuentes móviles, por categoría de acuerdo a la clasificación del INEM.
 Tabla 3.15 Inventario de emisiones por fuentes móviles, clasificado por municipio con mayor contribución.
 Tabla 3.16 Inventario de emisiones por fuentes móviles, clasificado por municipio.
 Tabla 3.17 Inventario de emisiones por fuentes naturales.
 Tabla 3.18 Inventarios de emisiones de GEI.
 Tabla 3.19 Producción de energía primaria en petajoules.

Tabla 3.20	Producción estatal de energía, entradas y total de energía disponible (incluye cuantificación de electricidad).
Tabla 3.21	Consumo final de energía en petajoules.
Tabla 3.22	Procesos estatales de la electricidad en petajoules.
Tabla 4.1	Niveles recomendados según las guías de calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud.
Tabla 4.2	Límites normados para los contaminantes del aire en México.
Tabla 4.3	Municipios del Estado de Puebla incluidos en la evaluación de impacto en salud.
Tabla 4.4	Resultados de mortalidad, según escenarios de reducción en la concentración media anual de PM10, en 18 municipios del Estado de Puebla.
Tabla 4.5	Resultados de morbilidad, según escenarios de reducción en la concentración media anual de PM10 en 18 municipios del Estado de Puebla.
Tabla 4.6	Costos anuales totales de morbilidad por bronquitis y asma en municipios del Estado de Puebla con más de 60 mil habitantes.
Tabla 4.7	Costos de mortalidad en municipios del Estado de Puebla con más de 60 mil habitantes.
Tabla 5.1	Fuentes de GEI en México.
Tabla 5.2	Contaminantes tóxicos de acuerdo con la EPA.
Tabla 6.1	Base constitucional de la legislación ambiental.
Tabla 6.2	Distribución de competencias en materia de contaminación de la atmósfera.
Tabla 6.3	Disposiciones en la LGEEPA relativas a la contaminación atmosférica.
Tabla 6.4	Disposiciones en leyes ambientales relativas a la contaminación atmosférica.
Tabla 6.5	Instrumentos, mecanismos y procedimientos regulados por la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.
Tabla 6.6	Disposiciones que vinculan el quehacer institucional de los sectores salud y ambiente del Estado de Puebla.
Tabla 6.7	Propuesta de reformas a la Constitución en materia de contaminación a la atmósfera y cambio climático.
Tabla 6.8	Propuesta de reformas a la Ley de Salud del Estado de Puebla en materia de cambio climático.
Tabla 6.9	Instrumentos económicos para la gestión ambiental.
Tabla 6.10	Análisis comparativo de impuestos a vehículos en Puebla, Distrito Federal, Estado de México, Baja California y Michoacán en 2011.
Tabla 6.11	Multas por incumplimiento de la normatividad ambiental.
Tabla 7.1	Ejes y Medidas.

Acrónimos

ACOPI (Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas)

ACPM (Aceite Combustible para Motores)

ACS (American Chemical Society)

ADESCO (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios y Actividades Complementarias e Inherentes de Colombia)

ADN (Ácido Desoxirribonucleico)

AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo)

ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia)

ANP (Áreas Naturales Protegidas)

AQS (Air Quality System)

BUAP (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla)

CAF (Corporación Andina de Fomento)

CAS (Chemical Abstracts Service)

CCA-UNAM (Centro de Ciencias Atmosféricas- Universidad Nacional Autónoma de México)

CEAPE-SUJ (Campo Estratégico de Acción en Pobreza y Exclusión del Sistema Universitario Jesuita)

CENICA (Centro Nacional de Capacitación y Capacitación Ambiental)

CETESB (Compañía Ambiental del Estado de São Paulo)

CFC (Clorofluorocarbono)

COA (Cédula de Operación Anual)

COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones)

CO (Monóxido de carbono)

CO₂ (Dióxido de carbono)

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua)

CONASAMI (Comisión Nacional de los Salarios Mínimos)

CPEUM Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)

DC (Distrito Capital de Colombia)

EIS (Evaluación de Impactos en la Salud)

ENHIS (European Network of Health Information System)

EPA (Environmental Protection Agency)

FENALCO (La Federación Nacional de Comerciantes de Colombia)

(GCA) Guías de Calidad del Aire

GEI (Gases de Efecto Invernadero)

GIZ (The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)

HAPs (Hazardous Air Pollutants)

HBFCs (Hidrobromofluorocarbonos)

HCFCs (Hidroclorofluorocarbonos)

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)

IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer)

IE (Instrumentos Económicos)

IEPS (Impuesto Especial sobre Producción y Servicios)

IFI (Instituto de Fomento Industrial)

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura)

IMECA (Índice Metropolitano de Calidad del Aire)

IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social)

INCA RURAL (Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural)

INDETEC (Instituto para el Desarrollo Técnico de las Haciendas Públicas)

INE (Instituto Nacional de Ecología)

INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística)

INEM (Inventario Nacional de Emisiones)

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pesqueras)

ISAN (Impuesto Sobre Automóviles Nuevos)

ISTUV (Impuesto Sobre la Tenencia o Uso de Vehículos)

LAU (Licencia Ambiental Única)

LEGEEPA (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente)

MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia)

NADF (Norma Ambiental para el Distrito Federal)

NOM (Norma Oficial Mexicana)

NRC (National Research Council)

OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)

OMS (Organización Mundial de la Salud)

ONG (Organización No Gubernamental)

NO (Óxido nitroso)

NO₂ (Bióxido de nitrógeno)

NO_x (Óxidos de nitrógeno)

O₃(Ozono)

PAO (Potencial de Agotamiento del Ozono)

PDDAB (Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá)

PNMCA (Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire. España)

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)

QUALAR (Sistema de Informaciones de Calidad del Aire).

REMA (Red de Monitoreo Ambiental)

REMNI (Radiación Electromagnética No Ionizante)

RETC (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes)

RM CAB (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá)

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación)

SAO (Sustancias Agotadoras del Ozono)

SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

SEICAP (Sociedad Española de Inmunológica Clínica y Alergia Pediátrica)

SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca del Estado de Baja California)

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia)

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria)

SENER (Secretaría de Energía)

SDA (Secretaría Distrital de Ambiente)

SFA (Secretaría de Finanzas y Administración)

SNCF (Sistema Nacional de Coordinación Fiscal)

SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público)

SIAP (Sistema de Información Alimentaria y Pesquera)

SINAICA (Sistema Nacional de Información de la calidad del aire)

SMRN-Puebla (Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla)

SNCF (Sistema Nacional de Coordinación Fiscal)

SO₂(Bióxido de Azufre)

SSA (Secretaría de Salud)

SSAOT (Secretaría de Sustentabilidad Ambiental Ordenamiento Territorial)

STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social)

UIA-Puebla (Universidad Ibero Americana Puebla)

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México)

VLP(Valor Límite Permisible)

VUL (Valor Umbral Limite)

ZMVM (Zona Metropolitana del Valle de México)

ZMVP (Zona Metropolitana del Valle de Puebla)

ZMVT (Zona Metropolitana del Valle de Toluca)

ZPE (Zona de Protección Especial)

ZUAP (Zona Urbana de Atmósfera Protegida)

Glosario

Alergia: Respuesta exagerada de nuestro sistema inmunológico, cuando entra en contacto con determinadas sustancias provenientes del exterior.

Antropogénico: Relativo al hombre; de origen humano. Se puede aplicar a las concepciones excesivamente centradas en la problemática humana, olvidándose de los efectos, problemas y daños que causan al ambiente.

AOT40: Parámetro del efecto del ozono sobre vegetación, que se calcula como la exposición acumulada de ozono de 40 ppb (80 µg/m³) durante una hora (h).

Apoplejía: Daño cerebral que se produce cuando se interrumpe o se reduce ampliamente el riego sanguíneo del cerebro.

Aterosclerosis: Formación de ateromas (acúmulos de lípidos) en las paredes arteriales, éstas reducen el diámetro de las arterias, produciendo un menor aporte de oxígeno a los tejidos y por ende se produce una ausencia de circulación sanguínea con peligro de sufrir un daño celular irreversible.

Atmósfera: Capa de aire que circunda la tierra y que se extiende alrededor de 100 kilómetros por encima de la superficie terrestre. Esta estructura física está formada por una mezcla de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y

1% de varios gases como el argón, el neón, el bióxido de carbono y el vapor de agua, entre otros compuestos inorgánicos.

Benceno: Compuesto más sencillo de los hidrocarburos olefínicos conformado en una cadena cíclica cerrada.

Bronquitis aguda: Es una inflamación aguda de la mucosa que reviste todo el árbol bronquial, la cual generalmente suele ser autolimitada y cura completamente con recuperación de la función pulmonar.

Bronquitis crónica: Enfermedad caracterizada por un gran aumento de la secreción bronquial con tos y expectoración durante al menos 3 meses consecutivos durante 2 años. Se asocia principalmente al consumo de tabaco y la contaminación ambiental.

Combustión. Proceso de oxidación rápida de materiales inorgánicos acompañados de liberación de energía en forma de calor y luz.

Compuestos orgánicos volátiles: Incluye un amplio grupo de sustancias individuales como los hidrocarburos (alcanos, alquenos y aromáticos), compuestos halogenados (tricloroetileno) y compuestos oxigenados (alcoholes, aldehídos y cetonas). Todos son compuestos orgánicos de carbono y poseen una volatilidad suficiente para existir como vapores en la atmósfera.

Concentración: Cantidad relativa de una sustancia específica mezclada con otra sustancia generalmente más grande; por ejemplo: 5 partes por millón de monóxido de carbono en el aire. También se puede expresar como el peso del material en proporción menor que se encuentra dentro de un volumen de aire o gas, esto es, en miligramos del contaminante por cada metro cúbico de aire.

Conjuntivitis: Inflamación de la conjuntiva, mucosa que cubre la parte anterior del ojo y el interior del párpado. Puede ser causada por una alergia, infección (por una bacteria o virus), por rascarse, por un objeto extraño que se mete en el ojo o por un golpe accidental.

Contaminación: Generalmente, la presencia de materia o energía cuya naturaleza, ubicación o cantidad produce efectos ambientales indeseables. En otros términos, es la alteración hecha o inducida por el hombre a la integridad física, biológica, química, y radiológica del medio ambiente.

Contaminante: Materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, derivados químicos o biológicos así como toda forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse y actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento del ambiente alteran o modifican su composición o afectan la salud.

Contaminante del aire: Cualquier sustancia en el aire que, en alta concentración, puede dañar al hombre, animales, vegetales o materiales. Puede incluir casi cualquier compuesto natural o artificial de materia flotante susceptible de ser transportado por el aire. Estos contaminantes se encuentran en forma de partículas sólidas, gotas líquidas, gases o combinadas. Generalmente se clasifican en los emitidos directamente por la fuente contaminante o contaminantes primarios y los producidos en el aire por la interacción de dos o más contaminantes primarios, o por la reacción con los compuestos normales de la atmósfera.

Contaminantes criterio: Parámetros de calidad del aire y del ambiente para ciertos contaminantes conocidos como peligrosos para la salud humana. A nivel internacional se reconocen siete contaminantes criterio del aire: ozono, monóxido de carbono, partículas suspendidas totales y fracción respirable, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y plomo.

Contingencia ambiental: Situación de riesgo por la presencia de altas concentraciones de contaminantes criterio en el aire, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que pueden poner en peligro la salud de la población y afectar a los ecosistemas.

Crisis asmática: Es un empeoramiento progresivo, en un plazo corto de tiempo, de algunos o todos los síntomas relacionados con el asma (disnea, tos, sibilancias y opresión torácica) que se acompaña, además, de una disminución en el flujo aéreo respiratorio.

Criterios ambientales: Factores descriptivos tomados en cuenta para el establecimiento de estándares de varios contaminantes. Esos factores sirven para determinar los límites de los niveles de concentración permitidos y limitar el número de violaciones anuales al respecto.

Criterios de salud ambiental: Resúmenes críticos del conocimiento existente expresado, hasta donde sea posible, en términos cuantitativos sobre efectos identificables inmediatos y a largo plazo en la salud y el bienestar humano, que pueden esperarse por la presencia de sustancias en el aire, agua, suelo alimentos, productos para el consumo y medio laboral; o por factores como el ruido, la radiación ionizante y no ionizante, el calor radiante y la humedad.

Dióxido de azufre (SO₂). Contaminante producido durante el proceso de combustión de los combustibles con contenido de azufre.

Dióxido de carbono (CO₂). Gas inorgánico compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de carbono. Este gas no tiene color, olor ni sabor y se produce por la respiración de los seres vivos y cuando se queman combustibles fósiles.

Dióxido de nitrógeno (NO₂). Contaminante generado

cuando el nitrógeno contenido en los combustibles y en el aire es oxidado en un proceso de combustión

Dispersión: Fenómeno que determina la magnitud de la concentración resultante y el área de impacto, en el cual los contaminantes se van a dispersar y diluir según las condiciones meteorológicas y geográficas del lugar donde fueron liberados o generados.

Edema: Expansión localizada o generalizada del espacio intersticial, que se identifica como un aumento del volumen visible y palpable.

Embriopatía: Alteración del desarrollo embrionario, producida antes de que se hayan formado los órganos mayores y de haberse determinado las características externas importantes; es decir, antes de la novena semana de vida intrauterina.

Emisión: Descarga de contaminantes a la atmósfera provenientes de chimeneas y otros conductos de escape de las áreas industriales, comerciales y residenciales, así como de los vehículos automotores, locomotoras o escapes de aeronaves y barcos.

Epidemiología: Estudio de la distribución de enfermedades o de otros estados de la salud y eventos en poblaciones humanas relacionado con edad, género, ocupación, etnia y estado económico, con el fin de identificar y combatir problemas de la salud y promover la buena salud.

Exposición: Procesos por los cuales una sustancia con propiedades tóxicas se introduce o es absorbida por un organismo por cualquier vía.

Evaluación de impactos en la salud: Es una combinación de procedimientos, métodos y herramientas con los que puede ser juzgada una política, un programa o un proyecto, en relación a sus potenciales efectos en la salud de la población, y acerca de la distribución de esos efectos dentro de la población.

Estratósfera: Zona superior de la atmósfera, desde los 12 a los 100 km de altura.

Fracción respirable: Partículas cuyo tamaño es menor a 10 micrómetros y pueden introducirse sin ningún obstáculo al interior del sistema pulmonar hasta los alvéolos.

Gases de efecto invernadero: (abreviado como GHG) es un gas en la atmósfera que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Los gases de efecto invernadero primarios en la atmósfera son el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno y ozono.

Genopatía: Malformación congénita de origen genético.

Halones: (Hidrocarburos halogenados). Los halones son compuestos formados por bromo, cloro, flúor y carbono.

Hidrocarburos: Compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno en combinaciones muy variadas. Se encuentran especialmente en los combustibles fósiles. Algunos de estos compuestos son contaminantes peligrosos del aire por ser carcinógenos; otros son importantes por su participación en la formación del ozono a nivel del aire urbano.

Incidencia: La incidencia es el número de casos nuevos de una enfermedad en una población determinada y en un periodo determinado.

Liposoluble: Que se puede disolver en grasas o aceites.

Mediana: Es una variable estadística, divide a una población en dos partes iguales, la mitad de la población tiene valores de la variable que son inferiores a la mediana y la otra mitad tiene valores superiores a la mediana.

Melanoma: Tumor de las células pigmentarias que contienen melanina.

Metanálisis: Análisis estadístico del conjunto de resultados obtenidos en diferentes estudios epidemiológicos o experimentales, sobre una misma cuestión, con la finalidad de evaluarlos de manera conjunta.

Monóxido de carbono (CO): Gas venenoso, incoloro e inodoro producido por la oxidación incompleta de combustibles de origen fósil.

Morbilidad: Cualquier desviación, subjetiva u objetiva, de un estado de bienestar fisiológico o psicológico. En este sentido, el malestar, la enfermedad y la condición de morbilidad se definen de manera similar y según la Organización Mundial de la Salud, puede medirse en tres términos: personas enfermas, enfermedad y duración.

Mortalidad: Cantidad de personas que mueren en un lugar y en un periodo de tiempo determinados en relación con el total de la población.

Niveles críticos: Es un valor límite por arriba del cual se observa daño a la salud humana, a la vegetación o al patrimonio. También puede ser una convención de compromiso entre el umbral de daño de un contaminante y la capacidad de una sociedad para controlar la contaminación.

Oncogén: Cada uno de los genes que, al activarse, pueden provocar la aparición de la enfermedad cancerosa.

Óxido de etileno: Es un gas flamable incoloro utilizado para la producción de solventes, anticongelantes, textiles, farmacéuticos, también es utilizado en hospitales para la esterilización de equipo quirúrgico.

Ozono: Oxidante fotoquímico que se produce por la reacción entre hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y la intensidad de la radiación solar.

Partículas: Contaminantes generados por los procesos de combustión, calentamiento, producción, transporte y manipulación de materiales pulverizados. Se forman de cenizas, humos, polvos, metales, etc. Su principal fuente emisora es la industria que cuenta con calderas, hornos, incineradores, etc., al igual que los vehículos automotores que utilizan diesel. Como parte de las fuentes naturales están los suelos en áreas erosionadas; áreas sin pavimentación, emisiones volcánicas, etc. Las partículas en el aire se pueden medir como PST o PM10.

Partículas fracción inhalable (PM10): Estándar para la medición de la concentración de partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera cuyo diámetro es igual o inferior a 10 micrómetros y que dictan el comportamiento de las partículas dentro de los pulmones: las partículas más pequeñas PM10 penetran a las partes más profundas del pulmón. Estudios clínicos y epidemiológicos muestran que son causa de afectación a grupos de población sensible como niños e individuos con enfermedades respiratorias.

Partículas fracción inhalable (PM2.5). Estándar para la medición de la concentración de partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera cuyo diámetro es igual o inferior a 2.5 micrómetros y que dictan el comportamiento de las partículas dentro de los pulmones: las partículas más pequeñas penetran a las partes más profundas de los alvéolos. Diversos estudios clínicos y epidemiológicos muestran su afectación en grupos de población sensible como niños e individuos con enfermedades respiratorias.

Partículas suspendidas totales (PST): Cualquier material que exista en estado sólido o líquido en la atmósfera, cuyo diámetro aerodinámico es mayor que las moléculas individuales pero inferior a 100 µm.

Percentil 75: Es una variable estadística, el 75% de una población tiene valores de la variable iguales o inferiores al valor del percentil 75.

Plancton: Conjunto de organismos animales y vegetales, generalmente diminutos, que flotan y son desplazados pasivamente en aguas saladas o dulces.

Poliuretanos: Resina sintética obtenida por condensación de poliésteres y caracterizada por su baja densidad.

Potencial de agotamiento del ozono (PAO): Es un número que se refiere a la cantidad de destrucción de O₃ estratosférico causado por una sustancia.

Prevalencia: La proporción de individuos de un grupo o una población que presentan una característica o evento

determinado en un momento o en un período determinado.

Propelente: Un gas utilizado para impulsar las sustancias contenidas en los aerosoles.

Radiación UV-B: Radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre los 280 y los 315 nm.

Rinitis: Es una enfermedad que afecta a la mucosa nasal y produce estornudos, picor, obstrucción, secreciones nasales y en ocasiones falta de olfato.

Salud ambiental: Parte de la administración en salud pública que se ocupa de las formas de vida, las sustancias, las fuerzas y las condiciones del entorno del hombre que pueden ejercer una influencia sobre su salud y bienestar.

Salud pública: Es la ciencia y el arte de prevenir las enfermedades, prolongar la vida, fomentar la salud y la eficiencia física y mental.

Sostenibilidad: Forma de desarrollo que permite satisfacer las necesidades de la población si poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Transporte activo: Cualquier medio de transporte que se base en la energía generada por un ser humano (caminar, viajar en bicicleta, etc.)

Transporte convectivo: Transporte de calor por un fluido (aire, agua) entre dos cuerpos o regiones a temperatura diferente.

Tropósfera: Zona inferior de la atmósfera, hasta la altura de doce kilómetros, donde se desarrollan los meteoros aéreos, acuosos y algunos eléctricos.

Urticaria: Erupción blanquecina en la piel, rodeada de halo eritematoso, bien delimitada, que puede producir comezón y que se blanquean al hacer presión.

Viento anabático: Cuando el Sol calienta la superficie de un valle o planicie adyacente a una montaña, ésta calienta el aire en contacto con ella y se produce un viento que sube por la ladera de la montaña. Es un ejemplo de transporte convectivo.

Viento catabático: Cuando el Sol calienta la superficie de un valle o planicie adyacente a una montaña, ésta calienta el aire en contacto con ella y se produce un viento que sube por la ladera de la montaña. Es un ejemplo de transporte convectivo.

WRF-Chem: Modelo de investigación de pronóstico del tiempo meteorológico (WRF) acoplado con un modelo de smog fotoquímico.

Referencias

- Abbey, D.E., et al. (1993). Long-term ambient concentrations of total suspended particulates, ozone, and sulfur dioxide and respiratory symptoms in a nonsmoking population. *Arch Environ Health*, 48(1): p. 33-46.
- Abbey, D.E., et al. (1995). Estimated long-term ambient concentrations of PM10 and development of respiratory symptoms in a nonsmoking population. *Arch Environ Health*, 50(2): p. 139-52.
- Acquatella, J. (2001). Aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en América Latina y el Caribe: desafíos y factores condicionantes. Santiago de Chile: CEPAL-PNUD.
- Arriola, J. B. (2011). Evaluación de la degradación de suelo en la ladera sur del Cerro Gordo del parque estatal Flor del Bosque, Amozoc, Puebla. Puebla, Puebla, México: Fondo Mixto Conacyt-Gobierno del Estado de Puebla (Proyecto 108571);BUAP.
- Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. (s.f.). ARPANSA. Recuperado el 19 de 01 de 2012, de http://www.arpansa.gov.au/pubs/comment/dr_elf_childhood_leukaemia.pdf
- Ayala Espino, J. (1997). Economía Pública. México: UNAM-CFE.
- Balderas, G. D., Mayorga, R., Jáuregui, E. (2004) Patrones de viento y topografía local en la Ciudad de Puebla. Presentado en: Congreso Internacional "Climatología Urbana, Contaminación Atmosférica y Bioindicación". La Paz - Bolivia , Junio.
- BANXICO, Tipo de cambio.
- Bayer-Oglesby, L., et al. (2005). Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect*, 113(11): p. 1632-7.
- Bernstein, J. D. (1993). Alternative approaches to pollution control and waste management. Regulatory and economic instruments. Urban Management Program, The World Bank.
- Braun-Fahrländer, C., et al. (1997). Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL Team. *Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen*. *Am J Respir Crit Care Med*, 155(3): p. 1042-9.
- Buringh E, Fischer P, Hoek G, (2000). Is SO2 a causative factor for the PM-associated mortality risks in the Netherlands? *Inhalation Toxicology*; 12(Suppl.):S55-S60.
- Burnett RT et al, (2004). Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in Canadian cities. *Archives of Environmental Health*, 59:228-236.
- Caetano, E., Iniesta, R. (2008). Identificación de cuencas atmosféricas en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM-Instituto Nacional de Ecología. México
- Caetano, E. and V. Magaña (2007). Identificación de Cuencas Atmosféricas en México., Instituto Nacional de Ecología.
- Carta de Climas escala 1:1 000 000. México 1980. (Versión digital 2005).
- Clancy, L., et al., (2002). Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet*, 360(9341): p. 1210-4.
- Código Financiero del Estado de México.
- Código Fiscal del Distrito Federal.
- Código para la Biodiversidad del Estado de México.
- Cohen A et al, (2004). Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Geneva, WorldHealthOrganization, 1353-1434.
- Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal. (2008). Informe especial sobre el derecho humano a un medio ambiente sano y la calidad del aire en la ciudad de México. México, D. F., México.
- Comisión intersecretarial sobre el cambio climático. (2006). México tercera comunicación ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. México D.F.: S y G editores S.A de C.V.
- Compañía Ambiental del Estado de São Paulo (CETESB), 2011, Projeto Qualidade do Ar. Consultado en: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/> Acceso día: 10 de octubre de 2011
- Complejo Portuario Altamira. (1999). GUÍA MÉDICA TOXICOLÓGICA. Para la atención de intoxicados por productos químicos utilizados en el complejo industrial portuario Altamira.
- CONAGUA. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
- CONASAMI. (Agosto de 2011). Salario Medio de Cotización al IMSS por Entidad Federativa. Recuperado el 4 de Noviembre de 2011, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social: www.stps.gob.mx
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Constitución Política del Estado de Aguascalientes.
- Constitución Política del Estado de Campeche.
- Constitución Política del Estado de Chiapas.
- Constitución Política del Estado de Chihuahua.
- Constitución Política del Estado de Coahuila de Zaragoza.
- Constitución Política del Estado de Hidalgo.
- Constitución Política del Estado de Jalisco.
- Constitución Política del Estado de Quintana Roo.
- Constitución Política del Estado de San Luis Potosí.
- Constitución Política del Estado de Sinaloa.
- Constitución Política del Estado de Tamaulipas.
- Constitución Política del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- Constitución Política del Estado de Yucatán.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Baja California.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Baja California Sur.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Colima.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Durango.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Guerrero.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Nayarit.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Nuevo León.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Oaxaca.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Sonora.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tabasco.
- Constitución Política del Estado libre y Soberano de Tlaxcala.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Zacatecas.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano del Estado de Querétaro de Arteaga.
- Constitución Política para el Estado de Guanajuato.
- Contreras, A.M. (2008). 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
- Dunlea, E. J., Herndon, S. C., Nelson, D. D., Volkamer, R. M., San Martini, F., Sheehy, P. M., Zahniser, M. S., Shorter, J. H., Wormhoudt, J. C., Lamb, B. K., Allwine, E. J., Gaffney, J. S., Marley, N. A., Grutter, M., Marquez, C., Blanco, S., Cardenas, B., Retama, A., Ramos Villegas, C. R., Kolb, C. E., Denne, T. (2005). *Economic Instruments for the Environment*. (E. W. Council, Ed.)
- Departamento del Distrito Federal-Gobierno del Estado de México-SEDUE-SHCP-SPP-SCOFI-SCT-SEMIP-SARH (1990). Programa Integral contra la contaminación atmosférica de la zona metropolitana de la ciudad de México. México.
- Departamento del Distrito Federal-Gobierno del Estado de México-Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca-Secretaría de Salud (1996) Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000. México
- Dockery, D.W., et al, (1989). Effects of inhalable particles on respiratory health of children. *Am Rev Respir Dis*, 139(3): p. 587-94.
- Dockery DW et al, (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal of Medicine*, 329:1753-1759.

- Dockery, D.W., et al. (1996). Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms. *Environ Health Perspect*, 104(5): p. 500-5.
- Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de Puebla.
- ENHIS (European Network of Health Information System) (2006). WP5: Health impact assessment. ENHIS-1 final report and city report. Available at: <http://www.apheis.net>.
- EPA (Environmental Protection Agency) (2006). Regulatory Impact Analysis. National Ambient Air Quality Standards for Particle Pollution. Available at <http://www.epa.gov/ttn/ecas/ria.html>.
- EPA. (s.f.). EPA. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de http://www.epa.gov/ttn/catc1/cica/help/haqshaps_s.html
- Espallardo N. (2008). Application of research evidence in family practice: a case discussion of a patient with exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Asia Pacific Journal of Family Medicine*; 5 (1).
- Escalante, R. y. (2000). Estudio de caso para México en el contexto del proyecto CEPAL/PNUD Aplicación de Instrumentos Económicos a la Gestión Ambiental en América.
- Fast, J. D., WI Gustafson Jr., W.I., Easter, R. C., Zaveri, R. A., Barnard, J. C., Chapman, E. G., Grell, G. A. (2006) Evolution of ozone, particulates, and aerosol direct forcing in an urban area using a new fully-coupled meteorology, chemistry, and aerosol model. *J. Geophys. Res.*, 111:D21305, doi:10.1029/2005JD006721.
- Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology. (1999).
- Filleul, L., et al. (2005). Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. *Occup Environ Med*, 62(7): p. 453-60.
- Font, I. (1991). El hombre y su ambiente atmosférico. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- Freeman III. (1999). The Measurement of Environmental and Resource Values. (Future, Ed.)
- Galán et al. (2007). Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. Universidad de Córdoba. España.
- Galindo, L. M., & Salinas, E. (2007). La demanda de gasolinas y los instrumentos económicos en México. Instituto Nacional de Ecología.
- García Carlos Felipe, I. H. (2011). Investigación sobre posibles riesgos a la salud humana por la exposición a la radiación de ondas electromagnéticas producidas por las radiocomunicaciones. Boletín Instituto de Investigaciones Eléctricas, Tendencia Tecnológica.
- García Lepe, C., & Álvarez Arana, J. F. (2010). Impuesto Vehicular. (INDETEC, Ed.) *Federalismo Hacendario*, 3 (163), 13-18.
- García-Reynoso, J. A., et al. (2009). Comportamiento de los contaminantes en cuencas atmosféricas: metodología y estudio de caso. México, DF, Instituto Nacional de Economía.
- Gauderman, W.J., et al. (2007). Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet*, 369(9561): p. 571-7.
- Gehring, U., et al. (2006). Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women. *Epidemiology*, 17(5): p. 545-51.
- Gobierno del Estado. (2010). Síntesis de la estrategia de mitigación y adaptación del Estado de Puebla ante el cambio climático. Puebla.
- Gobierno del Distrito Federal-Gobierno del Estado de México-SEMARNAT-Secretaría de Salud (2002). Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. México
- Gobierno del Estado de Baja California-SEMARNAP. (2000). Programa para Mejorar la Calidad del Aire Tijuana Rosarito 2000-2005. Tijuana, México: Gobierno del Estado de Baja California.
- Gobierno del Estado de México-SEMARNAP-INE (1997). Aire Limpio Programa para el Valle de Toluca 1997-2000. México
- Gobierno del Estado de Michoacán (2010). Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) del Estado de Michoacán. Informe 2008-2009. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente.
- Gobierno del Estado de Puebla (2006). Programa de Gestión de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011 (2006)-SEMARNAT-Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla.
- Grell, G.A., Peckham, S. E., Schmitz, E., McKeen, S. A., Frost, G., Skamarock, W. C., Eder, B. (2005) Fully coupled 'online' chemistry in the WRF model. *Atmos. Environ.*, 39:6957-6976.
- GRIDA. (s.f.). Recuperado el octubre de 28 de 2011, de <http://maps.grida.no/go/graphic/greenhouse-effect>
- GTZ (2011) Eco City Planning and Management. Projects Brief descriptions Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Hammitt, J., & Barrarán, M. E. (2002). Estimación del Valor Económico de Reducir los Riesgos Para la Salud Mediante el Mejoramiento de la Calidad de Aire de la Ciudad de México. (M. C. Environment, Ed.) Integrated Program on Urban, Regional and Global Air Pollution (2)
- Hedley AJ et al. (2002). Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulfur content of fuel in Hong Kong: an intervention study. *Lancet*, 360:1646-1652.
- Heller, R.F., et al. (2002). Impact numbers: measures of risk factor impact on the whole population from case-control and cohort studies. *J Epidemiol Community Health*, 56(8): p. 606-10.
- Heinrich, J., et al. (2002). Improved air quality in reunified Germany and decreases in respiratory symptoms. *Epidemiology*, 13(4): p. 394-401.
- HEI (2000). Reanalysis of the Harvard Six-Cities study and the American Cancer Society study of particulate air pollution and mortality. A special report of the Institute's Particle Epidemiology reanalysis Project. Cambridge, MA, Health Effects Institute.
- HEI International Oversight Committee (2004). Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: a literature review. Boston, MA, Health Effects Institute (Special Report No. 15).
- HEI (2010). Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. Special Report 17. Boston, USA.
- Hilary, H. M., Roberts, T. P. (2000) PAMS Data Analysis Workbook: Illustrating the Use of PAMS Data to Support Ozone Control Programs. Sonoma Technology, Inc. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. September 2000
- Hoek, G., et al. (2002). Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet*, 360(9341): p. 1203-9.
- ICP Mapping (2004). Mapping Manual 2004. Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads & levels and air pollution effects, risks and trends. R. a. T. International Cooperative Programme on Modelling and Mapping of Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects: 251.
- INDETEC. (Diciembre de 2010). Estimación de la pérdida de las cuotas de IEPS de gasolinas y diesel en 2012 para las entidades federativas. (Dirección de Política Fiscal y Prospectiva, Ed.) Obtenido de http://www.indetec.gob.mx/cpff/politica/Comparativo_P%3C3%A9rdida_IE_PS_Gasolinas.pdf
- INE. (08 de 06 de 2010). Cambio climático en México. Recuperado el 28 de 09 de 2011, de ¿Cómo se produce el cambio climático?: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/queeselcc/comoseproduecelcc.html
- INE. (06 de 08 de 2010). Cambio Climático en México. Recuperado el 28 de septiembre de 2011, de ¿Qué podemos hacer para mitigarlo?: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/qpodemoshacerparamitigar/comoindividuos.html
- INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.
- INEGI. Anuario estadístico del Estado de Puebla 2010.
- INEGI. Anuario estadístico del Estado de Puebla 2008.

- INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005.
INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.
- INEGI. (2011). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado el 4 de Noviembre de 2011, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía: www.inegi.gob.mx
- INEGI. Encuesta Nacional de Población y empleo.
INEGI (2009). Estadística de Mortalidad. Recuperado el 25 de Octubre de 2011, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía: www.inegi.gob.mx
INEGI. Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Con base en SEMARNAT. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Aguascalientes, Ags., Octubre 2010.
INEGI. Censo agropecuario 2007, IX Censo ejidal.
INEGI. Estadística Mensual del Programa de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación.
INEGI. Encuesta Nacional de Empresas Constructoras.
- INEM (2006) Inventario Nacional de Emisiones de México, 1999. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT.
International Agency for Research on Cancer. (s.f.). Recuperado el 20 de Enero de 2012, de http://www.iarc.fr/ENG/Press_Releases/archives/pr136a.html
- International Agency for Research on Cancer. (2011). Press Release No. 208. Lyon, France.
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (2010). Fact Sheet on the guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields(1Hz-100kHz). Recuperado el 20 de 01 de 2012, de www.icnirp.de: http://www.icnirp.de/documents/FactSheetLF.pdf
- Jerrett M. (2005). Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology*; 16:727–736.
Jeyaratnam J. (1990). Acute pesticide poisoning: A mayor global health problem, in *WildHlth Statist. Quart.*, 43.
- Julia Martinez, A. F. (s.f.). Cambio Climático: una vision desde México. Recuperado el 2011 de 09 de 2011, de <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf>
- Katsouyanni, K., et al. (1995). Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. *The APHEA project: background, objectives, design. EurRespir J*, 8(6): p. 1030-8.
Katsouyanni K et al. (2001) Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*; 12:521–531
- Kodransky, M. & Hermann, G. (2011a) Case Study: Paris, France. IN (ITDP), I. F. T. D. P. (Ed.) *Europe's Parking U-Turn: From Accommodation to Regulation*. Nueva York, E.U.A.
- Krewski, D., B. RT, and G. MS (2000). Re-analysis of the Harvard Six-cities study and the American Cancer Society study of air pollution and mortality. Cambridge, MA: HealthEffects Institute.
- Krewski, D., Byus, C., Glickman, B., Habash, R., Habbick, B., & Lotz, G. (2001). Report on the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices, 1999. Canadá: The Royal Society of Canadá.
- Krewski, D., et al. (2005). Mortality and long-term exposure to ambient air pollution: ongoing analyses based on the American Cancer Society cohort. *J Toxicol Environ Health A*, 68(13-14): p. 1093-109.
Künzli, N., et al. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet*, 356(9232): p. 795-801.
Lacasaña, M., A. Esplugues, and F. Ballester (2005). Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Eur J Epidemiol*, 20(2): p. 183-99.
- Ley General del Equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1988
- Ley Ambiental del Distrito Federal.
Ley Ambiental del Estado de Nuevo León.
Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí.
- Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima.
Ley Ambiental para el Estado de Chiapas.
Ley Ambiental y de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo.
Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.
Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Baja California Sur.
Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua.
Ley de Gestión Ambiental Sustentable para el Estado de Durango.
Ley Ambiental de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo.
Ley de Hacienda del Estados de Baja California.
Ley de Hacienda del Estados de Michoacán.
Ley de Hacienda del Estados de Puebla.
Ley de Ingresos del Gobierno del Estado de Baja California para el ejercicio fiscal 2011.
Ley de Ingresos del Gobierno del Distrito Federal para el ejercicio fiscal 2011.
Ley de Ingresos del Gobierno del Estado de México para el ejercicio fiscal 2011.
Ley de Ingresos del Gobierno del Estado de Michoacán para el ejercicio fiscal 2011.
Ley de Ingresos del Gobierno del Estado de Puebla para el ejercicio fiscal 2011.
Ley de Protección al Ambiente del Estado de Yucatán.
Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California.
Ley de Protección Ambiental del Estado de Aguascalientes.
Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco.
Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro.
Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas.
Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca.
Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza.
Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero.
Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos.
Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Sinaloa.
Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas.
Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Campeche.
Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora.
Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala.
Ley Estatal de Protección Ambiental (de Veracruz).
Ley Estatal de Salud (de Puebla).
Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (de Jalisco).
Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Nayarit.
Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente.
Ley Orgánica d la Administración Pública del Estado de Yucatán.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Puebla.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Aguascalientes.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Baja California.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Baja California Sur.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Campeche.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Chiapas.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Coahuila de Zaragoza.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Colima.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Durango.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Guerrero.
Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México.

- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Michoacán de Ocampo.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Michoacán de Ocampo.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Quintana Roo.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de San Luis Potosí.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Sinaloa.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Tamaulipas.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Tlaxcala.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado Libre y Soberano de Morelos.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo.
- Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Nuevo León.
- Ley Orgánica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Chihuahua.
- Ley Orgánica del poder Ejecutivo del Estado de Guanajuato.
- Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco.
- Ley Orgánica del poder Ejecutivo del Estado de Nayarit.
- Ley Orgánica del poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca.
- Ley Orgánica del poder Ejecutivo del Estado de Querétaro.
- Ley Orgánica del poder Ejecutivo del Estado de Sonora.
- Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco.
- Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo.
- Ley para la Protección al Ambiente Natural y Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.
- Ley para la Protección y Preservación del Ambiente para el Estado de Guanajuato.
- McConnell, R., et al. (2006). Traffic, susceptibility, and childhood asthma. *Environ Health Perspect*, 2006. 114(5): p. 766-72.
- Medina, S. and E. Boldo (2005). APHEIS: Health Impact assessment of Air Pollution Communication Strategy. Third year report. Available at: [http://www.apheis.net]. ISBN: 2-11-094838-6.
- Mendoza, J. A. (2011). Determinación de metales pesados en partículas PM10 como indicadores de la contaminación atmosférica en el parque estatal Flor del Bosque. Puebla: Fondo Mixto Conacyt-Gobierno del Estado de Puebla (Proyecto 108571) BUAP.
- Miller, K.A., et al. (2007). Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*, 356(5): p. 447-58.
- Miller, B. and F. Hurley (2006). Comparing estimated risks for air pollution with risks for other health effects. Research Consulting Services. Institute of Occupational Medicine. Research report TM/06/01.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011). Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire PNMA. España
- Mintz, D., Fitz-Simons, T., Wayland, M. (1997) Tracking Air Quality Trends with SAS/GRAPH. US EPA/OAQPS/EMAD/AQTAG. Research Triangle Park.
- Molina, L. M. (2005). La calidad del aire en la megaciudad de México. Un enfoque integral. México: FCE.
- Molina, L. T., Molina, M. J. (2007) Evaluation of nitrogen dioxide chemiluminescence monitors in a polluted urban environment. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 569-604
- Mudu, P., et al. (2007). Transport, energy and health. Bettina Menne, Anil Markandya, Michael Joffe (eds): Energy, Sustainable Development and Health. Health and Global Environmental Change Series no. 3, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Nafstad, P., et al. (2004). Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environ Health Perspect*, 112(5): p. 610-5.
- Naess, O., et al. (2007). Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol*, 165(4): p. 435-43.
- Nel, A. (2005). Atmosphere. Air pollution-related illness: effects of particles. *Science*, 308(5723): p. 804-6.
- Nigenda, G., Cifuentes, E., & Duperval, P. A. (2002). Estimación del Valor Económico de Reducciones en el Riesgo de Morbilidad y Mortalidad por Exposiciones Ambientales. (D. G. Ambiental, Ed.) México: Instituto Nacional de Ecología.
- NRC (National Research Council) (1983). Risk assessment in the federal government: Managing the process. National Academies Press. Washington, DC.
- NRC (National Research Council) (2002). US National academy of science committee Estimating the Health-Risk-Reduction Benefits of Proposed Air Pollution Regulations. ISBN-10: 0-309-08609-4.
- OCDE (2010) Annual National Accounts: GDP per head, US\$, constant prices, constant PPPs, reference year 2000. Organization for Economic Cooperation and Development.
- OCDE (2011) OECD Economic Surveys: Mexico 2011. IN PUBLISHING, O. (Ed.) OECD Economic Surveys.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series No. 91)
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2004). Health Aspects of Air Pollution. Results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe". Report E083080. June.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2004). Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and ozone (O3). EUR/04/5042688.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Ginebra, Suiza.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2010). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009. Stuttgart, Germany.
- Ostro, B. and L. Chestnut (1998). Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States. *Environ Res*, 76(2): p. 94-106.
- Oxidantes, Ácidas y sus Precursores". 1er. Reporte Técnico. Proyecto CONACYT Clave: 2301. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- Periódico Oficial del Estado de Puebla (2006), Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Viernes 13 de octubre de 2006, Quinta Sección.
- Periódico Oficial del Estado de Puebla (2008), Reglamento de la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. 22 febrero 2008, Segunda Sección.
- PNUMA. (2002). Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-3. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Pope, C.A., 3rd and D.W. Dockery (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc*, 56(6): p. 709-42.
- Pope CA et al. (1995) Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151:669-674.
- Pope CA et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 287:1132-1141.
- Proaire-Puebla (2006-2011). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla.
- Programa de Gestión de la calidad del aire en la zona metropolitana del valle de Puebla 206-2011. (s.f.). Recuperado el 28 de 09 de 2011, de http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/Proaires_Vigentes/1_ProAire%20ZMVP%202006-2011.pdf
- Programa de Mejora de Calidad del Aire Tijuana-Rosarito. (s.f.). Questions and Answers About Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields. Recuperado el 19 de 01 de 2012, de http://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Documents/buletins/oet56/oet56e4.pdf
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Reynales-Shigematsu et al. (2006). Costos de la atención médica en el Instituto Mexicano del Seguro Social atribuibles al consumo de tabaco. *Salud Pública de México*, 48 (Suplemento 1), S48-S64.

Rojas-Rueda, D., et al. (2011). The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *BMJ*, 343:d4521.

Roosli, M., et al. (2005). Years of life lost attributable to air pollution in Switzerland: dynamicexposure-response model. *Int J Epidemiol*, 34(5): p. 1029-35.

Ruiz Suárez, L. G., Imaz-Gispert M., Montero M., Sánchez O., Hernández Galicia F., Conde C. y Castro T. (1994). Cálculos y Mediciones de Hidrocarburos Naturales en el Valle de México. México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

SAGARPA. (s.f.). ¿Qué podemos hacer para combatir el cambio climático. Recuperado el 28 de 09 de 2011, de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Qu%C3%A9%20podemos%20hacer%20para%20combatir%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf>

SAGARPA. (s.f.). SAGARPA y el cambio climático. Recuperado el 28 de 10 de 2011, de ¿Qué es el cambio climático o calentamiento global?: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/QUE%20ES%20EL%20CAMBIO%20CLIMATICO.pdf>

Samet JM et al. (2000). The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Research Reports of the Health Effects Institute*, 94:5-70.

Sanz, M. G. (2001). La contaminación atmosférica en los bosques: Guía para la identificación de daños visibles causados por ozono. España: Ministerio de Medio Ambiente.

Schikowski, T., et al. (2005). Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res*, 6: p. 152.

Secretaría del Medio Ambiente. (2004). Inventario de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM. Gobierno del Distrito Federal.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (2008) Informe de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Estado y Tendencias 1990-2007. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Ciudad de México.

Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla (2005). Programa de Contingencias Ambientales en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla. Puebla

Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla (2011). Programa de Verificación Vehicular, Puebla. SDA (2009). Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. Ed. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá, D.C., Colombia.

SEICAP (Sociedad Española de Inmunología Clínica y Alergia Pediátrica) (2011). Consultada 20 de noviembre: <http://www.seicap.es/polenes.asp>
SFA (2011). Cuenta de la Hacienda Pública Estatal 2010. Secretaría de Finanzas y Administración. Gobierno del Estado de Puebla-SHCP (2010). Distribución del pago de impuestos y recepción del gasto público por deciles de hogares y personas. Resultados para el año 2008.

SEMARNAT. Censo de Estadísticas Ambientales 2010. Dimensión Ambiental, Biodiversidad.

SEMARNAT. (s.f.). Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/paginas/ProtocolodeMontreal.aspx>

SEMARNAT. (s.f.). Recuperado el 27 de Octubre de 2011, de <http://sisao.semarnat.gob.mx/sisao/p4.htm>

SEMARNAT. (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. (C. 5, Ed.)

SEMARNAT. (s.f.). SEMARNAT. Recuperado el 29 de Octubre de 2011, de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/06:atmosfera/cap6_3.html

SEMARNAT. (s.f.). SEMARNAT. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/05_atmosfera/cap5_3.html

SEMARNAT-Puebla (Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla), (2005). Programa de Contingencias Ambientales en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla.

Shindell, Drew. No need to wait for the clean air dividend (16 de abril de 2012). Recuperado 18 de abril de 2012.

<http://www.newscientist.com/article/mg21428600.200-no-need-to-wait-for-the-clean-air-dividend.html>

SSA (Secretaría de Salud) (2006). Día Mundial del Asma. *Epidemiología, Secretaría de Salud*, 23 (20), 1-3.

Sullivan, D. (2009) Effects of Meteorology on Pollutant Trends. Final Report. Grant activities No. 582-86245-FY08-01. Center for Energy and Environmental Resources. The University of Texas at Austin. Texas. March 16.

Sunyer, J., et al. (2006) Chronic bronchitis and urban air pollution in an international study. *Occup Environ Med*, 2006. 63(12): p. 836-43.

Torres-Jardón, R., Ruiz-Suárez, L. G., Torres-Jaramillo, J. A. (2009) Estudio de la dinámica atmosférica en la formación de ozono en la cuenca atmosférica Puebla-Tlaxcala. En: "Calidad del Aire en la Corona Regional de Ciudades del Centro de México: Climatología Química de Especies Wark, K., Warner, C. F. (1994) Contaminación del Aire Origen y Control. Limusa Noriega, Eds. México D. F.

U.S. Department of State. The Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants. (1 de Febrero de 2012). Recuperado el 18 de abril de 2012. <http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2012/02/184055.htm>

U.S. Environmental Protection Agency (1998) National air quality and emissions trends report, 1997. Prepared by the Office of Air Quality, Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.

Vargas-Becerra M. (2009). Epidemiología del asma. *Neumología y cirugía del tórax*, 68:S2-91 – S2-97.

Ward, D.J. and J.G. Ayres (2004). Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review. *Occup Environ Med*, 61(4): p. e13.

WHO (1980) Analysing and Interpretation Air Monitoring Data. World Health Organization. WHO Offset Publication No. 51. Geneva. Switzerland.

Wichmann HE et al. (2000). Daily mortality and fine and ultrafine particles in Erfurt, Germany. Part 1: Role of particle number and particle mass. Cambridge, MA, Health Effects Institute, (Research Report No. 98).

Wittig A.E., Main H.H., Roberts P.T., and Hurwitz S.B. (1999) Analysis of PAMS data in California Volume III: Trends analysis of California PAMS and long-term trend air quality data (1987-1997). Report STI-998393-1885-FR prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. May.

Wong CM et al. (2002). A tale of two cities: effects of air pollution on hospital admissions in Hong Kong and London compared. *Environmental Health Perspectives*, 110:67-77.

World Health Organization. (Mayo de 2006). Recuperado el 20 de Enero de 2012, de Electromagnetic fields and public health: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/>

Zhang, J. and K.F. Yu (1998). What's the Relative Risk?: A Method of Correcting the Odds Ratio in Cohort Studies of Common Outcomes. *JAMA*, 280(19): p. 1690-1691.

Zemp, E., et al. (1999). Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). The SAPALDIA Team. *Am J Respir Crit Care Med*, 159(4 Pt 1):p. 1257-66.



**Secretaría de Sustentabilidad Ambiental
y Ordenamiento Territorial**
Gobierno del Estado de Puebla

33 Sur No. 3512 Col. El Vergel
Puebla, Pue. C. P. 72400
Tel. (222) **7775625**

www.climaticopuebla.gob.mx



Portada:
Ricardo Torres Flores
"Helechos arborescentes"
Bosque Mesófilo de Montaña, Teziutlán, Pue.