

Aire Limpio

Programa para el Valle de Toluca



2007 - 2011

Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011

© **Derechos Reservados**

Gobierno del Estado de México
Secretaría del Medio Ambiente
Av. Gustavo Baz, No. 2160, piso 2
Col. Viveros del Río, C. P. 54060
Tlalnepantla, Estado de México

Primera edición, 2007

Impreso y hecho en México

La reproducción total o parcial de este documento podrá efectuarse mediante autorización expresa de la fuente y dándole el crédito correspondiente.

CE:212/1/198/07

www.edomexico.gob.mx



El cuidado del medio ambiente es fundamental para garantizar el desarrollo sustentable de nuestra sociedad y con él ofrecer un porvenir seguro a las futuras generaciones.

En nuestros días, fenómenos como la contaminación atmosférica y la emisión de gases de efecto invernadero están provocando cambios dramáticos en el clima y los ecosistemas del planeta, generando con ello efectos nocivos en nuestra vida colectiva. Ninguna ciudad, país o región está exenta de este escenario adverso.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca, que actualmente es la quinta conurbación más poblada del país, no es la excepción. Así como es preponderante en el desarrollo social y económico de nuestro estado, también presenta retos ambientales como el de la calidad del aire.

Para hacer frente a esta problemática ambiental en la región, el Gobierno del Estado de México instrumenta un programa integral. Entre sus acciones destacan, por su importancia, las relativas al control y reducción de emisiones en las distintas fuentes; la protección a la salud; el fomento de la educación ambiental, así como el fortalecimiento de los instrumentos disponibles para la gestión ambiental.

A fin de impulsar esta nueva cultura ambiental y lograr que se extienda entre los mexiquenses, para promover su corresponsabilidad en el cuidado del entorno, se presenta **“Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca”**.

Confío que su difusión y adopción contribuirá decisivamente a mejorar el futuro ambiental de esta importante zona de nuestra entidad.

Lic. Enrique Peña Nieto
Gobernador Constitucional del Estado de México



Los Programas de Gestión de la Calidad del Aire (Proaires), constituyen uno de los principales instrumentos para frenar las tendencias de deterioro de la calidad del aire en las principales ciudades del país. Al incorporar medidas concretas para abatir y controlar las emisiones de contaminantes, los Proaires contribuyen a preservar nuestro entorno, proteger la salud humana y a promover el desarrollo sostenible.

Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011, se ha construido con el consenso y participación de las autoridades municipales, estatales y federales de medio ambiente, así como de las autoridades estatales de salud, la comunidad académica, representantes de los sectores productivos y organizaciones de la sociedad civil. El desarrollo y aplicación del Programa dan muestra del interés y compromiso de la sociedad para detener la contaminación del aire en la región.

La reducción de emisiones contaminantes que se espera lograr con este Programa, permitirá al Estado de México contribuir con las acciones globales para hacer frente al Cambio Climático.

El conjunto de estrategias y medidas, enfocadas a la reducción y control de emisiones provenientes de fuentes naturales y de área, de vehículos, industria, comercio y servicios, permitirán reducir las concentraciones de contaminantes en la atmósfera y proteger la salud de los habitantes del Valle de Toluca.

La educación ambiental y el fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental, son herramientas fundamentales que permitirán incrementar la capacidad de sociedad y gobierno para procurar el aire limpio al que los habitantes del Valle de Toluca tienen derecho.

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales



DIRECTORIO

Lic. Enrique Peña Nieto
Gobernador Constitucional del
Estado de México

Mtro. Guillermo Velasco Rodríguez
Secretario del Medio Ambiente

Lic. Gustavo Reséndiz Serrano
Subsecretario del Medio Ambiente

Lic. Roberto Cervantes Martínez
Director General de Prevención y
Control de la Contaminación Atmosférica

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada
Secretario del Medio Ambiente y
Recursos Naturales (SEMARNAT)

Dr. Mauricio Limón Aguirre
Subsecretario de Gestión para la
Protección Ambiental

Lic. Ricardo Tejeda Nichols
Delegado Federal de la SEMARNAT en el
Estado de México

M. en C. Ana María Contreras Vigil
Directora General de Gestión de la
Calidad del Aire y RETC

C. P. Agustín González Cabrera
Presidente Municipal de Lerma

Lic. Óscar González Yáñez
Presidente Municipal de Metepec

Dr. Silvestre Santiago Rivera Guadarrama
Presidente Municipal de Ocoyoacac

Ing. Lucio Santiago Zepeda González
Presidente Municipal de San Mateo Atenco

Lic. Juan Rodolfo Sánchez Gómez
Presidente Municipal de Toluca

Ing. Serafín Gutiérrez Morales
Presidente Municipal de Xonacatlán

C. Raúl Espinosa Velázquez
Presidente Municipal de Zinacantepec

En la elaboración e integración técnica de este documento participaron las siguientes personas:

Alberto Cruzado Martínez
Alejandra López Tinoco
Francisco Pablo Escamilla Báez
Gabriel Zavaleta Mondragón
Gloria Julissa Calva Cruz
Hilda Valdez Hinojosa
Hugo Landa Fonseca
Jaime A. Cabrera Santana
José Antonio Díaz Ramírez
Juan Conrado Quezada García
Raúl Aldama Gavilán
Verónica González Sepúlveda
Víctor Manuel Torres Meza

**Coordinador del Programa
Aire Limpio para el Valle de Toluca**

Antonio Yurrieta Almazán

Agradecimientos

Se agradece a los técnicos e investigadores de las diversas instancias de los sectores social, privado y académico, así como de los funcionarios de los gobiernos municipal, estatal y federal, quienes aportaron sus conocimientos y experiencia para la formulación de este Programa.

De forma especial se agradece al Lic. César Reyna de la Madrid, Coordinador Ambiental Metropolitano de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, sus valiosos comentarios y sugerencias al contenido técnico del presente documento.



CONTENIDO

PRESENTACIÓN	13
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	21
1.1. LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	23
1.2. FUNDAMENTO JURÍDICO	25
CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA	27
2.1. LOCALIZACIÓN	29
2.2. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL	30
2.2.1. CLIMA	30
2.2.2. METEOROLOGÍA	32
2.2.3. DINÁMICA DE VIENTOS	34
2.2.4. OROGRAFÍA	35
2.2.5. TIPOS DE SUELO	36
2.2.6. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	37
2.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	37
2.3.1. POBLACIÓN	37
2.3.2. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SENSIBLE	38
2.3.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS	39
2.3.4. USOS DEL SUELO	42
CAPÍTULO III. INVENTARIO DE EMISIONES	43
3.1. CONSUMO ENERGÉTICO	45
3.2. INVENTARIO DE EMISIONES	46
3.2.1. EMISIONES POR CONTAMINANTE	51
3.2.2. EMISIONES POR TIPO DE FUENTE	54
CAPÍTULO IV. CALIDAD DEL AIRE	63
4.1. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	65
4.2. MONITOREO ATMOSFÉRICO	66
4.3. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO	69
4.3.1. PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM ₁₀	69

4.3.2. OZONO	75
4.3.3. BIÓXIDO DE NITRÓGENO	80
4.3.4. MONÓXIDO DE CARBONO	82
4.3.5. BIÓXIDO DE AZUFRE	83
4.3.6. COMPORTAMIENTO DE ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE	85
CAPÍTULO V. EFECTOS EN SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	89
5.1. PANORAMA GENERAL	91
5.2. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD HUMANA	92
5.2.1. PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM ₁₀	92
5.2.2. OZONO	94
5.2.3. BIÓXIDO DE NITRÓGENO	94
5.2.4. MONÓXIDO DE CARBONO	95
5.2.5. BIÓXIDO DE AZUFRE	95
5.3. ESTUDIOS SOBRE EL IMPACTO DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA SALUD	96
CAPÍTULO VI. DESARROLLO DEL PROGRAMA	101
6.1. OBJETIVO GENERAL	103
6.2. METAS GENERALES	103
6.3. ESTRATEGIAS GENERALES	103
6.4. MECANISMOS DE EVALUACIÓN	105
6.5. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS A INSTRUMENTAR	106
6.5.1. ESTRATEGIA I. REDUCCIÓN DE EMISIONES EN FUENTES NATURALES Y DE ÁREA	106
6.5.2. ESTRATEGIA II. REDUCCIÓN Y CONTROL DE EMISIONES EN VEHÍCULOS Y TRANSPORTE	113
6.5.3. ESTRATEGIA III. REDUCCIÓN Y CONTROL DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA, COMERCIOS Y SERVICIOS	121
6.5.4. ESTRATEGIA IV. PROTECCIÓN A LA SALUD	126
6.5.5. ESTRATEGIA V. FOMENTO A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL	132
6.5.6. ESTRATEGIA VI. FORTALECIMIENTO DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL	133
BIBLIOGRAFÍA	141
GLOSARIO	147



ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 2.1.	Localización de la ZMVT	29
Figura 2.2.	Dinámica de vientos sobre la ZMVT	34
Figura 4.1	Localización de las estaciones y zonas de monitoreo que conforman la RAMA-ZMVT	67
Figura 5.1.	Acumulación de partículas PM_{10} en el aparato respiratorio	93
Figura 5.2.	Efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud	96

GRÁFICAS

Gráfica 2.1.	Climograma, con base en la estación climatológica "Toluca"	31
Gráfica 2.2.	Comportamiento mensual de la temperatura	33
Gráfica 2.3.	Radiación solar global media mensual	33
Gráfica 2.4.	Rosa anual de vientos	35
Gráfica 3.1.	Contribución de emisiones totales por tipo de fuente	47
Gráfica 3.2.	Contribución porcentual de PM_{10} por sector	51
Gráfica 3.3.	Contribución porcentual de SO_2 por sector	52
Gráfica 3.4.	Contribución porcentual de CO por sector	52
Gráfica 3.5.	Contribución porcentual de NO_x por sector	53
Gráfica 3.6.	Contribución porcentual de HC por sector	53
Gráfica 3.7.	Emisión porcentual por contaminante de fuentes puntuales	54
Gráfica 3.8.	Emisión porcentual por contaminante de fuentes de área	55
Gráfica 3.9.	Emisión porcentual por contaminante de fuentes móviles	56
Gráfica 3.10.	Distribución porcentual del parque vehicular por año modelo	58
Gráfica 3.11.	Contribución porcentual de emisiones totales por vehículo año-modelo	59
Gráfica 3.12.	Porcentaje de la generación de PM_{10} por municipio	60
Gráfica 3.13	Generación de emisiones durante diferentes temporadas del año	62
Gráfica 4.1.	Concentraciones diarias de PM_{10} , estación SLT	70
Gráfica 4.2.	Concentraciones diarias de PM_{10} , estación TOL	70
Gráfica 4.3.	Concentraciones diarias de PM_{10} , estación MET	71
Gráfica 4.4.	Promedio anual de PM_{10}	73
Gráfica 4.5.	Comportamiento horario típico de PM_{10}	73
Gráfica 4.6.	Promedio mensual (máximos diarios) de PM_{10}	74
Gráfica 4.7.	Número de días arriba de norma de O_3 por año	75
Gráfica 4.8.	Comportamiento horario típico del O_3	78
Gráfica 4.9.	Promedio mensual de O_3 estación SMA (2005)	79
Gráfica 4.10.	Comportamiento típico de NO_2	81
Gráfica 4.11.	Valores máximos mensuales de NO_2 por zona	81
Gráfica 4.12.	Comportamiento horario típico de CO	82
Gráfica 4.13.	Valores máximos mensuales de CO por zona	83
Gráfica 4.14.	Comportamiento horario típico del SO_2	84
Gráfica 4.15.	Promedio mensual de SO_2 estación SMA	85
Gráfica 4.16.	Porcentaje de excedencias a 100 puntos IMECA	86
Gráfica 4.17.	Calidad de aire en intervalos IMECA por año	87
Gráfica 5.1.	Diagrama de caja para los monitoreos personales, intramuros, extramuros y ambientales a PM_{10}	99

TABLAS

Tabla 2.1.	Coordenadas extremas de la ZMVT	29
Tabla 2.2.	Municipios que integran la ZMVT	30
Tabla 2.3.	Principales elevaciones orográficas	36
Tabla 2.4.	Crecimiento de la población de 1990 a 2005 y proyección al 2011	38
Tabla 2.5.	Densidad de población	38
Tabla 2.6.	Población por grandes grupos de edad y población sensible	39
Tabla 2.7.	Número y porcentaje de unidades manufactureras	40
Tabla 2.8.	Usos del suelo	42
Tabla 3.1.	Consumo energético por tipo de combustible (año 2000)	45
Tabla 3.2.	Consumo energético por sector (año 2000)	45
Tabla 3.3.	Emissiones totales por tipo de fuente y por contaminante	47
Tabla 3.4.	Contribución porcentual por contaminante	48
Tabla 3.5.	Inventario de emisiones desagregado en ton/año	49
Tabla 3.6.	Inventario de emisiones desagregado en porcentaje	50
Tabla 3.7.	Inventario de emisiones de fuentes puntuales	54
Tabla 3.8.	Número y porcentaje de vehículos que conforman el parque vehicular	58
Tabla 3.9.	Generación de partículas PM ₁₀ por fuentes erosivas (ton/año)	59
Tabla 3.10.	Emissiones provenientes de la vegetación, por municipio (ton/año)	60
Tabla 3.11.	Generación de HC y NO _x (toneladas por temporada del año)	61
Tabla 4.1.	Normas de calidad del aire	66
Tabla 4.2.	Ubicación e identificación de las estaciones de monitoreo de la RAMA-ZMVT	68
Tabla 4.3.	Parámetros que miden las estaciones de monitoreo	68
Tabla 4.4.	Número de excedencias por estación y valores máximos de PM ₁₀	71
Tabla 4.5.	Comparación contra la norma anual por estación	72
Tabla 4.6.	Valores máximos de O ₃ por año	75
Tabla 4.7.	Número de registros mayores a 0.080 ppm de O ₃ por estación	76
Tabla 4.8.	Quinto máximo histórico de O ₃ por estación (ppm)	77
Tabla 4.9.	Frecuencia horaria de valores fuera de norma de O ₃	78
Tabla 4.10.	Frecuencia de las horas en que se rebasa la norma de O ₃ por zona	79
Tabla 4.11.	Valores máximos de NO ₂ por año	80
Tabla 4.12.	Valores máximos de CO por año	82
Tabla 4.13.	Valores máximos de SO ₂ por año	83
Tabla 4.14.	Valores promedio de SO ₂ por año	84
Tabla 4.15.	Intervalos IMECA y escenarios de calidad del aire	86
Tabla 5.1.	Funciones exposición respuesta para la población general	97
Tabla 6.1.	Estrategias, medidas e impacto en la reducción de emisiones	104

PRESENTACIÓN



PRESENTACIÓN

El Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011, contempla entre sus estrategias la “Sustentabilidad Ambiental para el Desarrollo y la Vida”, derivada de ésta se encuentran los “Programas contra la Contaminación Atmosférica”. En este marco de actuación es que surge el Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 como una iniciativa para dar continuidad y reforzar las acciones realizadas para controlar y revertir la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con el objetivo de mejorar la calidad del aire y proteger la salud de la población.

El Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 incorpora la información más reciente y disponible respecto a inventario de emisiones y el monitoreo de calidad del aire, así como estudios realizados en México respecto a la valoración económica de los efectos de la contaminación en salud. Asimismo, presenta un mecanismo de evaluación y seguimiento de los objetivos y metas.

En el proceso de elaboración de este programa se conformaron grupos de trabajo inter-institucionales, representados por las autoridades estatales de salud y medio ambiente, de los gobiernos municipales y del sector académico quienes compartieron sus ideas e inquietudes para controlar la contaminación del aire. Sin embargo, en su instrumentación se requerirá de la participación corresponsable de todos los sectores de la sociedad.

El documento está conformado por seis capítulos. Dentro de los dos primeros se da un panorama general de los antecedentes, marco legal y las características tanto físicas como socioeconómicas de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. El tercer capítulo presenta un resumen del inventario de emisiones, el cuarto capítulo describe el comportamiento y tendencias de los contaminantes, y en el quinto capítulo se trata lo referente a efectos de los contaminantes en la salud humana. Estos cinco capítulos conforman el diagnóstico respecto a la problemática de la contaminación del aire. El sexto capítulo contiene la parte programática, en donde se determinan los objetivos, las metas y las medidas a implementarse en el corto, mediano y largo plazo, los beneficios esperados y los actores involucrados.

A medida que se avance en la instrumentación del Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 necesariamente tendrá que ser examinado para constatar su cumplimiento, para lo cual se incluye un esquema de evaluación para determinar la conveniencia de rediseñar, reforzar o incluir otras medidas.

De esta forma el Gobierno del Estado de México plantea el firme compromiso de mejorar la calidad del aire a fin de que con estas y otras acciones se logre la seguridad social y económica reflejándose en el bienestar y calidad de vida de los habitantes de esta importante metrópoli mexiquense.

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

Ubicada en la porción central del Estado de México, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) se extiende sobre una superficie de 1,208.55 km² en la que habitan 1'361,500 personas, que la sitúan como la segunda concentración poblacional en importancia de la entidad y la quinta a nivel nacional.

La evolución de la ZMVT es similar a la de otras ciudades del país, al pasar de una economía rural a una industrial y de servicios, aunada a un continuo proceso de urbanización con la consiguiente demanda de servicios y satisfactores a costa de los recursos naturales, provocando como consecuencia diversos problemas ambientales, tales como: cambios de los usos del suelo que han reducido la frontera agrícola y forestal, invasión de áreas naturales protegidas, deforestación, procesos de erosión, incendios forestales, quemados a cielo abierto, así como las emisiones de contaminantes provenientes de industrias que carecen de sistemas de control y de vehículos automotores con condiciones mecánicas en mal estado, entre otros. Tan solo para darse una idea de la complejidad de la metrópoli: una tercera parte de su territorio tiene uso urbano; en ella se asientan 4,291 unidades manufactureras, 26,525 comercios, 14,665 establecimientos de servicio y posee un parque vehicular mayor a 260 mil vehículos. Tanto las fuentes fijas como móviles satisfacen su demanda energética, además de la energía eléctrica, mediante el consumo de combustibles fósiles, lo cual implica la emisión de contaminantes y un impacto adverso en la calidad del aire.

Todo lo anterior se refleja en la intensidad con que los distintos sectores productivos contribuyen en las emisiones contaminantes, es así que en la ZMVT se estima la generación de 608,140 toneladas de contaminantes al año de las cuales el 93% proviene del sector transporte, el 6% de los sectores industrial y comercial y el 1% de los suelos y su vegetación. Por contaminante, los suelos con procesos de erosión y campos agrícolas aportan el 60% de partículas menores a 10 micras, o PM₁₀, el sector industrial aporta 85% de las emisiones de bióxido de azufre, los vehículos automotores aportan 99% del monóxido de carbono, 81% de los óxidos de nitrógeno y 69% de los hidrocarburos.

Respecto a la problemática de la calidad del aire, las partículas PM₁₀ se sitúan como el principal contaminante en importancia debido a sus frecuentes rebases a los límites establecidos en la norma de calidad de aire ambiente y su tendencia creciente de los valores de concentración registrados durante los últimos años. Es así que los valores máximos de concentración han llegado a ser más del doble de lo establecido en la norma para 24 horas. Con relación a las partículas PM_{2.5} por el momento no se cuenta con información, por lo que es necesario que en un futuro próximo este contaminante sea incluido dentro del monitoreo de la calidad del aire de la ZMVT debido a la trascendencia que tiene debido a sus efectos en la salud humana.

Referente al ozono, un contaminante característico de zonas urbanas, el número de días al año que se ha rebasado la norma de calidad de aire ambiente llega a ser del 6%, registrando en el 2003 un valor máximo de 133 puntos IMECA. En ambos casos, la norma anual para PM_{10} y ozono se ha rebasado durante todo el periodo de referencia, lo cual señala que la población de la ZMVT está expuesta a bajos niveles de contaminantes pero durante largos periodos, lo que significa daños de tipo crónico en su salud.

Ante este panorama el Gobierno del Estado de México, en el marco del Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011, decide implementar el Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011, un segundo programa de gestión de calidad del aire que a diferencia de su predecesor instrumentado de 1997 a 2000, retoma la experiencia e información técnica más reciente para proponer medidas más ambiciosas y efectivas acordes a la nueva dinámica económica y urbana de la ZMVT.

El Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 consta de una serie de medidas agrupadas en seis estrategias enfocadas principalmente al abatimiento de la erosión y emisión de partículas, a mejorar la eficiencia de los vehículos automotores y del transporte público de pasajeros, al cumplimiento de la normatividad ambiental de las micros y pequeñas empresas mediante programas de producción más limpia y de gestión ambiental rentable; las estrategias también se orientan hacia la protección a la salud, la educación ambiental y el fortalecimiento de la planeación ambiental y urbana. Todas las acciones propuestas tienen como objetivo el abatir las emisiones contaminantes contribuyendo con ello a la protección de la salud de la población de la ZMVT.

Finalmente, es importante reiterar que en la puesta en marcha del Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 es necesaria la participación coordinada, responsable y determinante tanto de las autoridades federales, estatales y municipales, como de los diferentes sectores productivos de la sociedad, es decir, de todos los habitantes de esta gran región del Estado de México que es la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES





CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

I.1. LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), espacio donde se asienta la capital del Estado de México, se ha convertido en un polo de desarrollo económico desde la década de los 70, posteriormente, a raíz de los sismos de 1985 que afectaron a la ciudad de México, se experimentó un fenómeno de expulsión de su población hacia ciudades localizadas en las entidades de su alrededor, que para el caso de la ZMVT, aunado al constante flujo migratorio de poblaciones rurales alejadas de esta zona, así como de Michoacán, Guerrero y Oaxaca, entre otras entidades, ha acelerado el proceso de urbanización, estimando que la población total de los siete municipios que integran la ZMVT es de 1'361,500 habitantes que corresponde al 9.7% de la población estatal.

La ZMVT ha presentado una transformación paulatina en sus actividades económicas, pasando de ser una economía rural a una industrial y de servicios, contando con importantes parques industriales, y está considerada como una de las metrópolis más importantes en la Región Centro del país.

El incremento de las actividades productivas y la concentración de una población creciente han detonado un aumento en los servicios de transporte, tanto público como privado, ocasionando un mayor consumo de combustibles y por lo tanto, la degradación de su calidad del aire; al considerar que la ZMVT se asienta a una altitud promedio de 2,660 metros sobre el nivel del mar (msnm) situación que determina que el contenido de oxígeno sea 23% menor que a nivel de mar, lo cual tiende a hacer menos eficientes y más contaminantes los procesos de combustión.

En la ZMVT se han presentado periodos de altas concentraciones de partículas suspendidas PM_{10} , debido al transporte de material fraccionado desde zonas agrícolas, áreas afectadas por procesos de erosión, así como de incendios forestales, en el exterior de esta zona, así como en su interior problemas de calles sin pavimentar, quemas de residuos a cielo abierto y emisiones de la industria.

En cuanto a la gestión para mejorar la calidad del aire en esta área, resulta importante considerar lo siguiente:

En 1993 inició la operación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (RAMA-ZMVT), que mide, analiza y procesa en forma continua la concentración de contaminantes presentes en la atmósfera de la ZMVT. Es importante mencionar que la RAMA-ZMVT ha estructurado una base de datos histórica sobre los niveles de contaminación atmosférica de esta región.

Con la finalidad de conocer qué y cuánto se emite de contaminantes a la atmósfera, en 1993 el Instituto Nacional de Ecología elaboró el primer inventario de emisiones a nivel nacional, que en el caso de la ZMVT sólo consideró a las fuentes fijas del corredor industrial Toluca-Lerma. Posteriormente, en 1996 la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, realizó un segundo inventario que incluyó fuentes móviles, puntuales, de área y la emisión proveniente de la erosión del suelo. Cabe destacar que este documento técnico constituyó la base para la elaboración del Aire Limpio Programa para el Valle de Toluca 1997-2000. En el año 2005 la entonces Secretaría de Ecología publicó un inventario de emisiones que adiciona, aparte de las fuentes calculadas en los anteriores, información reciente sobre fuentes de área, así como las emisiones provenientes de la vegetación (emisiones biogénicas).

En 1996 se realizó el primer esfuerzo de gestión ambiental a través del Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999, en donde se definieron estrategias para abordar la problemática ambiental en la entidad, mismas que dieron origen al Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000. Dicho programa representó un ejercicio novedoso de planeación con el objetivo de reducir las emisiones de partículas, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno a través de la interrelación de las políticas ambientales, de transporte y desarrollo urbano. Entre las acciones instrumentadas destacan: el Programa de Detección de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes, el desarrollo de infraestructura vial, la eliminación de gasolina con plomo, la ampliación de la red de gas natural para uso industrial y doméstico, el control de incendios forestales y la reforestación en zonas rurales, y campañas de comunicación social, entre otras.

La evaluación efectuada en el 2003 a éste Programa concluyó, entre otros aspectos, en la necesidad de fortalecer la gestión ambiental municipal y el cumplimiento de la normatividad ambiental; impulsar el transporte masivo de pasajeros de alta capacidad no contaminante; desarrollar esquemas de financiamiento para la micro y pequeña industria para una producción más limpia y el control de emisiones; mejorar la calidad de la gasolina y el diesel; desarrollar estudios epidemiológicos; vincular los programas de investigación de las universidades e institutos de investigación con la problemática de la contaminación de aire; desarrollar un programa de educación ambiental metropolitana; y la ejecución de proyectos para la recuperación de suelos erosionados.

La dinámica socioeconómica y urbana creciente de la ZMVT ha hecho necesario, por una parte, reforzar y rediseñar las medidas implementadas a la fecha, y por otra, poner en marcha instrumentos acordes a las nuevas necesidades económicas, energéticas, avances tecnológicos y cambios normativos. Por esta razón, se llega al planteamiento del Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011, instrumento de gestión de la calidad del aire que pretende dar continuidad al esfuerzo tanto gubernamental como de la sociedad en general, contribuyendo a la protección de la salud para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la metrópoli en donde se asienta la capital del Estado de México.

1.2. FUNDAMENTO JURÍDICO

El Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 tiene sustento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos la cual contempla las disposiciones generales en materia ambiental, tales como el derecho a vivir en un ambiente sano, el impulso al desarrollo productivo en un marco de desarrollo sustentable y prevenir el impacto negativo que las obras y actividades realizadas por el hombre pueda generar sobre los recursos naturales.

Asimismo, el presente Programa se fundamenta en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en donde se establecen las competencias que le corresponden tanto a la federación, a los estados y a los municipios en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Respecto a los instrumentos jurídico-administrativos en el ámbito Federal que constituyen el marco de referencia a este Programa se encuentran: el Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera, Normas Oficiales Mexicanas en materia de Calidad del Aire y de Contaminación Atmosférica; en el ámbito estatal lo conforman: la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, la Ley de Planeación del Estado de México y Municipios, la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México, el Código de la Biodiversidad del Estado de México y su Reglamento, así como el Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011; en el ámbito municipal lo integran los Bandos de Policía y Buen Gobierno.

El Plan de Desarrollo estatal reviste una enorme importancia ya que constituye el documento rector de las políticas públicas que el Gobierno del Estado habrá de implantar para brindar “seguridad integral” a todos los habitantes de la entidad. La seguridad integral es un concepto que se sustenta en tres pilares fundamentales: la seguridad social, la seguridad económica y la seguridad pública.

Dentro de “seguridad económica” se encuentra el apartado “Desarrollo Sustentable” cuyo objetivo es la sostenibilidad ambiental para el desarrollo con conciencia ambiental y protección a la biodiversidad. Este apartado otorga una alta prioridad a las estrategias concernientes a la integración de la variable ambiental en las actividades productivas y a los programas para contrarrestar o mitigar los efectos de la contaminación a la atmósfera.

**CAPÍTULO II.
CARACTERÍSTICAS GENERALES
DE LA ZONA METROPOLITANA
DEL VALLE DE TOLUCA**



CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA

2.1. LOCALIZACIÓN

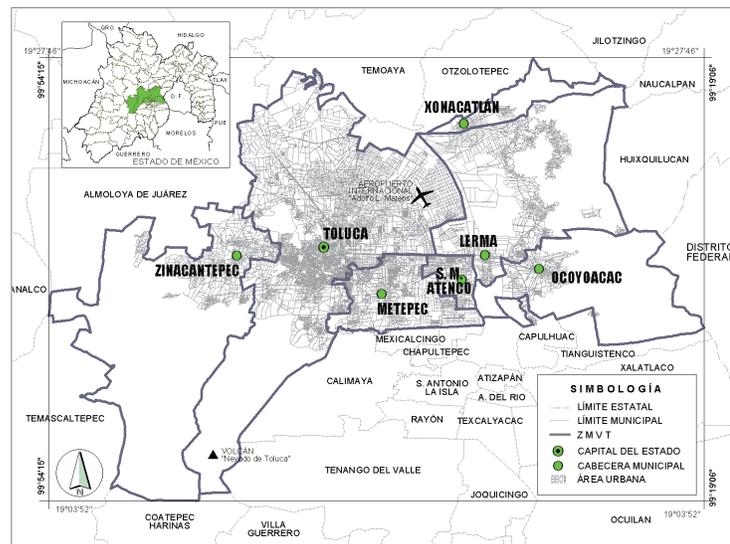
Para el tema de calidad del aire, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) comprende siete municipios, que por su constante dinámica e interacción contribuyen de manera significativa al problema de la contaminación a la atmósfera a partir de su actividad urbana, afectando de manera directa a la salud de su población, además de acarrear efectos adversos a regiones boscosas y otros ecosistemas, por lo que se considera la ZMVT como objeto de aplicación del presente Programa.

La ZMVT se localiza en la parte centro del Estado de México; colinda al norte con los municipios de Almoloya de Juárez, Temoaya, Otzolotepec y Jilotzingo, al sur con Coatepec Harinas, Ocuilan, Tenango del Valle, Calimaya, Mexicalcingo, Tianguistenco y Capulhuac; al este con el Distrito Federal, Huixquilucan y Naucalpan, y al oeste con Almoloya de Juárez, Amanalco y Temascaltepec (Véase figura 2.1), siendo sus coordenadas geográficas extremas las siguientes:

Tabla 2.1. Coordenadas extremas de la ZMVT

	Máxima	Municipio	Mínima	Municipio
Latitud	19° 27' 46"	Xonacatlán	19° 03' 52"	Zinacantepec
Longitud	99° 54' 15"	Zinacantepec	99° 19' 06"	Ocoyoacac

Figura 2.1. Localización de la ZMVT



En la tabla 2.2 se muestran los territorios y porcentaje de los municipios que conforman la ZMVT, los cuales dan un total de 1,208.55 km², que corresponde al 5.3% del territorio estatal. Es importante considerar que el área urbana de los siete municipios comprende una superficie de 315.80 km² (el 26.1%), según los usos de suelo identificados en los planes de desarrollo urbano municipales.

Tabla 2.2. Municipios que integran la ZMVT

No.	Municipio	Cabecera municipal	Superficie (Km ²)	Porcentaje
1	Lerma	Lerma de Villada	228.64	19.0
2	Metepec	Metepec	70.43	5.9
3	Ocoyoacac	Ocoyoacac	134.71	11.2
4	San Mateo Atenco	San Mateo Atenco	12.58	1.0
5	Toluca	Toluca de Lerdo	420.14	35.0
6	Xonacatlán	Xonacatlán de Vicencio	32.87	2.7
7	Zinacantepec	San Miguel Zinacantepec	309.18	25.1
Total			1,208.55	100.0

Fuente: GEM (1995).

2.2. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL

El comportamiento de contaminantes en suspensión sobre la atmósfera está influenciado por complejos factores naturales. Las variaciones meteorológicas globales y regionales así como las condiciones topográficas locales afectan el transporte y dispersión de los contaminantes de manera diferente a lo largo del año. En consecuencia se describen a continuación los aspectos naturales que prevalecen sobre el área de estudio a fin de comprender el ciclo dinámico que se desarrolla sobre el mismo.

2.2.1. CLIMA

Según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García, en la ZMVT están presentes los siguientes tipos de clima (GEM, 1993):

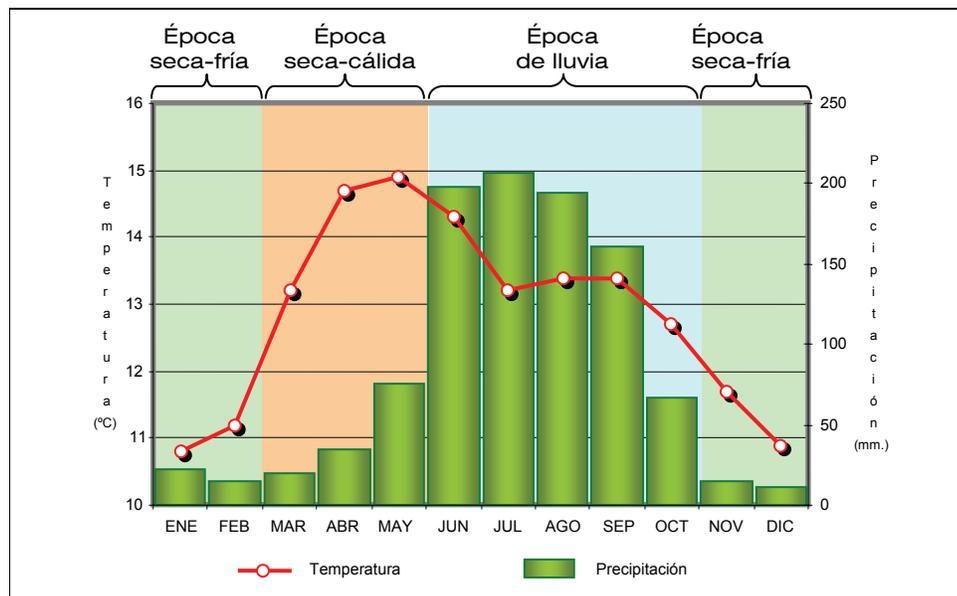
C(W₂)(w)b(i)g, clima templado húmedo, presenta verano largo, lluvia invernal inferior a 5%, es isotermal y la temperatura más elevada se manifiesta antes del solsticio de verano; abarca la mayor parte de los municipios que corresponden a la ZMVT.

C(E)(W₂)(w)b(i)g, clima semifrío, subhúmedo, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5%, el verano es largo; isotermal y con la temperatura más elevada antes del solsticio de verano, es característico de aquellas zonas con altitud considerable, como el volcán “Nevado de Toluca” y la Sierra de las Cruces, localizados al suroeste y este de la zona de estudio respectivamente.

E(T)H, clima frío con temperatura media anual entre -2 y 5° C, y la del más frío es menor a 0° C. Es característico de regiones altas, manifestándose sobre la zona de estudio en la parte alta del volcán “Nevado de Toluca”.

El climograma expuesto en la gráfica 2.1 permite apreciar el comportamiento que se da tanto de temperatura promedio mensual como de precipitación pluvial sobre el espacio geográfico de la ZMVT a partir de datos que se han registrado a lo largo de un determinado período de años.

Gráfica 2.1. Climograma, con base en la estación climatológica “Toluca”



Fuente: CNA, Normales climatológicas 1961-1990.

Se aprecia dentro del climograma que sobre la zona de estudio se presentan tres épocas climatológicas por la regularidad que guarda el tiempo atmosférico a lo largo del año:

Época seca-fría, expresa la temperatura promedio mensual más baja durante el año, y comprende los meses de noviembre a febrero con un rango de entre 9° y 11° C.

Época seca-cálida, dentro de los meses de marzo a mayo se presenta un ascenso en la temperatura hasta llegar a los 15° C, siendo la temperatura media que se expresa como máxima en la zona a lo largo del año.

Con respecto a las precipitaciones durante estas dos épocas del año, se muestran lluvias insignificantes con registros inferiores a los 40 milímetros de precipitación.

Época de lluvia, definida por los meses de junio a octubre, se caracteriza por la presencia de precipitaciones que se desarrollan con un rango de entre 160 y 210 milímetros. En cuanto a la temperatura de esta época, se manifiesta un decremento para mantenerse entre los 11° y 13° C.

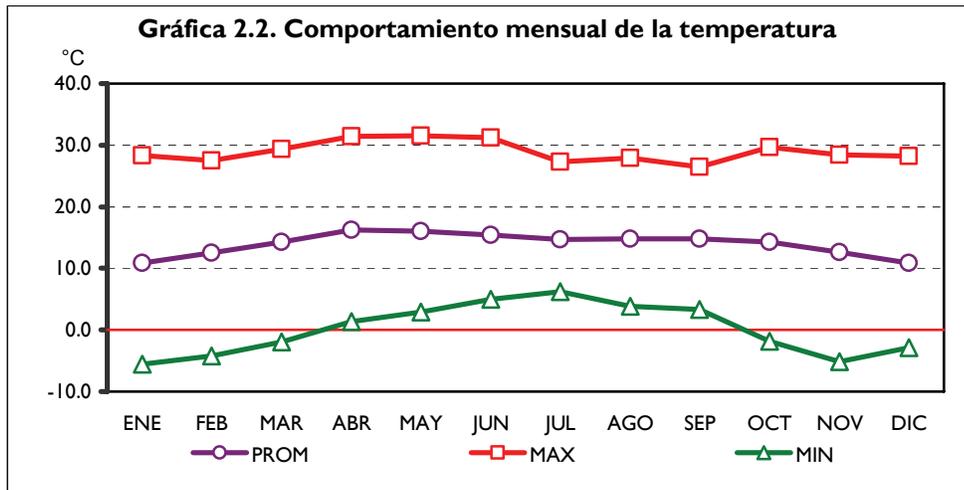
2.2.2. METEOROLOGÍA

Por su posición geográfica con respecto al territorio nacional, la ZMVT, durante el verano (época de lluvia) se encuentra bajo la influencia de sistemas meteorológicos tropicales, el paso constante de ondas y ciclones tropicales aportan la humedad más importante del año en forma de nublados y lluvias abundantes sobre la zona; esto permite tener una calidad de aire excelente al ser arrastrados a la superficie los contaminantes suspendidos sobre la atmósfera. Sin embargo, en invierno (época seca-fría) el desplazamiento de frentes fríos y masas de aire polar son los sistemas meteorológicos que predominan; cuando son intensos estos fenómenos la ZMVT se ve afectada con sistemas anticiclónicos (tiempo atmosférico estable y seco) que pueden generar inversiones térmicas, originando condiciones desfavorables para la dispersión de los contaminantes que se presentan en la atmósfera.

El fenómeno natural inversión térmica (aire frío y denso confinado cerca de la superficie, mientras que aire más caliente y ligero se halla por encima) se acentúa en invierno debido a bajas temperaturas en esta región, ocasionando disminución de la visibilidad a causa de los contaminantes atrapados cerca de la superficie que forman una espesa capa de color café oscuro.

Para la ZMVT la inversión térmica es un fenómeno importante por la frecuencia con que se presenta a lo largo del año, pero no determinante en los niveles máximos de contaminación, porque influyen otros parámetros meteorológicas como el aumento de temperatura ambiente conforme transcurre el día, que incrementa la inestabilidad atmosférica y la velocidad del viento, lo que provoca la ruptura de la inversión térmica.

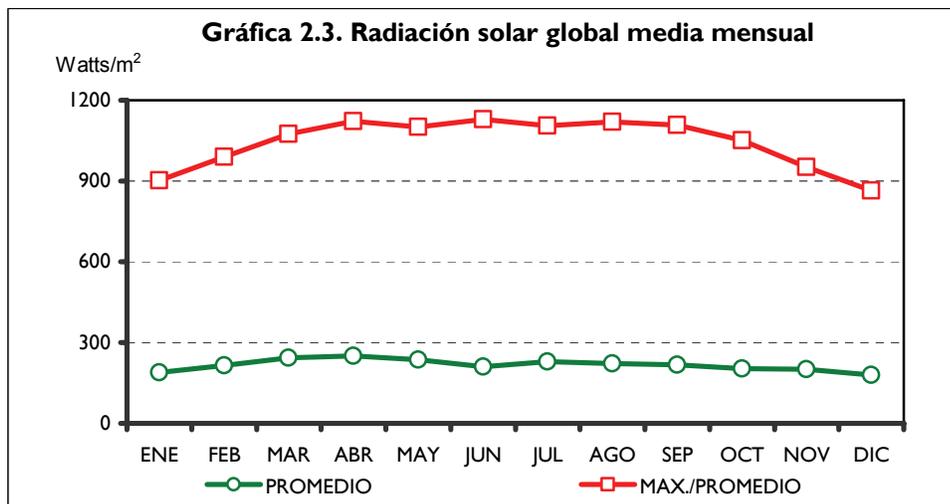
Otros fenómenos meteorológicos importantes en los alrededores de la ZMVT, relacionados a bajas temperaturas del periodo invernal son las heladas que se presentan periódicamente, y en forma ocasional las nevadas; como lo indica la gráfica 2.2, durante el invierno las temperaturas mínimas oscilan bajo cero.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Nota: Promedio de todas las estaciones para el periodo 2000-2005.

En la gráfica 2.3 se muestra el comportamiento global de la radiación solar registrada durante el periodo 2000-2005. Los datos corresponden a promedios mensuales de la radiación media diaria. En ella se observa que la mayor radiación promedio se recibe en los meses de marzo a mayo, que se refleja en el comportamiento de la temperatura en cuanto su incremento para esta época y su descenso para la invernal.



Fuente: RAMA-ZMVT.

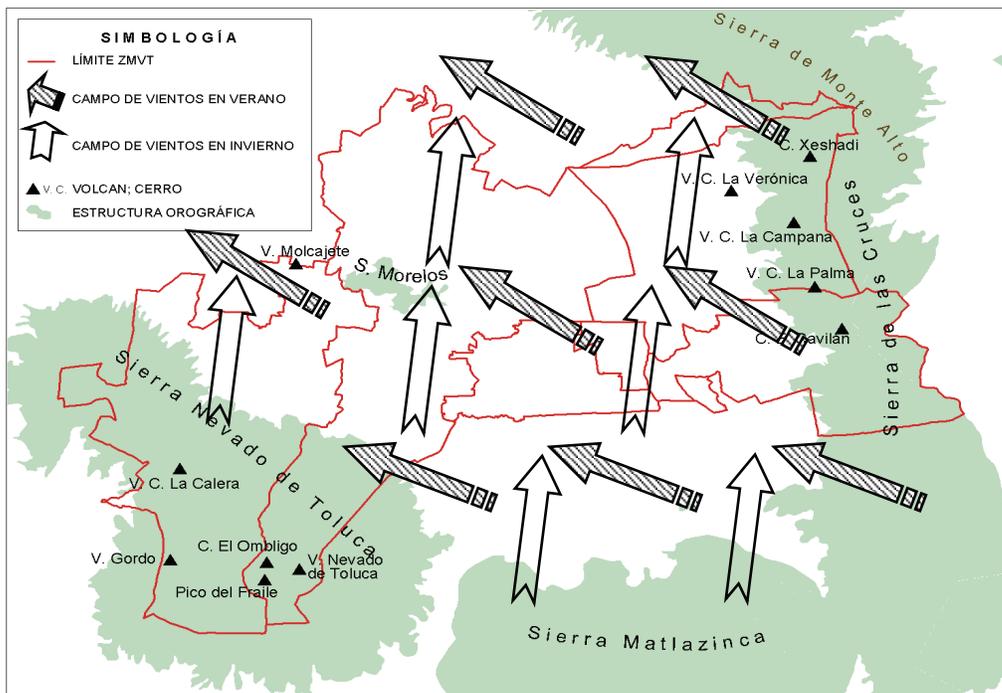
Nota: Promedio de todas las estaciones para el periodo 2000-2005.

2.2.3. DINÁMICA DE VIENTOS

A la ZMVT no la encierran por completo barreras naturales importantes (como es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México) que impidan la circulación del viento, esto hace que su ventilación se vea favorecida la mayor parte del año.

En esta zona la circulación del viento en dirección y frecuencia es muy compleja y variada en gran medida en función del relieve, pero en general, y como se puede apreciar en la figura 2.2, el Valle de Toluca se encuentra en la zona de influencia de los vientos alisios, cuya intensidad se expresa más bien débil e incluso estable en el período que comprende la época fría (finales de noviembre a finales de febrero) predominando los vientos provenientes del sur y con dirección norte, con una ligera curvatura desviada a favor de las manecillas del reloj, todo esto en función del relieve, es el caso del volcán “Nevado de Toluca” que no permite que circulen libres los vientos que llegan por el sur provocando el cambio de su trayectoria y haciendo que se deslicen hacia el valle por su flanco sureste.

Figura 2.2. Dinámica de vientos sobre la ZMVT

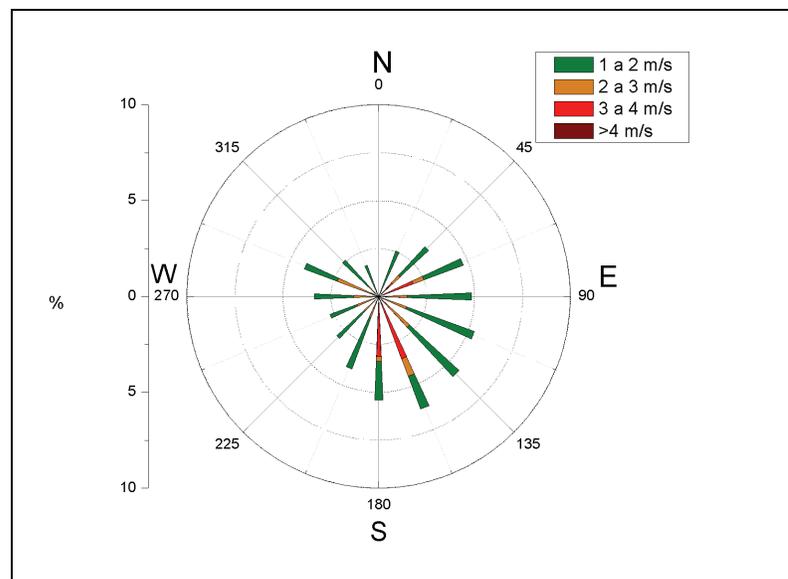


En el período que comprende la época seca-cálida, (meses de marzo a mayo), los vientos se intensifican más y modifican su curso por la aceleración de los alisios; sin embargo, aquí influye el sistema de relieve que presenta la Sierra de las Cruces orientada de norte a sur, la cual obstruye de manera determinante el paso libre de los vientos alisios hacia este valle; así pues se encuentran estos vientos del este con los del sur para rotar hacia el noroeste describiendo una prominente curvatura en sentido de las manecillas del reloj.

Para cerrar el ciclo anual, se muestra la máxima expresión de los alisios durante la época de lluvia, cuya dinámica se expresa del este y sureste con dirección noroeste y norte favoreciendo la transportación de contaminantes generados en lugares como la zona industrial del municipio de Lerma para depositarse y ser afectada la porción extrema noroeste de Toluca.

El registro del comportamiento del viento a través de los años se refleja en la gráfica de la rosa anual de vientos, que hace de manifiesto para el caso de la ZMVT una marcada dominancia de los vientos del sur y sureste, situación que refleja las concentraciones de partículas suspendidas fracción respirable PM_{10} y las totales PST más elevadas, en época seca.

Gráfica 2.4. Rosa anual de vientos



Fuente: RAMA-ZMVT.

Nota: Promedio de todas las estaciones para el periodo 2000-2005.

2.2.4. OROGRAFÍA

Es importante considerar la estructura del sistema orográfico que rige sobre el Valle de Toluca, porque como se ha mencionado con anterioridad, ésta moldea las condiciones de la dinámica del viento a lo largo del año, además de participar en la alteración del viento en función del comportamiento de los centros tanto de alta como de baja presión que suceden sobre elementos orográficos singulares por su altitud y volumen.

El Valle de Toluca está rodeado por grandes sierras y aparatos volcánicos individuales, entre estos están: al suroeste, la Sierra Nevado de Toluca; al este, la Sierra de las Cruces; al noreste, la Sierra de Monte Alto y al sur, la Sierra Matlazinca, además se encuentran en forma aislada algunas elevaciones entre las que destaca el volcán Molcajete en la Sierra Morelos, al noreste del municipio Toluca (véase figura 2.2.).

Particularmente, el volcán Nevado de Toluca funciona de manera determinante en la dinámica del viento del valle a partir de los sistemas de baja y alta presión que se generan sobre esta región a lo largo del año. En el área de su pie de monte, dentro del municipio Zinacantepec existen elevaciones menores como el cerro La Calera y el volcán Gordo, que son elementos determinantes en la dirección del viento que sopla del sur.

En la parte que corresponde a la Sierra de Monte Alto, entre las principales elevaciones está el cerro Xeshadi, y en la Sierra de las Cruces destacan el cerro El Gavilán, y los volcanes cerros La Palma y La Campana, los cuales conforman una obstrucción considerable para los vientos alisios a su arribo sobre este valle.

En la tabla 2.3 se presentan las elevaciones que por su altitud son consideradas primordiales y determinantes en las modificaciones que sufre la dinámica de los vientos que predominan en la ZMVT.

Tabla 2.3. Principales elevaciones orográficas

Elevación	Ubicación	Altitud (msnm)	Municipio
La Campana	Sierra de Monte Alto	3,300	Lerma
El Xeshadi	Sierra Monte Alto	3,400	Lerma
El Gavilán	Sierra de las Cruces	3,300	Ocoyoacac
Molcajete	Sierra Morelos	2,900	Toluca
El Ombligo	Nevado de Toluca	4,600	Toluca
Pico del Fraile	Nevado de Toluca	4,660	Toluca
Volcán Gordo	Nevado de Toluca	3,700	Zinacantepec
La Calera	Nevado de Toluca	3,740	Zinacantepec

Fuente: GEM (1993).

2.2.5. TIPOS DE SUELO

La ZMVT tiene una compleja historia geológica que aunada a las características del relieve y el clima, han propiciado una gran variedad de tipos de suelo. En la zona se presentan las siguientes unidades de suelo de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO: feozem, andosol, vertisol, luvisol, cambisol y litosol. Estos suelos, con excepción del vertisol, se caracterizan, entre otros aspectos por tener de media a alta susceptibilidad a la erosión tanto eólica como hídrica. La erosión trae consigo ciertos problemas tales como el azolvamiento de embalses, daños a obras de infraestructura, así como la emisión de partículas en la época de estiaje, e incluso la alteración del microclima por la pérdida de humedad.



2.2.6. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

En algunas fracciones del territorio de los municipios que conforman la ZMVT se incluyen nueve áreas naturales protegidas entre los que se encuentran los parques nacionales: Nevado de Toluca y el Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla (La Marquesa); los parques estatales: Centro Ceremonial Otomí-Mexica, Sierra Morelos, Alameda Poniente San José de la Pila y el Tiacaque, también de jurisdicción estatal se encuentran los recién decretados “santuarios del agua y forestales” a la Subcuenca Tributaria Río San Lorenzo, Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya y la Presa Antonio Alzate.

Entre la problemática ambiental que se desarrolla en los sitios de mayor antigüedad destaca: asentamientos humanos irregulares, actividades agropecuarias, incendios, sobre-pastoreo, tala, cacería furtiva, turismo no controlado, motociclismo a campo traviesa y presencia de instalaciones ajenas a las funciones de estas áreas.

2.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.3.1. POBLACIÓN

Hoy en día, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) constituye la segunda mayor concentración poblacional de la entidad y a nivel nacional, de acuerdo al estudio realizado por la Secretaría de Desarrollo Social, se considera como la quinta metrópoli del país (SEDESOL, 2004).

En el año 1990 la población de la ZMVT constaba de 886,147 habitantes. De acuerdo al Segundo Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2006) en el 2005 fue de 1'361,500 habitantes, cantidad que representa 9.72% de la población estatal. Con base en las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2000) se estima que en el año 2011 la población alcance 1'465,159 habitantes lo que representará un incremento de 7.61%.

En la tabla 2.4 se puede apreciar que el municipio más poblado es Toluca, el cual rebasa los 700 mil habitantes, le siguen en importancia Metepec con más de 200 mil habitantes; y Zinacantepec y Lerma, con más de 100 mil habitantes.

Tabla 2.4. Crecimiento de la población de 1990 a 2005 y proyección al 2011

Municipio	Habitantes según año				
	1990	1995	2000	2005	2011
Lerma	66,912	81,192	99,870	105,578	115,992
Metepec	140,268	178,096	194,463	206,005	230,256
Ocoyoacac	37,395	43,670	49,643	54,224	59,517
San Mateo Atenco	41,926	54,089	59,647	66,740	73,864
Toluca	487,612	564,476	666,596	747,512	785,288
Xonacatlán	28,837	36,141	41,402	45,274	49,652
Zinacantepec	83,197	105,566	121,850	136,167	150,590
Total ZMVT	886,147	1'063,230	1'233,471	1'361,500	1'465,159

Fuentes: INEGI (1991, 1996, 2001, 2006), CONAPO (2000).

La densidad de población de los municipios de la ZMVT contrasta considerablemente, debido principalmente a las diferencias en extensión territorial, así por ejemplo, entre San Mateo Atenco y Toluca la diferencia en territorio es de más de 30 veces. La tabla 2.5 muestra a San Mateo Atenco con más de cinco mil individuos dentro de un kilómetro cuadrado, como el municipio más densamente poblado de la ZMVT; en segundo lugar, Metepec con cerca de tres mil habitantes y Toluca con casi mil ochocientos habitantes; la densidad de población de la ZMVT llega a 1,127 habitantes por kilómetro cuadrado.

Tabla 2.5. Densidad de población

Municipio	Número de habitantes	Superficie territorial (Km ²)	Densidad (habitante/km ²)
Lerma	105,578	228.64	462
Metepec	206,005	70.43	2,925
Ocoyoacac	54,224	134.71	403
San Mateo Atenco	66,740	12.58	5,306
Toluca	747,512	420.14	1,779
Xonacatlán	45,274	32.87	1,378
Zinacantepec	136,167	309.18	440
Total ZMVT	1'361,500	1,208.55	1,127

Fuente: Cálculos de la DGPCCA.

2.3.2. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SENSIBLE

La susceptibilidad a la exposición de contaminantes del aire varía persona a persona. El riesgo individual está determinado, entre otros, por el estado de nutrición, salud, características genéticas y la edad. En este sentido en personas de 0 a 13 años y de 65 y más, el riesgo es mayor a padecer enfermedades respiratorias a consecuencia de la contaminación atmosférica (Cesar, et. al, 2001) y por tanto se debe tener un especial interés en los programas de gestión de la calidad del aire por sus implicaciones en los sistemas de salud y seguridad social.

A fin de identificar la “población sensible” a continuación se presenta, con base en INEGI (2006) la población de la ZMVT por grandes grupos de edad: grupo A, de 0 a 14 años; grupo B, de 15 a 64 años; y grupo C, de 65 y más años. La población sensible consiste en la suma de los grupos A y C, es decir, niños y adultos mayores. En la tabla 2.6 se muestra que la población más sensible es de 451,009 individuos que representan 33.13% de la población asentada dentro de la ZMVT; esto quiere decir que una tercera parte de su población total es la más susceptible a los efectos de la contaminación atmosférica.

Tabla 2.6. Población por grandes grupos de edad y población sensible

Municipio	Población total	Grupo de edad (años)			N. E.*	Población sensible total y (%)
		A: 0 - 14	B: 15 - 64	C: 65 y más		
Lerma	105,578	33,364	65,866	4,705	1,643	38,069 (36.06)
Metepec	206,005	52,668	135,255	8,127	9,955	60,795 (29.51)
Ocoyoacac	54,224	16,588	34,570	2,466	600	19,054 (35.14)
San Mateo Atenco	66,740	21,632	41,197	2,213	1,698	23,845 (35.73)
Toluca	747,512	213,005	464,010	30,107	40,390	243,112 (32.52)
Xonacatlán	45,274	14,622	28,168	1,803	681	16,425 (36.28)
Zinacantepec	136,167	44,769	83,017	4,940	3,441	49,709 (36.51)
Total ZMVT	1'361,500	396,648	852,083	54,361	58,408	451,009 (33.13)

Fuente: DGPCCA con datos del INEGI (2006).

* N. E.= No especificado.

2.3.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La ZMVT ha presentado una transformación paulatina de las actividades económicas, pasando de ser una economía rural a una economía industrial y de servicios.

Al interior de la metrópoli se aprecia el surgimiento de centros generadores de empleo, destacando el municipio de Lerma en las actividades económicas terciaria y secundaria, San Mateo Atenco en el sector secundario y en el caso de Metepec, este surge como generador predominante de nuevos empleos y servicios en los sectores secundario y terciario compitiendo abiertamente con Toluca.

La base económica de la ZMVT se ha ampliado, tanto en diversidad como en competitividad y tamaño, por lo que se puede decir que cuando menos a mediano plazo mantendrá su nivel y categoría como una de las cinco metrópolis más importantes del país.

Sector económico primario.

Una de las características de la ZMVT es que en las laderas de las montañas y en la planicie la actividad agrícola, en su mayoría es de temporal y en menor proporción de agricultura de riego. Aunado a que el tipo de suelo que predomina es feozem el cual es susceptible a la erosión moderada y alta. Esta situación hace que se presenten con más facilidad problemas de erosión de suelo acarreado como consecuencia la emisión de partículas de origen natural.

Con respecto a la ganadería en la zona de estudio se observa la invasión hacia áreas forestales, en donde se presenta, por un lado la tala de árboles, y por otro, incendios provocados para la quema de pasto y generación de renuevo, beneficiando así el pastoreo de rebaños. Sin embargo dicha actividad afecta la calidad del aire por la emisión de partículas durante la combustión y posteriormente por la erosión del suelo a consecuencia de la pérdida de cubierta vegetal.

Sector económico secundario.

En las actividades del sector secundario interviene la industria manufacturera con 4,291 unidades económicas. En la ZMVT el asentamiento industrial se concentra básicamente en el municipio de Toluca, en donde existen alrededor de 2,297 unidades económicas, lo que representa el 53.53% de la planta industrial de esta metrópoli (véase tabla 2.7).

Tabla 2.7. Número y porcentaje de unidades manufactureras

Municipio	Unidades económicas	Porcentaje
Lerma	289	6.74
Metepec	679	15.82
Ocoyoacac	148	3.45
San Mateo Atenco	500	11.65
Toluca	2,297	53.53
Xonacatlán	75	1.75
Zinacantepec	306	7.13
Total ZMVT	4,291	100.00

Fuente: INEGI (2005).

Entre los giros de la industria manufacturera que destacan por la emisión de contaminantes están: la industria química, metalmeccánica, la industria alimenticia y la textil, las que por sus diferentes procesos representan la principal fuente de emisión de óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno.

En cuanto a la conciencia por el cuidado del medio ambiente y puesta en marcha a soluciones ambientales en procesos de producción, las tendencias industriales internacionales han influido de alguna manera en la estructura industrial asentada en México, su efecto es más claro en empresas grandes y medianas que tienen por lo regular una fuerte vinculación con el mercado mundial y este efecto se va debilitando a medida que el tamaño de la industria decrece, por ser empresas orientadas a la fabricación de bienes intermedios. Aunque cada vez es mayor la cantidad de compañías que tienen una clara la percepción de que el cuidado al medio ambiente les representa una fuente de ahorro y competitividad, la prioridad de afrontar otras necesidades más inmediatas inhibe que sean llevadas a cabo muchas de las soluciones ambientales.

De acuerdo a lo anterior, se puede identificar el segmento de empresas que comprenden las transnacionales o grandes exportadoras, con una alta preocupación por innovar procesos y cumplir con su responsabilidad ambiental, incluso, más allá de lo que la normatividad lo exige; otro segmento de industrias grandes y medianas, en general orientadas al mercado interno que reconocen oportunidades de ahorro y eficiencia a través de la mejora ambiental de sus procesos, pero con recursos escasos para hacerlo; y un tercer segmento integrado por micro y pequeñas empresas, que simplemente carecen de interés o de recursos (SEMARNAP, 2000).

Sector económico terciario.

A partir del Censo Económico 2004 se determinó que en la ZMVT hay 26,525 unidades económicas en el sector comercio y 14,665 en el sector servicio. Con relación al sector comercio, 1,365 unidades se dedican a la actividad al por mayor y 25,160 al por menor. Por otra parte, en el sector servicio, 574 unidades pertenecen al rubro de servicios financieros, inmobiliarios y de alquiler de bienes inmuebles, en tanto que 11,782 unidades al de servicios técnicos, profesionales, personales y sociales.

Cabe mencionar que la mayor parte de los comercios se concentra en los municipios de Toluca, San Mateo Atenco y Metepec, en tanto que la mayor concentración de servicios se presenta en Toluca, Metepec y Zinacantepec.

La importancia de las actividades comerciales y de servicios radica no sólo en su impacto como actividad económica, sino también en los efectos ambientales derivados de sus procesos intrínsecos, por ejemplo, las emisiones a la atmósfera de hidrocarburos por parte de gasolineras, de compuestos orgánicos volátiles y solventes provenientes de tintorerías y casetas de pintura, y de gases de combustión de hoteles, baños públicos y restaurantes, los cuales en su conjunto contribuyen al deterioro de la calidad del aire por la ausencia de sistemas de control de emisiones, o bien, la falta de un sistema de administración ambiental, por ejemplo, para el ahorro de materias primas y energía.

2.3.4. USOS DEL SUELO

El territorio estatal, y en particular, sitios con una gran dinámica de crecimiento como la ZMVT, no se explotan con la misma intensidad ni con los mismos propósitos en toda su superficie. Algunas porciones son modificadas profundamente al ser utilizadas con fines agropecuarios o como asentamientos humanos, otras han permanecido relativamente inalteradas por las actividades antropogénicas.

Desde el punto de vista ambiental, el uso del suelo está muy relacionado con el tema de la sustentabilidad ya que la forma en que cambia la cubierta vegetal determina la persistencia de bosques, pastizales y suelos en el futuro, así como de los recursos que estos proporcionan, asimismo, tiene una serie de implicaciones ecológicas como por ejemplo: la alteración de los ciclos biogeoquímicos, la disminución en recarga de mantos acuíferos, alteraciones en el microclima y la pérdida de hábitat tanto en especies de flora como de fauna y por consiguiente de biodiversidad.

Los usos de suelo en la ZMVT se muestran en la tabla 2.8 donde se puede apreciar que 33.55% comprende uso agropecuario, 35.97% uso forestal, 26.13% uso urbano y 4.35% otros usos. Como se puede observar la ZMVT prácticamente tienen una tercera parte de su territorio destinada a uso urbano, la cual seguirá incrementándose a un ritmo acelerado debido a la transformación de suelo agrícola a suelo habitacional y comercial. En este sentido es conveniente fortalecer las acciones para orientar el crecimiento con los planes municipales de desarrollo urbano y el ordenamiento ecológico, con el fin de establecer claramente y respetar las áreas de reserva forestal y agrícola, recuperar los suelos erosionados y proteger las zonas de recarga de agua.

Tabla 2.8. Usos del suelo

Municipio	Uso del suelo (superficie en hectáreas)				Total
	Agropecuario	Forestal	Urbano ^(a)	Otros ^(b)	
Lerma	6,642.08	8,638.14	4,213.89	3,370.2	2,2864.3
Metepec	1,613.62	23.95	5,282.46	123.26	7,042.28
Ocoyoacac	4,037.24	7,186.75	1,392.90	854.06	13,470.95
San Mateo Atenco	560.39	S/I	697.51	S/I	1,257.90
Toluca	16,893.63	7,801.91	16,498.71	819.26	42,013.51
Xonacatlán	1,574.59	882.44	785.81	43.71	3,286.55
Zinacantepec	9,222.87	18,934.24	2,708.43	52.56	30,918.10
Total ZMVT	40,544.42	43,467.43	31,579.71	5,263.05	107,382.64
Porcentaje	33.55	35.97	26.13	4.35	100.00

Fuente: GEM (2003) planes municipales de desarrollo urbano de cada uno de los 7 municipios.

Nota: (a) Suelo urbano incluye: zona habitacional, comercial y de servicios, industrial y de equipamiento.

(b) Otros incluye: cuerpos de agua, superficie erosionada y minas. S/I = Sin información.

CAPÍTULO III. INVENTARIO DE EMISIONES





CAPÍTULO III. INVENTARIO DE EMISIONES

3.1. CONSUMO ENERGÉTICO

Debido a que los procesos de combustión que se aplican en las diferentes actividades socioeconómicas representan un significativo aporte de contaminantes a la atmósfera, es importante conocer qué combustibles y cuánto se consume de ellos. Asimismo, la forma en que este consumo impacta la calidad del aire tiene una relación directa con el tipo y calidad de los combustibles, así como con el nivel tecnológico de la planta industrial y del parque vehicular.

En la tabla 3.1 se presenta el consumo energético por tipo de combustible en la ZMVT, donde destaca que existe un alto volumen de consumo de gas natural el cual sobrepasa los 92 millones de m³, sin embargo, su aporte energético es de 2.983 petajoules (PJ), lo que representa 8.65%, esto contrasta con el aporte energético de las gasolinas igual a 14.442 PJ, que constituye 45.56% del total del consumo energético.

Tabla 3.1. Consumo energético por tipo de combustible (año 2000)

Tipo de combustible	m ³	Peta-Joule	(%)
Gasolina Magna	447,932	14.442	(41.86)
Gasolina Premium	39,582	1.276	(3.70)
Diesel	168,981	6.089	(17.65)
Gas L.P.	288,220	6.769	(19.62)
Combustóleo	73,143	2.941	(8.52)
Gasóleo	96	0.003	(0.01)
Gas natural	92'287,270	2.983	(8.65)

Fuente: DGPCCA con datos de SEGEM (2005) y SENER (2005).

En la tabla 3.2 se presenta el consumo energético por sector, donde se aprecia claramente que el transporte es el que demanda la mayor cantidad de energía con 63.85%, seguido del sector industrial con 22.20%, mientras que el sector que comprende a los comercios y servicios alcanza 13.96% del total consumido en la zona.

Tabla 3.2. Consumo energético por sector (año 2000)

Sector	Peta-Joule	Porcentaje
Transporte	22.03	63.85
Industria	7.658	22.20
Comercios y servicios	4.815	13.96

Fuente: DGPCCA con datos de SEGEM (2005) y SENER (2005).

En la ZMVT, como se describió anteriormente la gasolina representa la mayor demanda energética. Pero su consumo puede incrementarse debido a factores tales como distancia recorrida, incremento de la flota vehicular, congestión de las vías de comunicación, edad del parque vehicular y tecnología de control de emisiones. Por otro lado, las mejoras que se realicen en la calidad de los combustibles y la incursión de nuevas tecnologías, tanto en los sectores de transporte, de industria, así como de comercios y servicios, repercutirán en la modificación de la calidad del aire en el futuro; por lo que tendrán que considerar tales factores en las políticas ambientales necesarias para prevenir y controlar las emisiones de estas actividades socioeconómicas, dentro de las fuentes de emisión a que correspondan.

3.2. INVENTARIO DE EMISIONES

El inventario de emisiones es una herramienta mediante la cual es posible identificar las principales fuentes emisoras, el tipo y cantidad de contaminantes y su temporalidad, es decir, permite conocer qué y cuánto se emite de contaminantes como resultado de los procesos industriales, la operación de vehículos automotores y otras actividades específicas. Por tanto, el inventario de emisiones es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire, ya que a partir de éste, se pueden establecer políticas y estrategias para el control y reducción de emisiones contaminantes. Los tipos de fuentes emisoras consideradas en el inventario de emisiones consisten principalmente en cuatro grupos:

Fuentes puntuales: corresponden a los establecimientos industriales que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Fuentes de área: son aquellos establecimientos o actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente bajas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera. Este tipo de fuentes incluye a la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicio, por ejemplo, talleres mecánicos, hoteles, tintorerías, panaderías, entre otros.

Fuentes móviles: comprende los vehículos automotores tanto de uso privado como el transporte público de pasajeros y de carga. Cabe aclarar que las aeronaves se incluyeron en las fuentes de área.

Fuentes naturales: son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos que no provienen directamente de actividades humanas. Entre éstas se incluyen las emisiones provenientes de la erosión del suelo ocasionada por el viento (tolvaneras) y de la vegetación, entre otras.

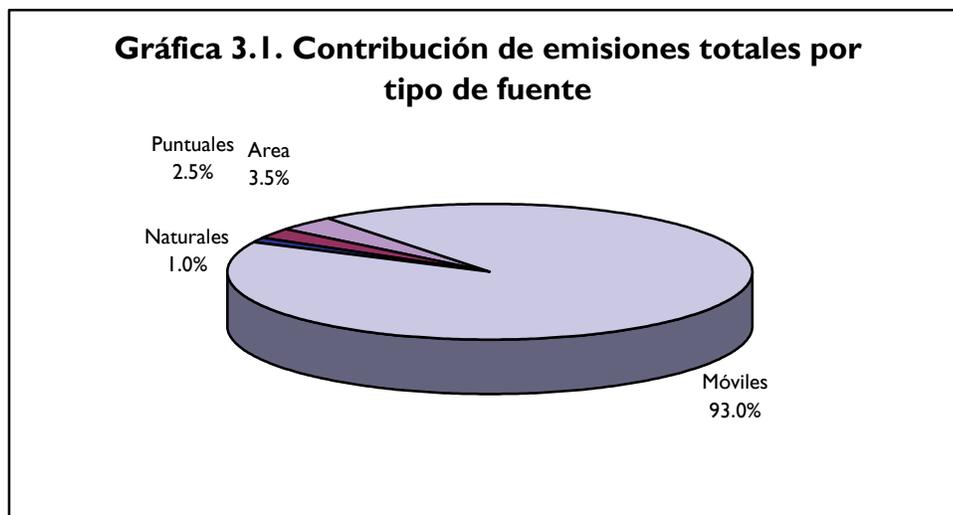
Tomando como referencia el Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, año base 2000 (SEGEM, 2005), en la zona de estudio se emitieron 608,140.4 toneladas a lo largo del año, que por contaminante corresponden 3,654 toneladas a partículas menores a 10 micras (PM_{10}), 12,259.4 toneladas de bióxido de azufre (SO_2), 495,374.6 toneladas de monóxido de carbono (CO), 16,949.2 toneladas de óxidos de nitrógeno (NO_x) y 79,903.2 toneladas de hidrocarburo (HC), véase tabla 3.3.

Tabla 3.3. Emisiones totales por tipo de fuente y por contaminante

Tipo de fuente	Contaminante (toneladas/año)					Total por fuente
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC	
Puntuales	528.1	10,484.7	275.1	1,692.9	2,341.3	15,322.1
Área	141.9	652.9	539.9	462.6	19,543.5	21,340.8
Móviles	778.6	1,121.7	494,559.6	13,775.2	55,069.1	565,304.2
Erosivas	2,205.4	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2,205.4
Vegetación	N. A.	N. A.	N. A.	1,018.4	2,949.3	3,967.7
Total por contaminante	3,654.0	12,259.4	495,374.6	16,949.2	79,903.2	608,140.2

Fuente: SEGEM (2005).
N. A.= No aplica.

En la gráfica 3.1 se muestra el total de emisiones por tipo de fuente expresado en porcentaje, en donde se aprecia que las fuentes móviles participan con el 93.0% del total de las emisiones, seguidas de las fuentes de área con 3.5%, las puntuales con 2.5% y las naturales con 1.0%



Fuente: SEGEM (2005).

Respecto a la participación porcentual por contaminante, en la tabla 3.4 se observa que las fuentes erosivas aportan 21.31% de partículas PM_{10} , el sector industrial aporta 85.52% de bióxido de azufre, el transporte prácticamente emite el 100% de monóxido de carbono y el 81.27% de óxidos de nitrógeno; en conjunto el sector servicios y el transporte aportan 93.38% de hidrocarburos.

Tabla 3.4. Contribución porcentual por contaminante

Tipo de fuente	Contaminante				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC
Puntuales	14.45	85.52	0.06	9.99	2.93
Área	3.88	5.33	0.11	2.73	24.46
Móviles	21.31	9.15	99.84	81.27	68.92
Erosivas	60.36	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Vegetación	N. A.	N. A.	N. A.	6.01	3.69
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: SEGEM (2005).
N. A.= No aplica.

El inventario de emisiones es una herramienta útil desde el punto de vista técnico para la toma de decisiones. En la medida en que se desarrolle lo más desagregado posible, permitirá identificar las fuentes que generan las mayores emisiones y se podrá también evaluar las medidas de control específicas para cada sector en particular. En las tablas 3.5 y 3.6 se presenta el inventario desagregado de la ZMVT, en toneladas por año y en porcentaje en peso de contaminante respectivamente.

**Tabla 3.5. Inventario de emisiones desagregado en ton/año**

Sector	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Fuentes puntuales					
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	50.4	1128.9	66.6	135.3	7.3
Textiles, prendas de vestir e industrias del cuero	9.7	7.1	4.9	26.9	50.9
Papel y productos de papel, imprenta y editores	1.0	37.8	0.4	3.7	37.7
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	442.7	9,288.8	111.6	1,335.5	635.5
Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón	0.2	< 0.1	1.8	14.8	0.2
Industria metal básica	0.6	< 0.1	34.5	8.3	114.0
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	23.6	22.1	55.1	168.0	1,495.6
Otras industrias manufactureras	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0
Subtotal	528.1	10,484.7	275.1	1,692.9	2,341.3
Fuentes de área					
Consumo comercial de solventes	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	5,649.3
Limpieza y desengrase	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2,220.2
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	1,677.5
Recubrimiento de superficies industriales	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	1,578.8
Lavado en seco	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	740.1
Artes gráficas	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	493.4
Panaderías (fermentación)	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	191.2
Pintura automotriz (pintado de carrocerías)	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	169.0
Pintura de tránsito	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	49.3
Distribución de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	97.9
Almacenamiento de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	91.6
Fugas de gas L.P. En uso industrial	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	6.1
Fugas de gas L.P. En uso comercial	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	27.7
Fugas de gas L.P. En uso doméstico	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2,557.7
HCNQ en la combustión industrial de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	337.1
HCNQ en la combustión comercial de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	598.9
HCNQ en la combustión habitacional de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	1,693.3
Distribución y venta de gasolina	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	293.0
Almacenamiento masivo de combustibles líquidos	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	10.9
Operación de aeronaves	N. A.	< 0.1	213.4	50.4	22.8
Rellenos sanitarios	N. A.	N. A.	< 0.1	N. A.	591.3
Aplicación de asfalto	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	9.0
Tratamiento de aguas residuales	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	236.9
Esterilización en hospitales	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.9
Combustión comercial / institucional	3.6	0.2	16.9	124.2	4.4
Combustión habitacional	7.5	0.4	35.4	261.0	9.3
Incendios forestales	8.2	N. E.	74.6	N. E.	6.5
Hornos tabiqueros	122.7	652.3	199.3	27.0	179.2
Subtotal	141.9	652.9	539.9	462.6	19,543.5
Fuentes móviles					
Autos particulares	140.7	304.5	168,497.4	5,470.9	16,419.4
Pick-up	75.9	117.7	243,251.9	6,702.9	33,039.1
Taxis	10.5	16.3	12,616.1	409.6	1,229.4
Camiones de pasajeros	431.4	34.5	69,395.9	976.1	4,179.7
Camiones de carga	119.8	647.8	415.8	197.3	135.3
Motocicletas	0.3	0.9	382.5	18.3	66.1
Subtotal	778.6	1,121.7	494,559.6	13,775.2	55,069.1
Fuentes erosivas					
Áreas erosionadas	51.8	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Áreas agrícolas	2,146.3	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Caminos no pavimentados	7.3	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Subtotal	2,205.4	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Vegetación					
Vegetación forestal	N. A.	N. A.	N. A.	1,018.4	2,949.3
Total	3,654.0	12,259.4	495,374.6	16,949.2	79,903.2

Fuente: SEGEM (2005).

N. E. = No Estimado, N. A. = No Aplica.

Tabla 3.6. Inventario de emisiones desagregado en porcentaje

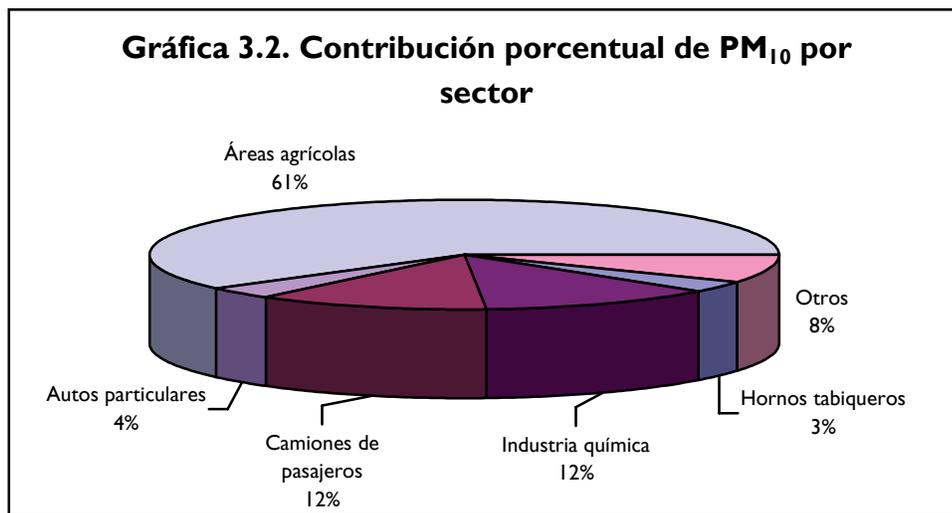
Sector	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Fuentes puntuales					
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1.4	9.2	< 0.1	0.8	< 0.1
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	0.3	0.1	< 0.1	0.2	0.1
Producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales	< 0.1	0.3	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	12.1	75.8	< 0.1	7.9	0.8
Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1
Industrias metálicas básicas	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	0.6	0.2	< 0.1	1.0	1.9
Otras industrias manufactureras	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Subtotal	14.4	85.5	0.1	10.0	2.9
Fuentes de área					
Consumo comercial de solventes	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	7.1
Limpieza y desengrase	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2.8
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2.1
Recubrimiento de superficies industriales	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2.0
Lavado en seco	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.9
Artes gráficas	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.6
Panaderías (fermentación)	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.2
Pintura automotriz (pintado de carrocerías)	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.2
Pintura de tránsito	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.1
Distribución de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.1
Almacenamiento de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.1
Fugas de gas L.P. En uso industrial	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	< 0.1
Fugas de gas L.P. En uso comercial	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	< 0.1
Fugas de gas L.P. En uso doméstico	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	3.2
HCNQ en la combustión industrial de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.4
HCNQ en la combustión comercial de gas. L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.7
HCNQ en la combustión habitacional de gas L.P.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	2.1
Distribución y venta de gasolina	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.4
Almacenamiento masivo de combustibles líquidos	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	< 0.1
Operación de aeronaves	N. A.	< 0.1.	< 0.1	0.3	< 0.1
Rellenos sanitarios	N. A.	N. A.	< 0.1	< 0.1	0.7
Aplicación de asfalto	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	< 0.1
Tratamiento de aguas residuales	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	0.3
Esterilización en hospitales	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	< 0.1
Combustión comercial / institucional	0.1	< 0.1	< 0.1	0.7	< 0.1
Combustión habitacional	0.2	< 0.1	< 0.1	1.5	< 0.1
Incendios forestales	0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Hornos tabiqueros	3.4	5.3	< 0.1	0.2	0.2
Subtotal	3.9	5.3	0.1	2.7	24.5
Fuentes móviles					
Autos particulares	3.9	2.5	34.0	32.3	20.5
Pick-up	2.1	1.0	49.1	39.5	41.3
Taxis	0.3	0.1	2.5	2.4	1.5
Camiones de pasajeros	11.8	0.3	14.0	5.8	5.2
Camiones de carga	3.3	5.3	0.1	1.2	0.2
Motocicletas	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	0.1
Subtotal	21.3	9.2	99.8	81.3	68.9
Fuentes erosivas					
Áreas erosionadas	1.4	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Áreas agrícolas	58.7	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Caminos no pavimentados	0.2	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Subtotal	60.4	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
Vegetación					
Vegetación forestal	N. A.	N. A.	N. A.	6.0	3.7
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: SEGEM (2005).

HC = Hidrocarburos, N. E. = No Estimado, N. A. = No Aplica.

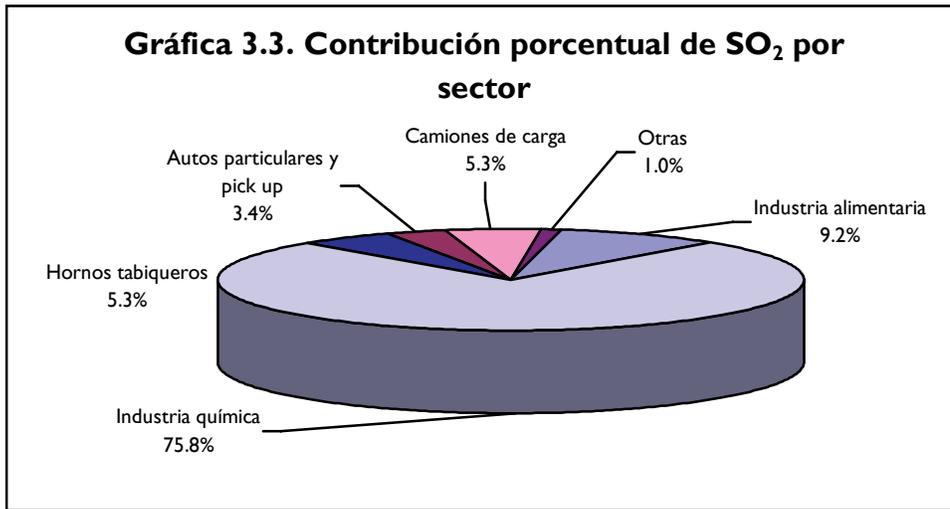
3.2.1. EMISIONES POR CONTAMINANTE

Al hacer el recuento de la participación de las fuentes que integran el inventario de emisiones, se observa que en cuanto a la contribución de las partículas PM_{10} , provenientes de áreas agrícolas aportan el 60.5% respecto al total, los camiones de pasajeros y los autos particulares el 15.7%, la industria química el 12.2%, los hornos tabiqueros el 3.4% y el 8.2% restante es emitido por otros sectores de las fuentes puntuales, de área y móviles. En la gráfica 3.2 se presentan los principales sectores emisores de partículas PM_{10} .



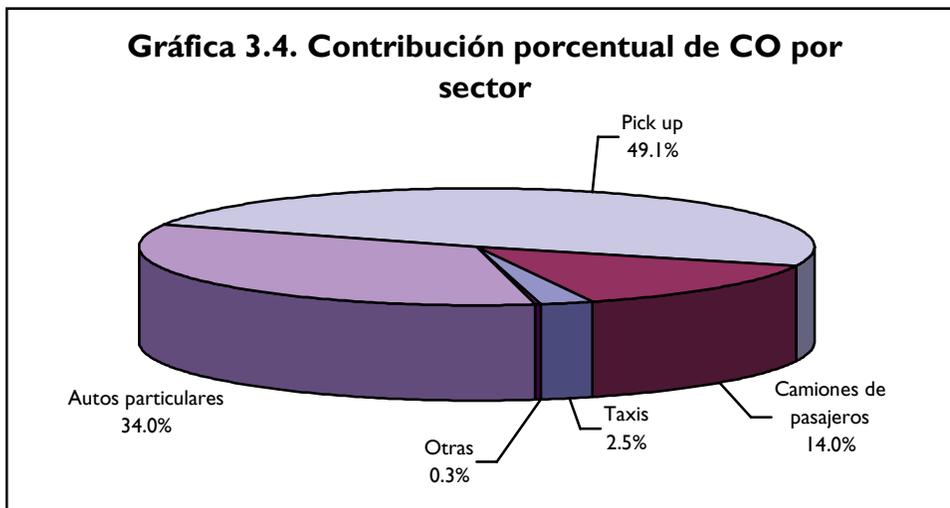
Fuente: SEGEM (2005).

Respecto al bióxido de azufre (SO_2) las principales fuentes emisoras son las puntuales y de ellas principalmente la industria química y la alimentaria, las cuales aportan el 85%; le siguen en importancia, las fuentes móviles, considerando de éstas los camiones de carga, camionetas tipo pick-up y autos particulares (8.7%) y dentro de las fuentes de áreas están los hornos tabiqueros (5.3%) los cuales se localizan en un 90% sobre el municipio de Metepec. El resto de las fuentes aporta alrededor del 1%. Cabe resaltar que el uso de combustóleo en la ZMVT por el sector industrial es uno de los factores que contribuyen con las emisiones de este contaminante. En la gráfica 3.3 se presentan las principales fuentes emisoras de SO_2 .



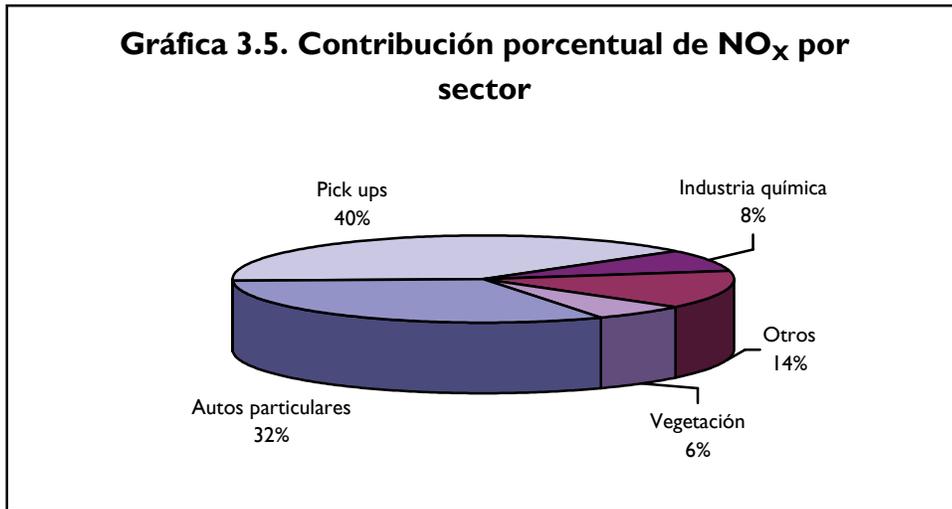
Fuente: SEGEM (2005).

El 99% del monóxido de carbono (CO), prácticamente el total, es emitido por las fuentes móviles, en especial, por los vehículos particulares y las camionetas tipo pick-up. En la gráfica 3.4 se muestran los principales sectores emisores de CO.



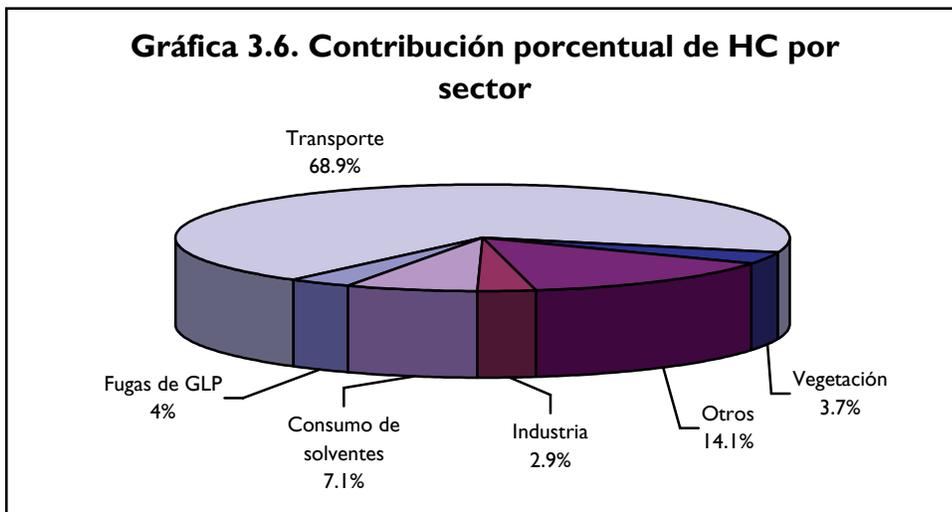
Fuente: SEGEM (2005).

Las principales fuentes emisoras de óxidos de nitrógeno (NO_x), corresponden a las móviles, y de éstas a los automóviles particulares y a las camionetas tipo pick-up, que aportan en conjunto el 71.8% de este contaminante, con un 7.9% le sigue en importancia las fuentes puntuales dedicadas a la producción de productos químicos y artículos de plástico, así como las emisiones provenientes de las actividades fotoquímicas de la vegetación (6%), mientras que el resto de las fuentes aportan el 14.3%. En la gráfica 3.5 se muestran los principales sectores que emiten NO_x.



Fuente: SEGEM (2005).

El 68.9% de los hidrocarburos (HC) lo emiten las fuentes móviles principalmente los automóviles particulares y las camionetas pick-up. Dentro de las fuentes de área, los principales contribuyentes de este contaminante son el consumo de solventes y las fugas de gas L.P. quienes aportan el 11.1%, mientras que las fuentes puntuales aportan el 2.9%. También destacan las fuentes naturales por procesos fotoquímicos de la vegetación, correspondiéndole el 3.7% a las fuentes biogénicas; el resto de las actividades aportan el 14.1%. Al igual que los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos, son precursores de ozono. En la gráfica 3.6 se muestran los sectores que emiten HC.

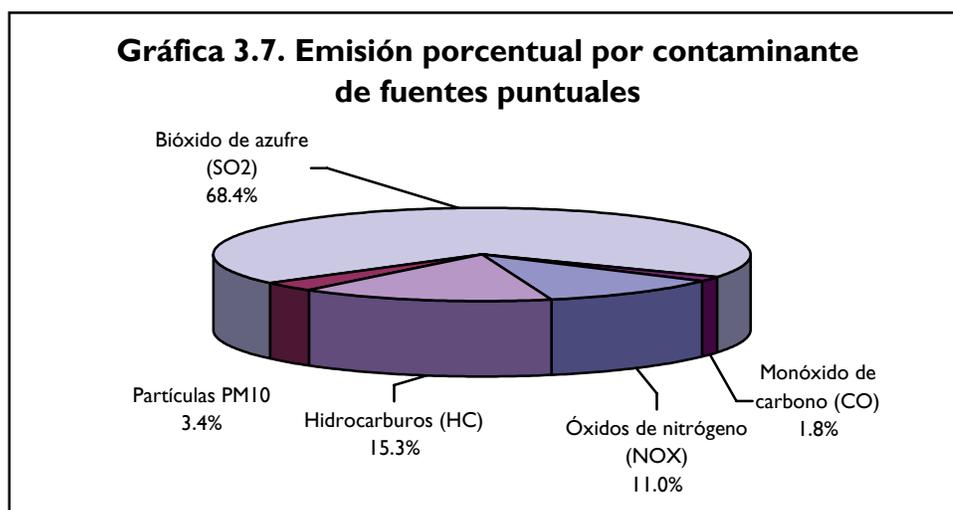


Fuente: SEGEM (2005).

3.2.2. EMISIONES POR TIPO DE FUENTE

Fuentes puntuales (industria).

Las fuentes puntuales emitieron en total 15,322.1 toneladas al año de contaminantes a la atmósfera, de las cuales el 3.4% corresponden a partículas PM_{10} , el 68.4% a bióxido de azufre (SO_2), el 1.8% a monóxido de carbono (CO), el 11% a óxidos de nitrógeno (NO_x) y el 15.3% a hidrocarburos (HC). Véase gráfica 3.7.



Fuente: SEGEM (2005).

En la tabla 3.7 se presentan las emisiones de cada subsector industrial.

Tabla 3.7. Inventario de emisiones de fuentes puntuales

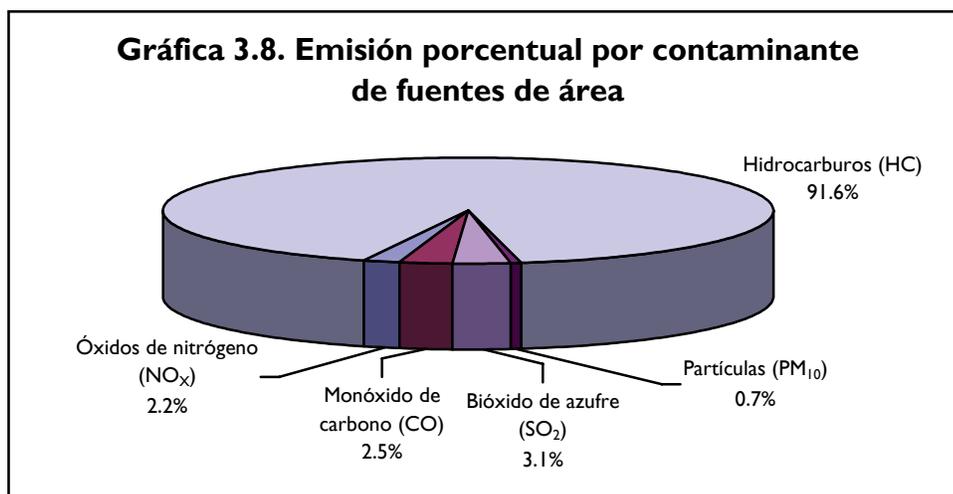
Subsectores de la industria manufacturera	Ton/año				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	50.4	1,128.9	66.6	135.3	7.3
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	9.7	7.1	4.9	26.9	50.9
Producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales	1.0	37.8	0.4	3.7	37.7
Sustancias químicas y artículos de plástico y hule	442.7	9,288.8	111.6	1,335.5	635.5
Productos minerales no metálicos	0.2	< 0.1	1.8	14.8	0.2
Industrias metálicas básicas	0.6	< 0.1	34.5	8.3	114.0
Productos metálicos, maquinaria y equipo	23.6	22.1	55.1	168.0	1,495.6
Otras industrias manufactureras	< 0.1	< 0.1	0.2	0.4	< 0.1
Total	528.1	10,484.7	275.1	1,692.9	2,341.3

Fuente: SEGEM (2005).

Como se puede apreciar el subsector de sustancias químicas y artículos de plástico y de hule, es el que más contribuye con las emisiones de PM_{10} , SO_2 , CO y NO_x ; en segundo orden de importancia está el subsector de alimentos, bebidas y tabaco. Las emisiones de HC provienen principalmente de la manufactura de productos metálicos, maquinaria y equipo; cabe destacar que estos son los subsectores con mayor número de establecimientos industriales asentados en la zona de estudio.

Fuentes de área (comercios y servicios).

Las fuentes de área de la ZMVT emiten 21,340.8 toneladas al año de contaminantes a la atmósfera, de las cuales el 91.6% corresponden a hidrocarburos (HC), el 3.1% a bióxido de azufre (SO_2), el 2.5% a monóxido de carbono (CO), el 2.2% a óxidos de nitrógeno (NO_x) y el 0.7% a partículas PM_{10} (Véase gráfica 3.8).



Fuente: SEGEM (2005).

El grupo “servicios y uso de productos con solventes” incluye las actividades emisoras de hidrocarburos más importantes, destacando el consumo comercial de solventes (29%), la limpieza y desengrase (11%), el recubrimiento de superficies arquitectónicas (9%) y el recubrimiento de superficies industriales (8%). En menor escala, el lavado en seco, las artes gráficas, el pintado de carrocerías y la pintura de tránsito, en conjunto, aportan el 9% de las emisiones de HC. El uso de productos con solventes se refiere a todas las operaciones en las que se utilizan adelgazantes, tintes, pinturas, removedores, propelentes, fijadores y desengrasantes.

Respecto al grupo “fugas y evaporación de combustibles” al igual que el anterior, es el principal emisor de hidrocarburos. Las fugas de gas L.P. en uso doméstico y los hidrocarburos no quemados (HCNQ) en la combustión habitacional de este mismo combustible aportan el 13% y 9% de los HC, respectivamente. En segundo lugar están los HCNQ de la

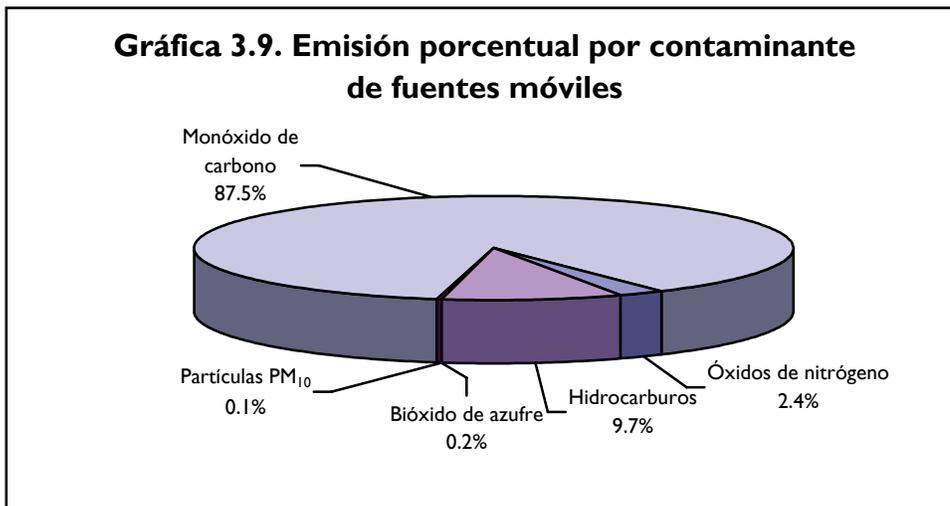
combustión de uso industrial y comercial, que en conjunto aportan el 5%; y en menor escala está la distribución de gas L.P. y la distribución y venta de gasolina, con el 1% cada uno.

Dentro de las fuentes de área se consideró la operación de aeronaves realizada en el aeropuerto internacional de la Ciudad de Toluca “Adolfo López Mateos” que corresponden al grupo de “fuentes móviles no carreteras”. Esta actividad contribuye principalmente con el 39% del CO y el 11% de los NO_x de las fuentes de área.

El grupo de “incendios, la combustión y los servicios públicos” es el principal emisor de partículas PM₁₀, SO₂, CO y NO_x. Dentro de las actividades que conforman este grupo destaca la producción artesanal de tabique rojo, la cual es responsable del 89% de las PM₁₀, del 37% del CO y prácticamente del total de SO₂. Por el contrario, la combustión habitacional y la combustión industrial-comercial son los principales emisores de los NO_x, contribuyendo con el 27% y 56%, respectivamente. Los incendios forestales aportan el 14% de CO y el 6% de las PM₁₀. Los principales emisores de HC en esta categoría son los sitios controlados de disposición final de residuos sólidos municipales y las plantas de tratamiento de aguas residuales, las que aportan el 3% y 1%, respectivamente.

Fuentes móviles (vehículos automotores).

Las fuentes móviles genera anualmente 565,304.2 toneladas de contaminantes, de las cuales 494,559.6 toneladas corresponden a monóxido de carbono (CO), 55,069.1 toneladas a hidrocarburos (HC), 13,775.2 toneladas a óxidos de nitrógeno (NO_x), 1,121.7 toneladas a bióxido de azufre (SO₂) y 778.6 toneladas a partículas menores a 10 micras (PM₁₀). En la gráfica 3.9 se puede apreciar el porcentaje de contaminante generado por estas fuentes.



Fuente: SEGEM (2005).

El análisis por contaminante indica que el sector de camiones de pasajeros emite 431.4 ton/año de PM_{10} , lo que representan el 55.4%. Le siguen en importancia los autos particulares con 140.7 ton/año (18.1%) y los camiones de carga con 119.8 ton/año (15.4%).

Los camiones de carga emiten 647.8 ton/año de SO_2 , lo que representa el 57.8%; le siguen en importancia los autos particulares, con 304.5 ton/año (27.1%) y las camionetas pick-up, con 117.7 ton/año (10.5%). La contribución de los demás vehículos automotores no sobrepasa el 4.6%. Proporcionalmente las pick-up llegan a emitir hasta 8 veces más que los vehículos particulares, a pesar de que existe un número menor de éstos.

Es importante señalar que a pesar de que el transporte de carga representa menos del 1% del parque vehicular, es más contaminante que los autos particulares, aunque éstos últimos representen el 74% del parque vehicular.

Respecto al CO, son las camionetas pick-up y los vehículos particulares los principales emisores de este gas contaminante. Su contribución porcentual es de 49.2% y 34.1% respectivamente, que sumado al 14% de las emisiones de los camiones de pasajeros, en conjunto aportan el 97.3 % de las emisiones, el resto prácticamente lo aportan los taxis.

El comportamiento de las emisiones de NO_x desde las fuentes móviles indica que el sector de camionetas pick-up genera el 48.7%, los autos particulares el 39.7% y camiones de pasajeros el 7.1%, que en conjunto aportan el 95.5% de este contaminante, mientras que los taxis y los camiones de carga el 4.5% restante.

Dentro del análisis de los HC el 60% proviene del sector camionetas pick-up, el 29.8% de los autos particulares y el 7.6% de los camiones de pasajeros, los cuales contribuyen en su conjunto con el 97.4%. El 2.6% restante es emitido por los taxis, las motocicletas y los camiones de carga. Cabe resaltar que las motocicletas y los camiones de carga a pesar de representar tan solo el 0.8% de la flota vehicular, emiten un porcentaje similar de HC al de autos particulares, asimismo, las pick-up representan el 2.9% de la flota vehicular pero proporcionalmente emiten hasta 55 veces más que los autos particulares.

Parque vehicular.

El parque vehicular de la ZMVT se estimó en 262,250 unidades. Su distribución es la siguiente: los autos particulares representan el 74%; los vehículos o camionetas tipo pick-up el 20.7%; los taxis el 2.9%; los camiones de pasajeros el 1.6%, y en mucho menor proporción, los camiones de carga y motocicletas figuran con menos del 1% (Véase tabla 3.8).

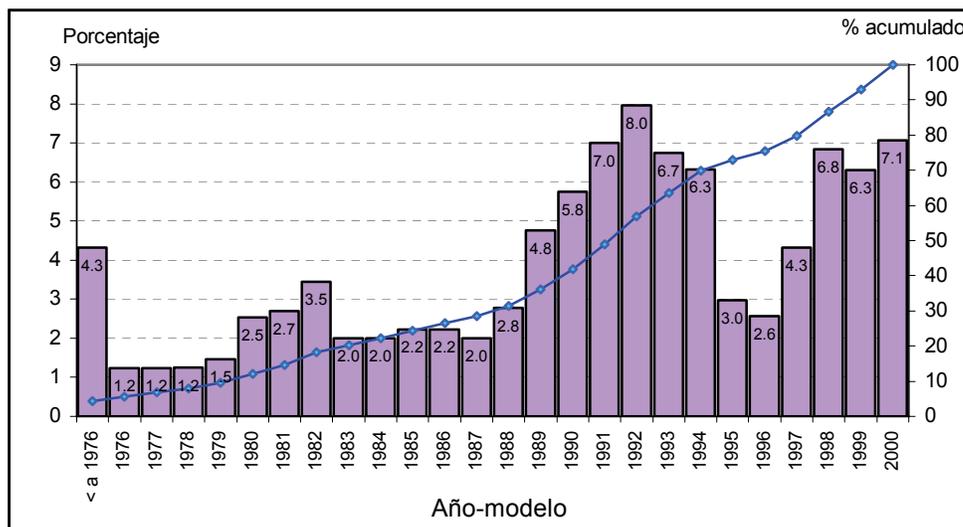
Tabla 3.8. Número y porcentaje de vehículos que conforman el parque vehicular

Tipo de vehículo	Número de unidades	Porcentaje
Autos particulares	194,077	74
Camionetas Pick-up	54,245	2.9
Taxis	7,534	20.7
Camiones de pasajeros	4,255	1.6
Camiones de carga	1,107	0.4
Motocicletas	1,032	0.4
Total	262,250	100.0

Fuente: SEGEM (2005).

En la gráfica 3.10 se muestra que en la ZMVT sólo el 7% del parque vehicular corresponde a vehículos año-modelo 2000, el 51% a vehículos que tienen entre uno y 9 años de antigüedad y cuentan con convertidor catalítico (modelos 1991 a 1999); mientras que el 41.9% tienen más de 9 años y carecen de sistemas de control de emisiones (modelos 1990 y anteriores).

Gráfica 3.10. Distribución porcentual del parque vehicular por año modelo

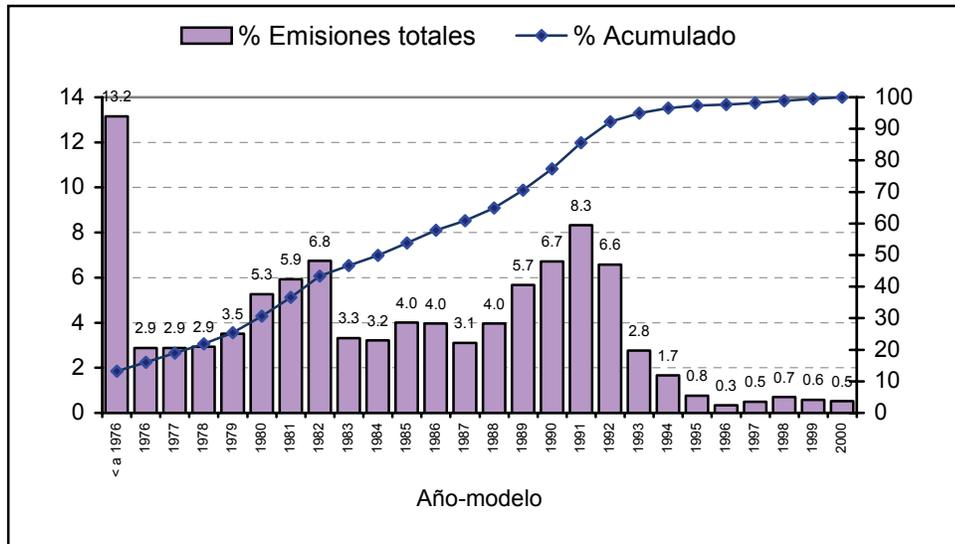


Fuente: SEGEM (2005).

Al tomar en cuenta la contribución de las emisiones totales por vehículo año-modelo, se observa que aquellos con más de 10 años de antigüedad, es decir 1989 y anteriores, aportan el 70.6% de las emisiones contaminantes; los vehículos entre uno y nueve años, el 28.9% y los vehículos último modelo apenas el 0.5% (ver gráfica 3.11).



Gráfica 3.11. Contribución porcentual de emisiones totales por vehículo año-modelo



Fuente: SEGEM (2005).

Fuentes erosivas.

El problema en la ZMVT por emisiones de PM_{10} está asociado a suelos que están sujetos a procesos de erosión y campos agrícolas de temporal. Se estima que en la ZMVT se emiten 2,205.4 toneladas al año de partículas PM_{10} , de las cuales los campos agrícolas aportan 2,146.3 ton./año, que representa el 97% del total.

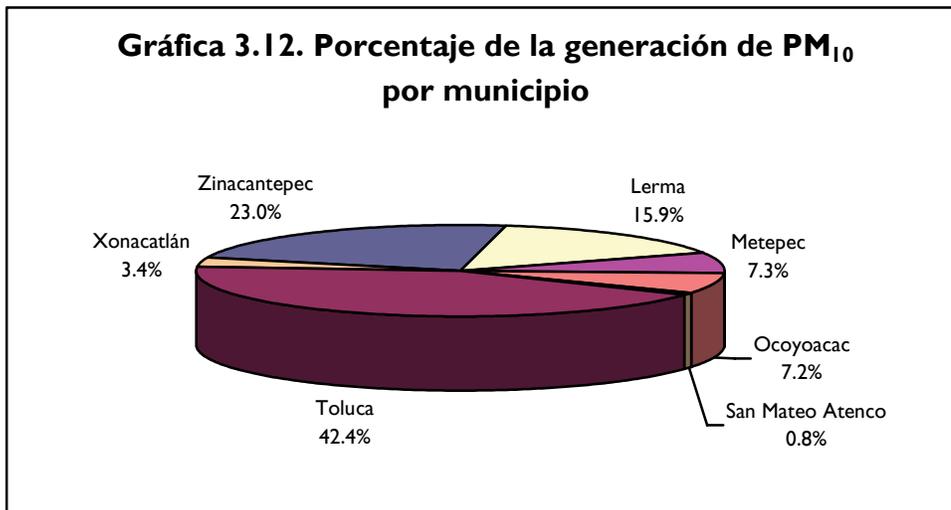
En la tabla 3.9 se observa que los municipios de Toluca, Zinacantepec y Lerma, son los principales emisores de este contaminante. Asimismo se advierte la importancia de las emisiones provenientes de extensiones de suelos agrícolas y aquellas ocasionadas por la práctica de cultivo realizada en periodo de secas.

Tabla 3.9. Generación de partículas PM_{10} por fuentes erosivas (ton/año)

Municipio	Erosión del suelo	Campos agrícolas	Caminos no pavimentados	Total por municipio
Zinacantepec	7.3	499.4	0.4	507.0
Lerma	2.3	345.4	2.1	349.8
Metepec	0.2	160.2	0.5	160.9
San Mateo Atenco	0.0	17.0	0.1	17.1
Xonacatlán	2.8	71.9	0.5	75.2
Ocoyoacac	0.1	157.8	1.5	159.5
Toluca	39.1	894.7	2.1	935.9
Total por fuente	51.8	2,146.3	7.3	2,205.4

Fuente: SEGEM (2005).

En la gráfica 3.12 se muestra la contribución de PM_{10} por cada uno de los municipios de la ZMVT. Particularmente, los municipios de Toluca y Zinacantepec destacan por su aporte de partículas el cual representa el 65.4% del total, lo que de manera indirecta expresa el grado de deterioro de la cobertura vegetal de las áreas naturales de estos municipios.



Fuente: SEGEM (2005).

Emisiones por la vegetación.

En la ZMVT las emisiones provenientes de la vegetación y de los procesos bacteriológicos del suelo se estiman en 2,949.3 ton/año de hidrocarburos (HC) de las cuales 48% corresponde a monoterpenos, 20% a isopreno y 32% a otros compuestos orgánicos volátiles. Respecto a los óxidos de nitrógeno (NO_x), se emiten 1,018.4 ton/año.

En la tabla 3.10 se presenta el resumen, por municipio, de las emisiones de HC, que incluyen tanto al isopreno, al monoterpeno como COV y los NO_x .

Tabla 3.10. Emisiones provenientes de la vegetación, por municipio (ton/año)

Municipio	Especie de HC			Total de HC	NO_x
	Isopreno	Monoterpeno	COV		
Lerma	184.5	267.8	204.5	656.8	210.5
Metepec	7.6	8.4	9.8	25.8	95.1
Ocoyoacac	279.1	284.6	205.5	769.2	85.4
San Mateo Atenco	2.0	2.1	2.6	6.7	25.5
Toluca	25.5	273.5	162.5	461.5	362.3
Xonacatlán	34.9	38.5	34.6	107.9	11.8
Zinacantepec	53.9	549.7	318.0	921.5	227.7
Total	587.5	1,424.6	937.3	2,949.3	1,018.4

Fuente: SEGEM (2005).

Emisiones durante diferentes temporadas del año.

Temporada cálida-seca (marzo a mayo):

En la temporada cálida-seca se emiten 846.1 toneladas de hidrocarburos, de éstas, 173.6 corresponden a isopreno, 404.5 a monoterpeno y 268 a otros compuestos orgánicos. Respecto a los NO_x se emiten 278.7 ton/año.

Temporada húmeda o de lluvia (junio a octubre):

En la temporada de lluvia se incrementan notablemente las emisiones debido a la presencia de un índice de masa foliar y actividad fotosintética mayor en las especies vegetales. Durante esta temporada se emiten 1,306.6 toneladas de HC, de las cuales 257.4 corresponden a isopreno, 631.2 a monoterpeno y 418 a COV. Asimismo se generan 446.4 toneladas de NO_x.

Temporada fría-seca (noviembre a febrero):

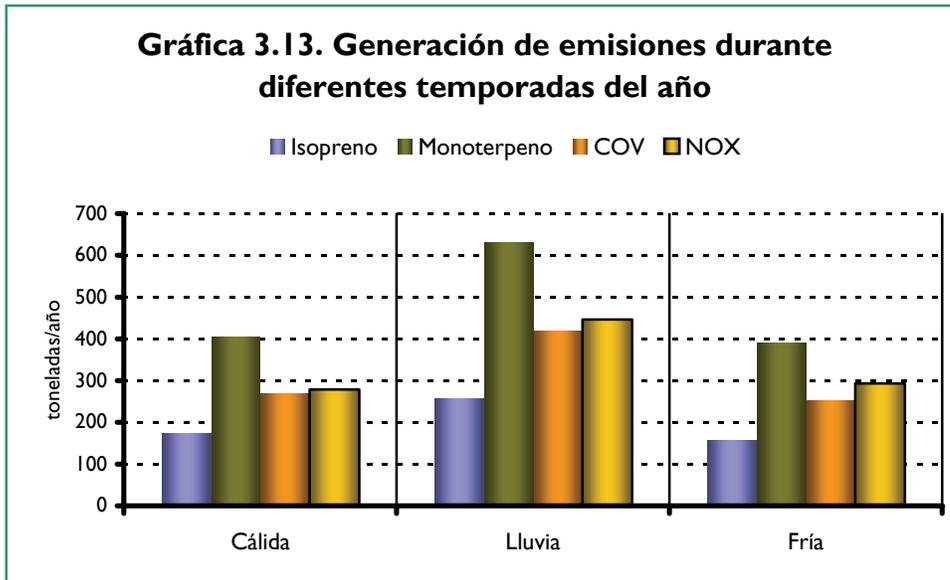
En la temporada fría disminuyen las emisiones debido a la reducción del índice de masa foliar y una menor actividad fotosintética de las especies vegetales. En esta época del año se emiten 796.8 toneladas de HC, de éstas, 156.6 toneladas corresponden a isopreno, 388 toneladas a monoterpeno y 251.2 toneladas a COV. Se generan 293.3 toneladas de NO_x.

Tabla 3.11. Generación de HC y NO_x (toneladas por temporada del año)

Temporada	Especie de HC			Total de HC	NO _x
	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV		
Cálida-seca	173.6	404.5	268.0	846.1	278.7
Húmeda	257.4	631.2	418.0	1,306.6	446.4
Fría-seca	156.6	389.0	251.2	796.8	293.3
Total	587.6	1,424.7	937.2	2,949.5	1,018.4

Fuente: SEGEM (2005).

En la gráfica 3.13 se muestran los incrementos que presentan los HC y los NO_x durante las diferentes épocas del año. En términos generales de la temporada cálida a húmeda, los HC se incrementan en un 54% y los NO_x en un 60%; en tanto que durante la temporada húmeda a la fría, la generación de HC se reduce en un 39% y los NO_x en 34%, así por ejemplo la emisión de monoterpeno pasa de la época cálida a la húmeda de 404.5 toneladas a 631.2 toneladas, disminuyendo en la temporada fría a 388 toneladas. Esta última cantidad de emisión es ligeramente inferior a la generada en la temporada cálida.



Fuente: SEGEM (2005).

Este mismo comportamiento presenta las emisiones de isopreno y COV. En el caso de los NO_x, pasa de la época cálida a la húmeda de 278.7 toneladas a 446.4 toneladas disminuyendo en la temporada fría a 293.3 toneladas. Esta última cantidad de emisión en la temporada fría es ligeramente mayor que en la cálida.

CAPÍTULO IV. CALIDAD DEL AIRE



CAPÍTULO IV. CALIDAD DEL AIRE

El monitoreo atmosférico proporciona información acerca del estado que guarda el recurso aire y representa una herramienta indispensable para las autoridades que administran la gestión de la calidad del aire. La información de una red de monitoreo atmosférico debe ser validada mediante planes y programas de aseguramiento y control de calidad y procesada estadísticamente para la obtención de indicadores que permitan evaluar la calidad del aire en forma espacial y temporal de una zona específica.

En este capítulo se realizan comparaciones contra las normas de calidad del aire y se efectúa el análisis de las tendencias que han presentado los contaminantes criterio en la ZMVT durante los años 2000 al 2005.

4.1. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Los contaminantes criterio son aquellos que fueron identificados como perjudiciales para la salud y bienestar de los seres humanos. El término contaminante criterio se refiere a sustancias que son representativas de las emisiones de contaminantes que se registran en áreas industriales o urbanas; la medición periódica de éstas, sirve para determinar la calidad del aire en una zona y establecer niveles permisibles que protejan la salud y bienestar de una población. El concepto de contaminantes criterio fue adoptado en varios países, incluyendo a México, y comprende principalmente las partículas suspendidas menores a 10 micras (PM_{10}) y menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), el ozono (O_3), el bióxido de azufre (SO_2), el bióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de carbono (CO).

De esta manera, las normas de calidad del aire constituyen el elemento esencial para la evaluación, prevención y control de la contaminación atmosférica, dichas normas establecen los niveles o umbrales de concentración de contaminantes bajo los cuales se considera que no se presentan impactos adversos y significativos en la salud de la población. En México, el gobierno federal, por conducto de la Secretaría de Salud, es quién establece los límites permisibles de concentración de contaminantes a través de las Normas Oficiales Mexicanas. Los valores normados establecidos para los contaminantes criterio en el territorio nacional se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Normas de calidad del aire

Contaminante	Valores límite			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio	
PM ₁₀	150 µg/m ³ (24 horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ Promedio aritmético anual	NOM-025-SSA I-1993 ^(a)
PM ₁₀	120 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	50 µg/m ³ Ppromedio aritmético anual	Modificación a la NOM-025-SSA I-1993 (DOF, 2005) ^(b)
PM _{2.5}	65 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	15 µg/m ³ Ppromedio aritmético anual	
O ₃	0.11 ppm ó 216 µg/m ³ (1 hora)	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA I-1993 (DOF, 2002)
	0.08 ppm (8 horas)	4 veces al año	-	
CO	11 ppm ó 12,595 µg/m ³ (8 horas)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA I-1993 (DOF, 1994)
SO ₂	0.13 ppm ó 341 µg/m ³ (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm Promedio aritmético anual	NOM-022-SSA I-1993 (DOF, 1994)
NO ₂	0.21 ppm ó 395 µg/m ³ (1 hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA I-1993 (DOF, 1994)

Nota: (a) Referencia para el análisis del presente capítulo.
(b) Norma actual

4.2 MONITOREO ATMOSFÉRICO

La ZMVT cuenta con la infraestructura necesaria para la medición, registro y procesamiento de los datos de calidad del aire y los parámetros meteorológicos básicos que influyen en la dispersión, transporte, transformación y deposición de los contaminantes del aire.

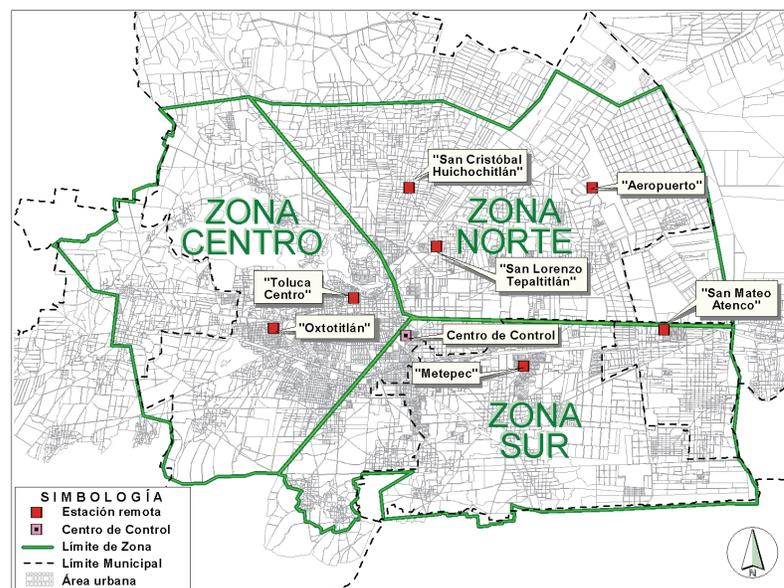
La Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (RAMA-ZMVT) es operada por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, a través de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

En general la operación de la RAMA-ZMVT está orientada al logro de los siguientes objetivos:

- Determinar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de calidad de aire;
- Compilar los registros históricos de los datos de calidad del aire y evaluar las tendencias de los contaminantes del aire en forma espacial y temporal;
- Vigilar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos las 24 horas del día e informar a la población sobre los niveles de contaminación del aire; y
- Evaluar el impacto de las medidas y acciones de prevención y control contenidas en los programas de gestión de calidad del aire.

La RAMA-ZMVT consta de un Centro de Control y siete estaciones remotas de monitoreo distribuidas en la metrópoli, asimismo, está integrada por tres subsistemas operativos: 1) Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA); 2) Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA) y 3) Red Meteorológica (RETMET). Adicionalmente cuenta con una Unidad Móvil de monitoreo. En la figura 4.1 se ilustra la localización espacial de las estaciones y su distribución por zonas de monitoreo de calidad del aire dentro del área urbana.

Figura 4.1 Localización de las estaciones y zonas de monitoreo que conforman la RAMA-ZMVT



En la tabla 4.2 se presenta la ubicación, nombre y clave de identificación de cada una de las siete estaciones remotas dentro de las zonas de monitoreo de la calidad del aire, definidas como: norte, centro y sur.

Tabla 4.2. Ubicación e identificación de las estaciones de monitoreo de la RAMA-ZMVT

Zona	Ubicación	Estación	Clave
Norte	Centro Nacional de Capacitación y Adiestramiento de la Cruz Roja Mexicana, Boulevard Miguel Alemán s/n, Toluca.	Aeropuerto	AER
	Escuela Primaria Manuel Hinojosa Gíles, calle Guadalupe Victoria, antiguo camino a la Magdalena, Col. San Cristóbal Huichochitlán, Toluca.	San Cristóbal Huichochitlán	SCH
	Escuela Secundaria José Vasconcelos, Av. Independencia No. 14, Col. San Lorenzo Tepaltitlán, Toluca.	San Lorenzo Tepaltitlán	SLT
Centro	Escuela Primaria Carmen Serdán, calle Lago Caimanero esq. Laguna de la Asunción, Col. Nueva Oxtotitlán, Toluca.	Oxtotitlán	OXT
	Plaza España, Av. Juárez Norte esq. Santos Degollado, Toluca Centro, Toluca.	Toluca Centro	TOL
Sur	Av. Metepec esq. Manzana, Col. Izcalli Cuauhtémoc V, Metepec.	Metepec	MET
	Av. Hacienda de Tres Marías s/n, Fracc. Santa Elena, San Mateo Atenco.	San Mateo Atenco	SMA

Fuente: RAMA-ZMVT.

La infraestructura de monitoreo para la evaluación de las concentraciones de los contaminantes criterio y variables meteorológicas se presenta en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Parámetros que miden las estaciones de monitoreo

Contaminante	Clave de estaciones de monitoreo						
	AER	SCH	SLT	OXT	TOL	MET	SMA
Partículas suspendidas totales (PST)	•		•		•	•	•
Partículas menores a 10 micras (PM ₁₀)	•	•	•	•	•	•	•
Ozono (O ₃)	•	•	•	•	•	•	•
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	•	•	•	•	•	•	•
Bióxido de azufre (SO ₂)	•	•	•	•	•	•	•
Monóxido de carbono (CO)			•	•	•	•	
Meteorología							
Velocidad de viento	•	•	•	•	•	•	•
Dirección de viento	•	•	•	•	•	•	•
Humedad relativa	•	•	•	•	•	•	•
Temperatura	•	•	•	•	•	•	•
Presión atmosférica			•		•		•
Precipitación			•		•		•
Radiación solar			•		•		•

Fuente: RAMA-ZMVT.

En los siguientes apartados se efectúa un análisis general de los aspectos relacionados con el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, y la evaluación del comportamiento y tendencias de los contaminantes criterio.

4.3. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO

En términos generales, en la ZMVT se presentan problemas de calidad del aire relevantes en lo referente a las PM_{10} y el O_3 , para el caso del NO_2 se ha registrado excedencias en forma esporádica, mientras que el SO_2 como el CO no han presentado valores fuera de la norma durante dicho periodo.

Para la comparación de las concentraciones de cada contaminante, los indicadores usados en cada caso fueron los siguientes:

Para el SO_2 y las PM_{10} , se emplearon las concentraciones promedio en 24 horas y el promedio aritmético anual para comparación contra los valores normativos correspondientes. Para el O_3 y el NO_2 se usaron las concentraciones máximas horarias de cada sitio de monitoreo, mientras que para el CO y el nuevo criterio para el O_3 , se emplearon los promedios móviles en 8 horas de las concentraciones máximas diarias en cada estación de monitoreo.

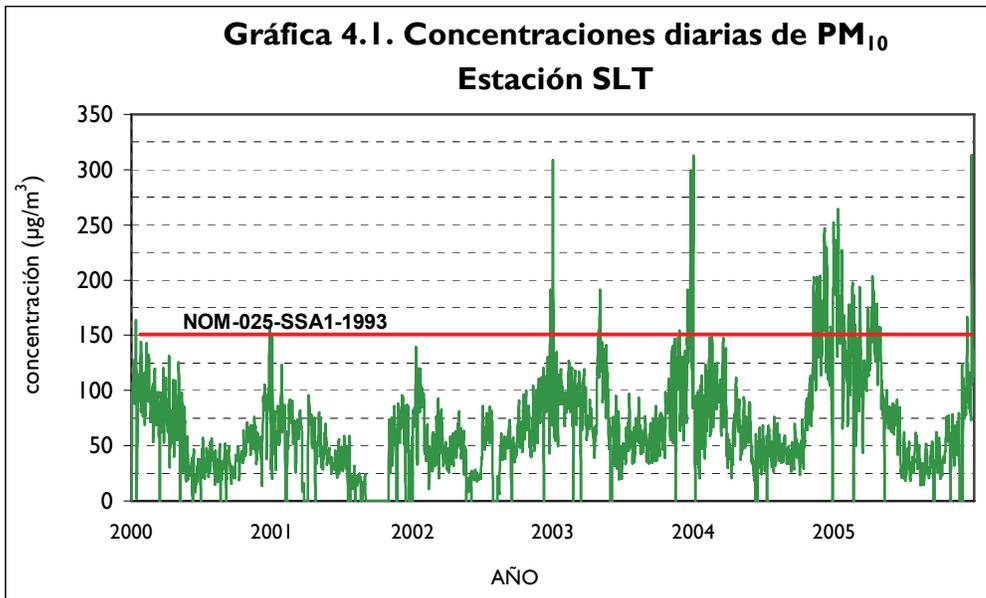
A continuación se efectúa la comparación contra las normas de calidad del aire y se describe el comportamiento de las concentraciones de los cinco contaminantes criterio, durante el periodo 2000 al 2005.

4.3.1. PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM_{10}

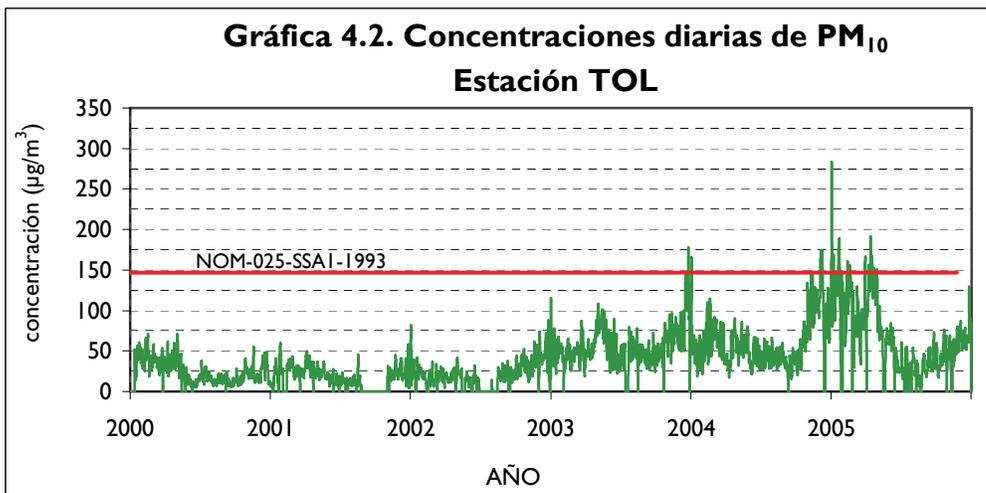
La evolución del comportamiento de este contaminante permite situarlo como el primero en importancia en la ZMVT por sus frecuentes rebases a los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana de protección a la salud y una tendencia creciente de los valores de concentración registrados durante los últimos años. Por tal motivo, para fines del presente análisis se juzgó conveniente efectuar tanto la confrontación contra la norma como el análisis de las tendencias a partir de los datos registrados en las estaciones San Lorenzo Tepaltitlán (SLT), Toluca Centro (TOL) y Metepec (MET) mismas que se consideran representativas de las tres zonas de monitoreo de la calidad del aire.

Es importante señalar que para el análisis de este contaminante se consideró el valor normado de $150 \mu g/m^3$ promedio de 24 horas, anterior a la modificación de la NOM-025-SSA1-1993 con la finalidad de utilizar un criterio homogéneo durante el periodo de estudio, además, que la vigencia de los nuevos valores era aplicable hasta el segundo trimestre del 2006 toda vez que en la norma se establece un plazo para su aplicación de 180 días a partir de su publicación.

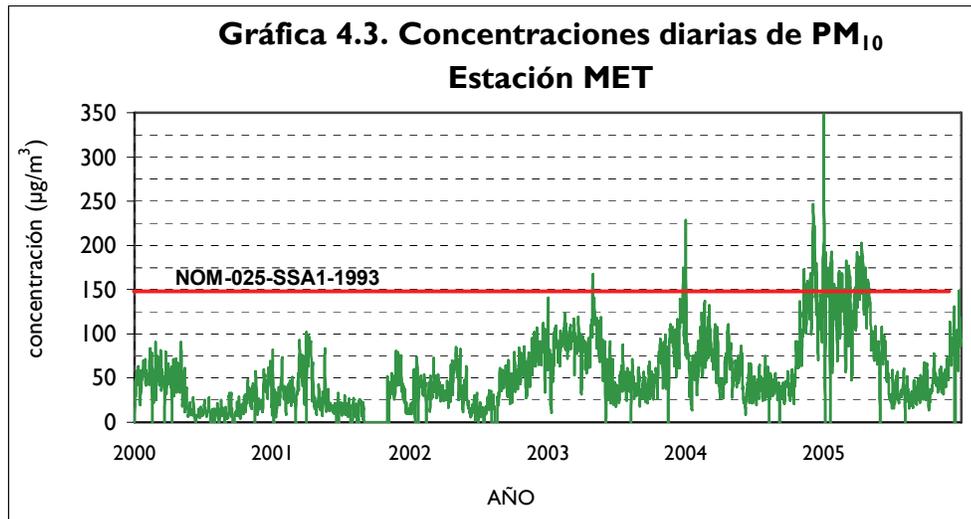
Como una forma de ilustrar la evolución temporal de este contaminante, en las gráficas 4.1, 4.2 y 4.3 se presentan las concentraciones diarias de PM_{10} registradas por cada una de las tres estación de monitoreo durante el periodo 2000 al 2005. Se aprecia que a partir del 2003 se comienzan a presentar violaciones a la norma, e incluso, algunos valores duplican el límite establecido de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio de 24 horas. También se muestra que a lo largo de los años las concentraciones máximas se presentan durante la época seca.



Fuente: RAMA-ZMVT.



Fuente: RAMA-ZMVT.



Fuente: RAMA-ZMVT.

En la tabla 4.4 se presentan tanto el número de excedencias registradas en cada estación como los valores máximos por año.

Tabla 4.4. Número de excedencias por estación y valores máximos de PM₁₀

Año	Número de días fuera de norma por estación				Concentraciones máximas (µg/m ³)		
	SLT	TOL	MET	Total	SLT	TOL	MET
2000	2	0	0	2	163	71	90
2001	0	0	0	0	150	60	101
2002	1	0	0	1	191	88	112
2003	9	1	3	13	309	178	175
2004	29	5	25	59	313	177	246
2005	48	19	47	114	313	282	346

Fuente: RAMA-ZMVT.

En la estación SLT, del 2000 al 2002, se excedió la norma en tres ocasiones. A partir de 2003 inició un incremento sustancial del número de días fuera de norma, pasando de 9 en ese año, a 48 en 2005. Las concentraciones máximas reportadas en esta estación ocurrieron en 2004 y 2005 con una concentración de 313 µg/m³ en ambos años.

Para la estación TOL los registros indican que del 2000 al 2002 no hubo excedencias a la norma. En 2003 la norma fue rebasada solamente en una ocasión. Posteriormente, en 2004 se presentaron 5 excedencias y en 2005 el número de días en que se rebasó la norma diaria se incrementó hasta 19. En ese año también se registró la concentración máxima con valor de 282 µg/m³.

En la estación MET no se presentaron excedencias a la norma de 24 horas durante los años 2000 al 2002. Sin embargo, a partir de 2003 se registraron tres excedencias, y en los años subsecuentes las violaciones a la norma aumentaron significativamente: 25 rebases en 2004 y 47 en 2005. La máxima concentración en esta estación se registró en 2005 con valor de 346 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En lo relativo a los promedios anuales registrados en estas tres estaciones, la tabla 4.5 muestra los valores correspondientes comparados contra el valor normado de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cabe recordar que este valor está orientado a la prevención de los efectos derivados por la exposición crónica.

Tabla 4.5. Comparación contra la norma anual por estación

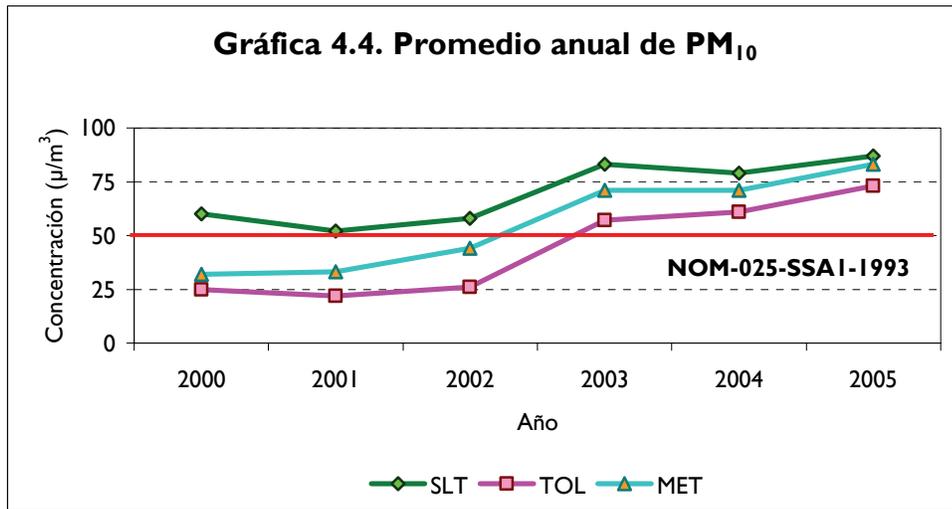
Año	Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Norma Anual
	SLT	TOL	MET	
2000	60	25	32	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio aritmético anual)
2001	52	22	33	
2002	58	26	44	
2003	83	57	71	
2004	79	61	71	
2005	87	73	83	

Fuente: RAMA-ZMVT.

Como se puede observar en la gráfica 4.4, la estación SLT rebasó la norma anual para este contaminante durante todo el periodo de análisis, siendo 2005 cuando se registró el valor máximo con una concentración promedio de 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa 74% por arriba del valor permisible.

En el caso de la estación TOL las concentraciones promedio anuales de PM_{10} cumplieron satisfactoriamente la norma durante 2000 a 2002, mientras que en 2003 se excedió la norma en 14% y durante 2004 y 2005 los promedios anuales superaron el valor permisible de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 22% y 46% respectivamente.

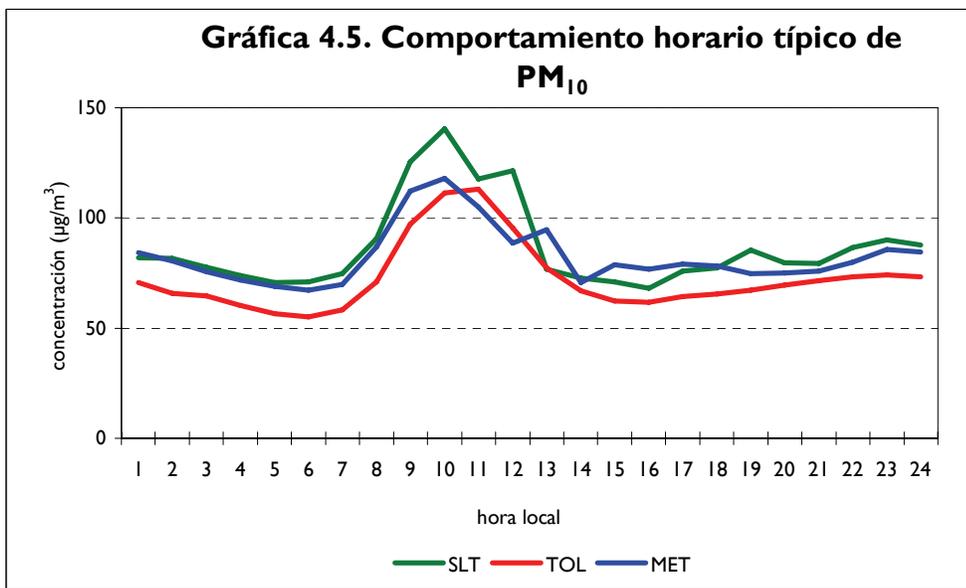
Finalmente, los registros en la estación MET indican que durante 2000 al 2002 se cumplió la norma anual pero a partir de 2003 ésta se ha rebasado con valores promedio anuales ente 71 y 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Comportamiento de las PM_{10} durante el día.

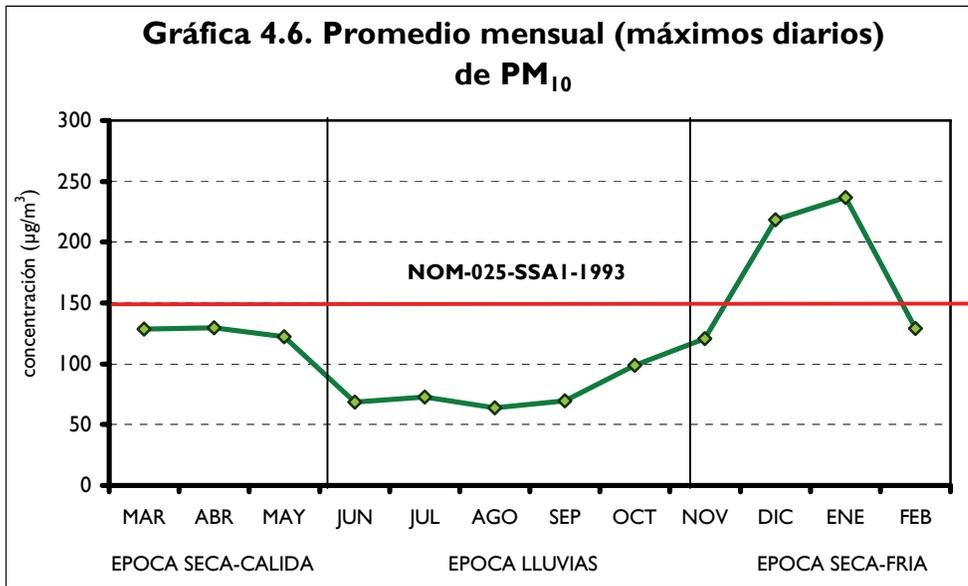
En la gráfica 4.5 se muestra el comportamiento típico de las concentraciones de las PM_{10} a partir de los valores promedio horarios registrados en las tres estaciones de referencia. Se observa que las concentraciones más altas ocurren entre las 8:00 y hasta las 12:00 horas del día lo cual es atribuible a la mayor intensidad de actividades antropogénicas, posteriormente durante la tarde y noche las concentraciones mantienen niveles más bajos relativamente estables y decaen ligeramente durante la madrugada.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Del análisis de las gráficas y tablas presentadas en las secciones anteriores, puede concluirse que desde un punto de vista espacial la zona norte de la ZMVT es la más crítica en lo concerniente a las altas concentraciones registradas de PM_{10} , mientras que la zona sur se encuentra en segundo lugar de importancia.

Para expresar la variación estacional de las concentraciones de PM_{10} a lo largo del año, en la gráfica 4.6 se presentan los promedios mensuales a partir de los máximos diarios registrados en las tres estaciones de monitoreo seleccionadas durante el periodo de referencia.



Fuente: RAMA-ZMVT.

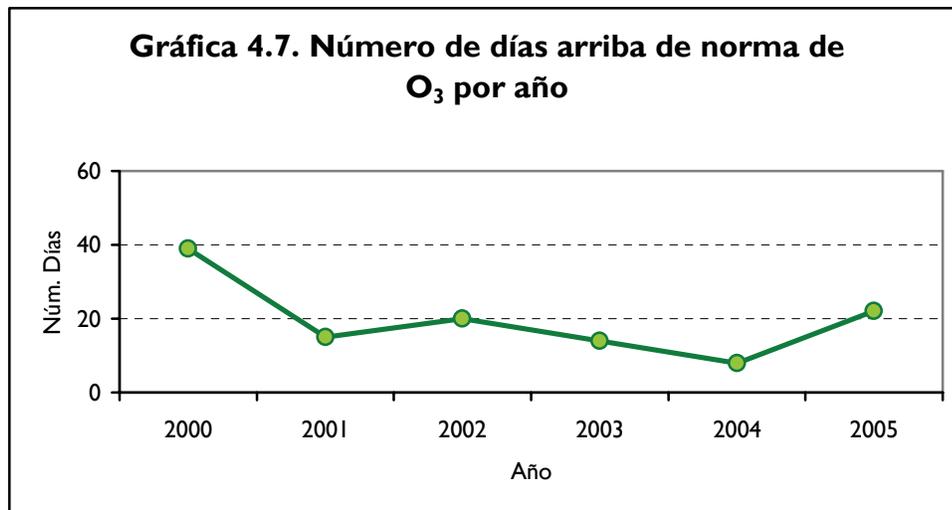
En esta gráfica se aprecia claramente que las mayores concentraciones se registran durante la época seca-fría del año, cuando las condiciones de temperatura y estabilidad atmosférica son desfavorables para la dispersión de los contaminantes, posteriormente durante la época seca-cálida, se registran las concentraciones intermedias comúnmente influenciadas por eventos de resuspensión eólica por la presencia de vientos de mayor intensidad durante los meses de febrero y marzo. Mientras que en la época de lluvias los niveles de partículas se abaten favorablemente como consecuencia del lavado atmosférico implícito a las frecuentes precipitaciones pluviales que tienen lugar durante los meses de junio a octubre.



4.3.2. OZONO

El O₃ es el segundo contaminante en importancia de la ZMVT en lo relativo al número de días en que se rebasa la norma horaria, la cual establece un valor promedio de 0.11 ppm en una hora. Al respecto, es importante señalar que hasta antes de la modificación se establecía una máximo de excedencias de la norma de una vez por año mientras que en la norma vigente no se permite ni una excedencia al año.

En la gráfica 4.7 y en la tabla 4.6 se indica el número de días en que se rebasó la norma durante el periodo 2000 al 2005. Adicionalmente en la misma tabla se incluyen las concentraciones máximas horarias registradas en cada año.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Tabla 4.6. Valores máximos de O₃ por año

Año	Concentración máxima (ppm)	Número de días fuera de norma
2000	0.148	39
2001	0.144	15
2002	0.136	20
2003	0.150	14
2004	0.123	8
2005	0.131	22

Fuente: RAMA-ZMVT.

Como puede observarse, en el 2000 se presentó el mayor número de excedencias con un total de 39, registrándose también en ese mismo año la concentración más elevada (máximo maximorum) con valor de 0.148 ppm. Sin embargo, de 2001 a 2004 se registró un decremento en el número de eventos fuera de norma, el cual osciló entre 20 y 8 ocasiones, siendo 2004 el mejor año para este parámetro.

Posteriormente en 2005, se presentó un incremento nuevamente a 22 días en que se excedió el criterio de calidad del aire.

Comparación contra la norma de 8 horas.

A partir de 2002 la norma NOM-020-SSA1-1993 fue modificada, estableciéndose un criterio de calidad del aire de 0.080 ppm de O₃ para periodos de 8 horas cuya comparación debe efectuarse a través de los máximos diarios obtenidos con el máximo promedio móvil obtenido por cada estación de monitoreo. Teniendo un criterio de cumplimiento de que el valor del quinto máximo sea igual o menor a 0.080 ppm que equivale a permitir un máximo de cuatro valores superiores al criterio durante el año.

En la tabla 4.7 se presenta la relación de valores mayores a 0.080 ppm registrados en las siete estaciones de monitoreo de la RAMA-ZMVT.

Tabla 4.7. Número de registros mayores a 0.080 ppm de O₃ por estación

Año	Zona norte			Zona centro		Zona sur	
	AER	SCH	SLT	OXT	TOL	MET	SMA
2000	26	0	14	0	8	24	47
2001	0	1	1	0	2	10	13
2002	0	22	3	3	0	23	3
2003	7	6	3	8	0	9	0
2004	2	0	3	0	0	9	8
2005	17	17	19	2	2	23	26

Fuente: RAMA-ZMVT.

Los registros de valores mayores al criterio de 8 horas de O₃ indican que en la zona sur ocurre la mayor frecuencia de excedencias a la norma, siendo 2000 el año más crítico con 47 eventos registrados en la estación SMA. En segundo lugar está la zona norte, en la que la estación AER presentó 26 excedencias en 2000 y 17 en 2005. En sentido opuesto, la zona centro es la que presenta el menor número de excedencias con un máximo de 8 eventos en 2000 y 2003 en las estaciones TOL y OXT, respectivamente.

Aplicando el criterio de frecuencia aceptable para la verificación del cumplimiento de la norma de O₃ para periodos de 8 horas, en la tabla 4.8 se presenta la relación de los quintos máximos de los promedios móviles registrados en todas las estaciones de monitoreo de la RAMA-ZMVT durante el periodo 2000 al 2005.



Tabla 4.8. Quinto máximo histórico de O₃ por estación (ppm)

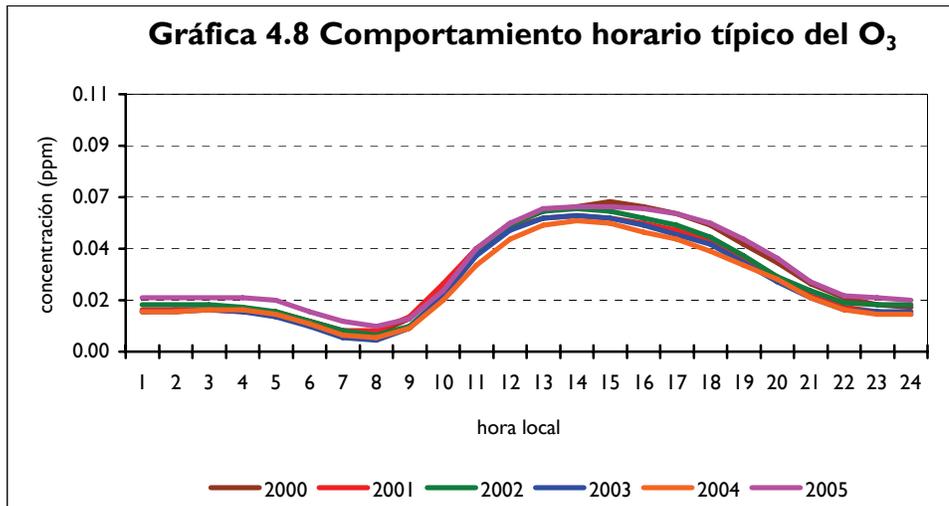
Año	Zona norte			Zona centro		Zona sur	
	AER	SCH	SLT	OXT	TOL	MET	SMA
2000	0.090	S/D	0.085	S/D	0.082	0.089	0.098
2001	0.059	0.072	0.072	0.065	0.075	0.085	0.084
2002	0.068	0.088	0.079	0.077	0.072	0.088	0.078
2003	0.083	0.084	0.077	0.083	0.070	0.081	0.066
2004	0.078	0.074	0.078	0.067	0.072	0.084	0.078
2005	0.089	0.088	0.085	0.079	0.077	0.085	0.088

Fuente: RAMA-ZMVT.
S/D = Sin Dato

Dichos registros indican que la zona sur presentó las condiciones más críticas en lo referente a altas concentraciones de O₃ principalmente en la estación MET donde el criterio se rebasó en todos los años de registro, mientras que en la estación SMA la norma presentó incumplimiento en tres de los seis años del periodo de evaluación. En segundo lugar se encuentra la zona norte donde durante los años 2000, 2003 y 2005 se incumplió el criterio de referencia. En el caso de la zona centro se presentaron las mejores condiciones con relación a este parámetro ya que únicamente hubo excedencias en la estación TOL durante 2000 y en la estación OXT en 2003.

Comportamiento del O₃ durante el día.

El comportamiento horario de las concentraciones de O₃ en la ZMVT se muestra en la gráfica 4.8. Los promedios horarios registrados a lo largo del día reflejan el carácter diurno de este contaminante secundario, debido a que su formación se origina a partir de reacciones entre los precursores óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la radiación solar, dando por resultado que las concentraciones más elevadas se presenten en el periodo del día comprendido entre las 13:00 y las 16:00 horas.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Lo anterior se puede corroborar a partir de los registros de las horas en que se presentan las concentraciones pico, esto es, que exceden la norma de O₃, del total registrado, el 87% de las excedencias ocurrieron entre las 14:00 y 17:00 horas (Tabla 4.9).

Tabla 4.9. Frecuencia horaria de valores fuera de norma de O₃

Año	Hora							Total por año
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
2000	0	3	10	17	14	13	2	59
2001	1	4	6	5	4	3	0	23
2002	0	6	4	6	2	9	3	30
2003	1	2	8	4	4	4	1	24
2004	0	0	1	3	5	2	0	11
2005	0	0	6	12	8	1	0	27
Total por hora	2	15	35	47	37	32	6	174

Fuente: RAMA-ZMVT.

Comportamiento espacial y estacional del O₃.

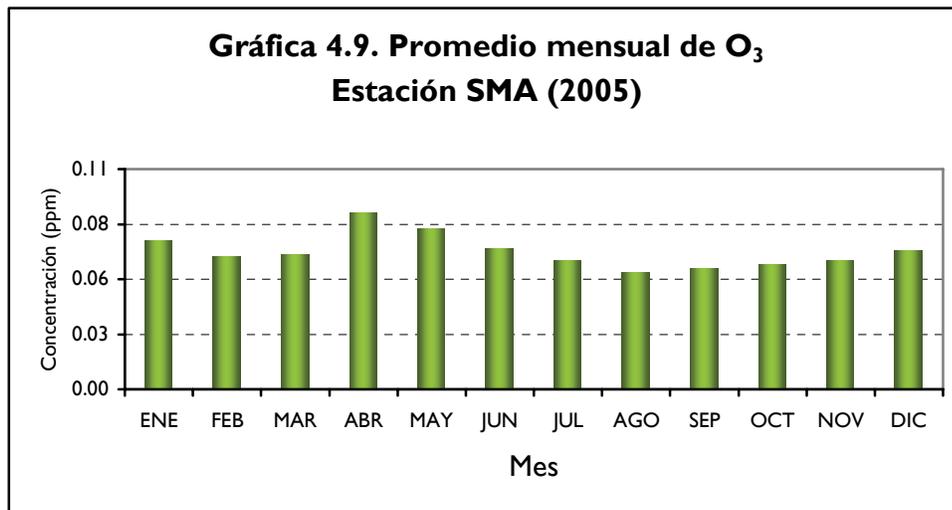
La tabla 4.10 muestra el acumulado del número de rebases por hora a la norma de O₃ durante el periodo de 2000 al 2005. Como se puede apreciar, la zona sur es la que presenta la mayor frecuencia de rebases a la norma con 105 eventos, seguida de la zona norte con 77 eventos. El 82% de los rebases se da en estas dos zonas.

Tabla 4.10. Frecuencia de las horas en que se rebasa la norma de O₃ por zona

Zona	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	Total por zona
Norte	0	1	13	18	23	18	4	77
Centro	1	7	13	9	3	6	0	39
Sur	1	7	16	32	25	21	3	105

Fuente: RAMA-ZMVT.

El comportamiento estacional del O₃ puede identificarse a partir de los promedios mensuales de las concentraciones máximas horarias registradas en la estación SMA durante 2005 que se presentan en la gráfica 4.9.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Como se puede apreciar, las concentraciones de O₃ más elevadas se presentan durante abril y mayo (época seca-cálida) mientras que los registros menores tienen lugar durante agosto y septiembre donde las concentraciones de O₃ se abaten durante la época de lluvias.

Por otra parte durante noviembre a enero las concentraciones tienden a incrementarse inducidas principalmente por las bajas condiciones de dispersión atmosféricas imperantes durante la época seca-fría.

4.3.3. BIÓXIDO DE NITRÓGENO

Las concentraciones de NO_2 han presentado valores por debajo de la norma a lo largo del periodo de análisis; la norma NOM-023-SSA1-1993 establece un valor permisible de 0.21 ppm, promedio de una hora el cual no debe de excederse más de una vez por año. En la tabla 4.11 se presentan los valores máximos de NO_2 registrados en el periodo 2000-2005, así como el número de días fuera de norma.

Tabla 4.11. Valores máximos de NO_2 por año

Año	Concentración máxima (ppm)	Número de días fuera de norma
2000	0.214	1
2001	0.172	0
2002	0.214	1
2003	0.204	0
2004	0.223	1
2005	0.147	0

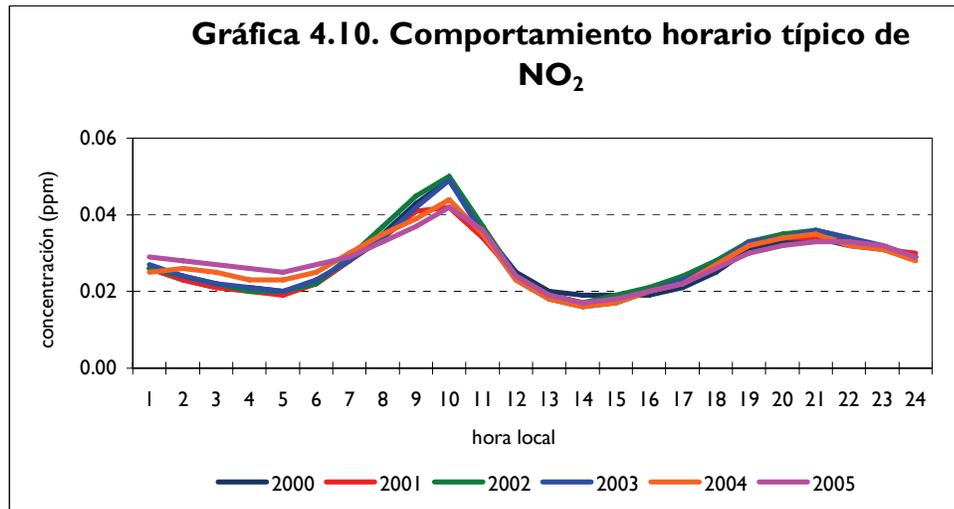
Fuente: RAMA-ZMVT.

Los datos indican que durante los años 2000, 2002 y 2004 se alcanzaron valores ligeramente arriba del umbral de referencia solamente en una ocasión por año, lo cual cumpliría con la condicionante de frecuencia que establece la norma mientras que en los años noes la norma horaria no fue rebasada.

Bajo dichas condiciones puede establecerse que en la zona de estudio se cumple satisfactoriamente con la normativa específica para NO_2 . Sin embargo, los elevados números de excedencias de PM_{10} y O_3 discutidos en las secciones anteriores indican la conveniencia de inducir medidas tendientes a la reducción de óxidos de nitrógeno en los sectores transporte, industrial y comercial por el importante papel de estos compuestos como precursores en la formación de O_3 .

Comportamiento del NO_2 durante el día.

El patrón típico de NO_2 a lo largo del día puede apreciarse claramente en la gráfica 4.10, donde se presentan los datos de los promedios horarios registrados por la RAMA-ZMVT durante el periodo 2000–2005.

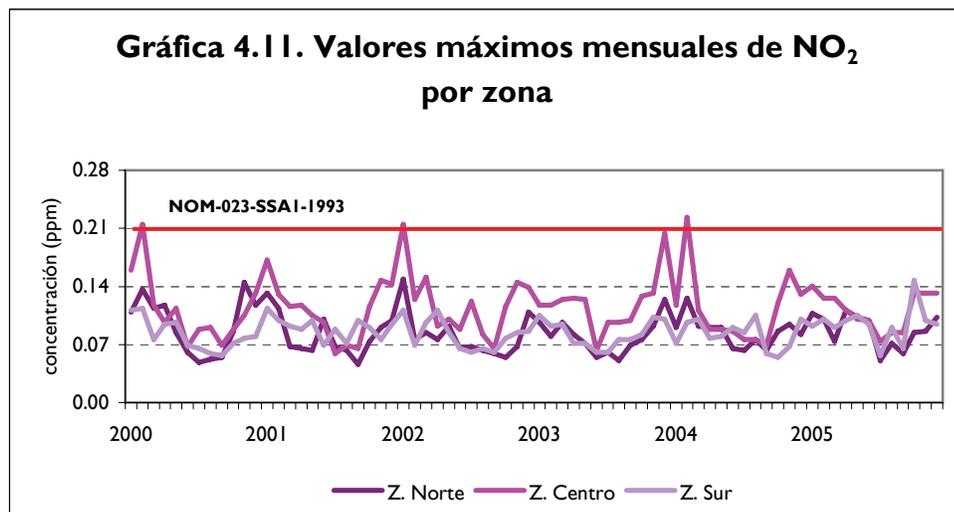


Fuente: RAMA-ZMVT.

Como se observa de las 9:00 a las 11:00 horas de la mañana se presenta el pico de concentraciones, lo cual es característico de las zonas metropolitanas y se relaciona directamente con la mayor intensidad del tráfico vehicular y la baja actividad fotoquímica prevaleciente a dichas horas. Un segundo pico vespertino tiene lugar entre las 18:00 y las 22:00 horas donde también incrementa la carga vehicular pero en forma gradual.

Comportamiento espacial y estacional del NO₂.

En la gráfica 4.11 se presentan los valores de los máximos mensuales de NO₂ a lo largo del periodo de referencia.



Fuente: RAMA-ZMVT.

4.3.4. MONÓXIDO DE CARBONO

Como se puede ver en tabla 4.12, el CO no registró concentraciones superiores al valor normado que es de 11 ppm (promedios móviles de 8 horas).

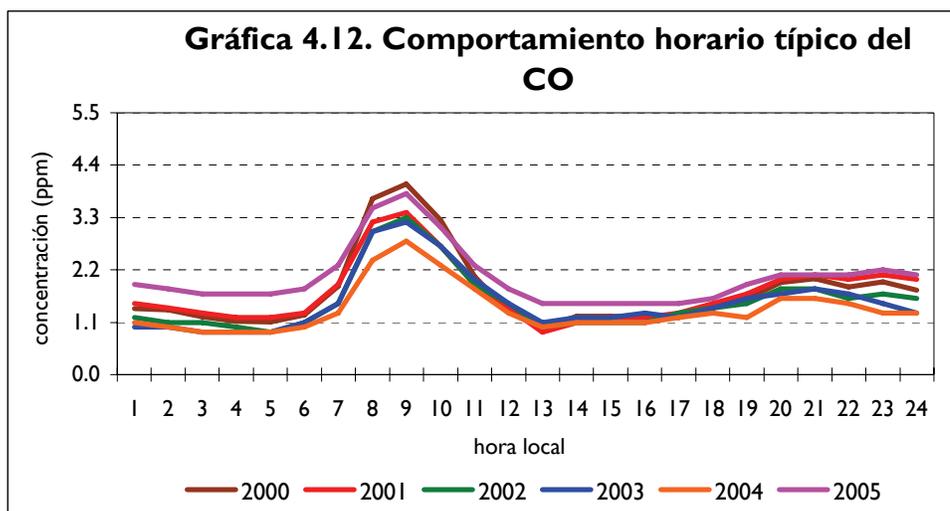
Tabla 4.12. Valores máximos de CO por año

Año	Concentración máxima (ppm)	Número de días fuera de norma
2000	6.3	0
2001	5.4	0
2002	5.1	0
2003	5.1	0
2004	4.5	0
2005	6.4	0

Fuente: RAMA-ZMVT.

Comportamiento del CO durante el día.

En la gráfica 4.12 se presentan los promedios de las concentraciones de CO donde se observa el comportamiento de este contaminante en la ZMVT, cuyo origen se asocia preponderantemente al sector transporte en todas las metrópolis.



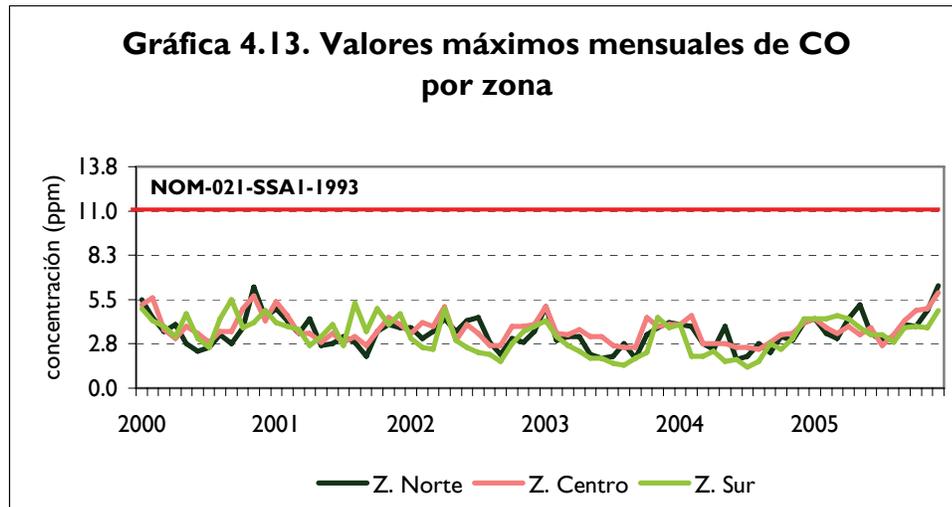
Fuente: RAMA-ZMVT.

Como se puede apreciar, los niveles más altos de CO se registran durante las mañanas entre las 7:00 y 10:00 horas, que corresponden al tiempo de mayor movilidad vehicular; de igual forma, se observa un decremento de las concentraciones desde el año 2000 hasta el 2004.



Comportamiento espacial y estacional de CO.

En la gráfica 4.13 se presentan los datos de los máximos mensuales de valores promedio de 8 horas registrados entre 2000 y 2005.



Fuente: RAMA-ZMVT.

En esta se observa que las mayores concentraciones de CO se registran durante la época seca-fría de cada año, la zona centro presenta una mayor frecuencia de niveles relativamente altos de este contaminante.

4.3.5. BIÓXIDO DE AZUFRE

En las tablas 4.13 y 4.14 se efectúa la comparación de los valores de SO₂ registrados en la ZMVT, contra los valores permisibles indicados por la norma NOM-022-SSA1-1993 que establece un valor de 0.130 ppm en un promedio de 24 horas, así como la norma anual que dicta un promedio anual de 0.030 ppm.

Tabla 4.13. Valores máximos de SO₂ por año

Año	Concentración máxima anual (ppm)	Norma (ppm)	Número de días fuera de norma
2000	0.047	0.130 (promedio de 24 horas)	0
2001	0.043		0
2002	0.049		0
2003	0.057		0
2004	0.061		0
2005	0.061		0

Fuente: RAMA-ZMVT.

Tabla 4.14. Valores promedio de SO₂ por año

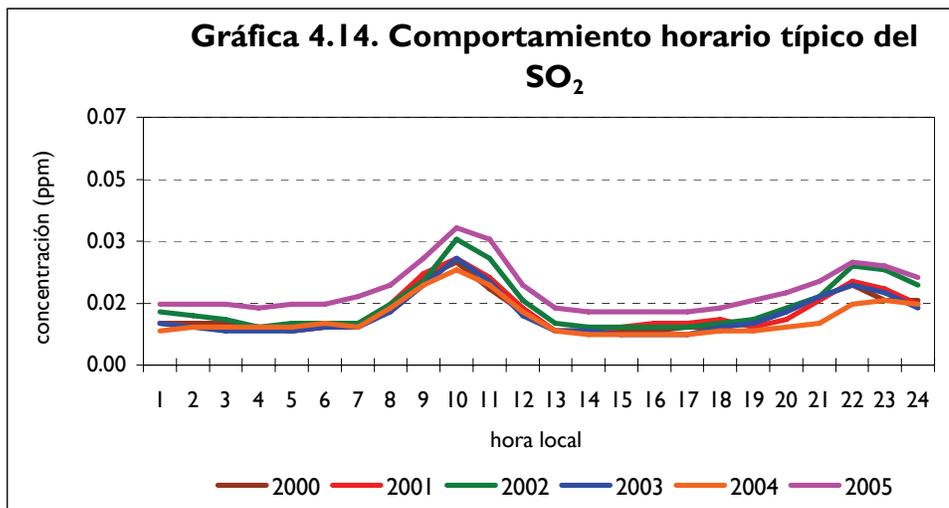
Año	Promedio anual (ppm)	Norma (ppm)	Situación
2000	0.009	0.030	Dentro de norma
2001	0.010		
2002	0.010		
2003	0.009		
2004	0.009		
2005	0.015		

Fuente: RAMA-ZMVT.

Como lo indican los datos anteriores, en la ZMVT se cumplen satisfactoriamente con los niveles permisibles para SO₂ que establece la normatividad vigente.

Comportamiento del SO₂ durante el día.

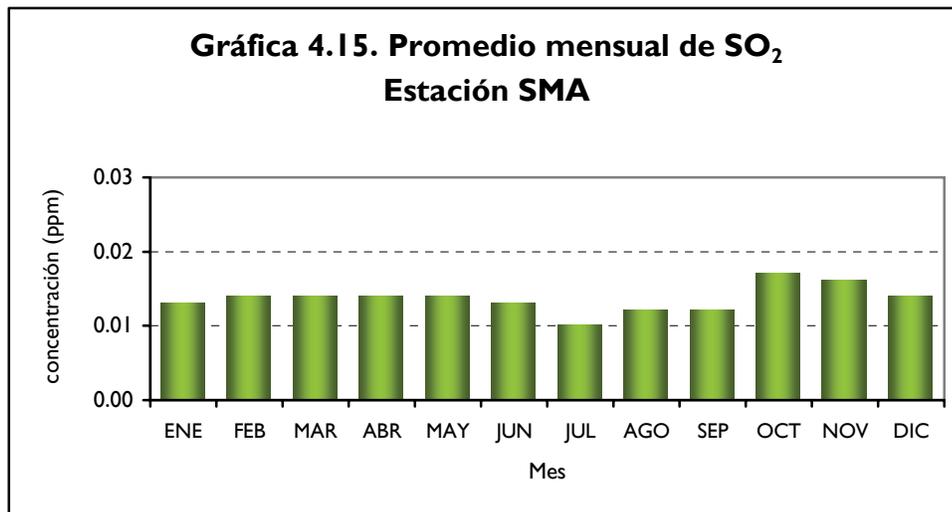
En la gráfica 4.14 se observa el patrón diario típico del SO₂, sus niveles más altos se presentan entre las 9:00 y 12:00 horas, cuando se incrementa la intensidad de las actividades industriales y comerciales. Asimismo, durante 2005 se observa un ligero incremento de las concentraciones de SO₂ con relación a los años anteriores.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Comportamiento estacional del SO₂.

En la gráfica 4.15 se presenta el comportamiento de los promedios mensuales del SO₂ en la estación San Mateo Atenco (SMA) la cual ha presentado los mayores niveles de este contaminante, debido a la cercanía del corredor industrial Toluca-Lerma.



Fuente: RAMA-ZMVT.

Se observa una tendencia estable de los niveles de este contaminante durante los meses de enero a mayo y posteriormente un ligero abatimiento de las concentraciones durante la época de lluvias, y un ascenso de los niveles durante los meses fríos del año.

4.3.6. COMPORTAMIENTO DE ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Un índice de calidad del aire es un valor de referencia para informar a la población los niveles de contaminación del aire en forma sencilla, precisa y oportuna, y de esta manera pueda seguir las medidas pertinentes indicadas por las autoridades para proteger su salud.

En el Índice Metropolitano de Calidad del Aire o IMECA, las concentraciones de los contaminantes criterio se transforman a una escala de 0 a 500 puntos, donde el valor de 100 puntos representa el valor de la norma de exposición aguda establecida para cada parámetro.

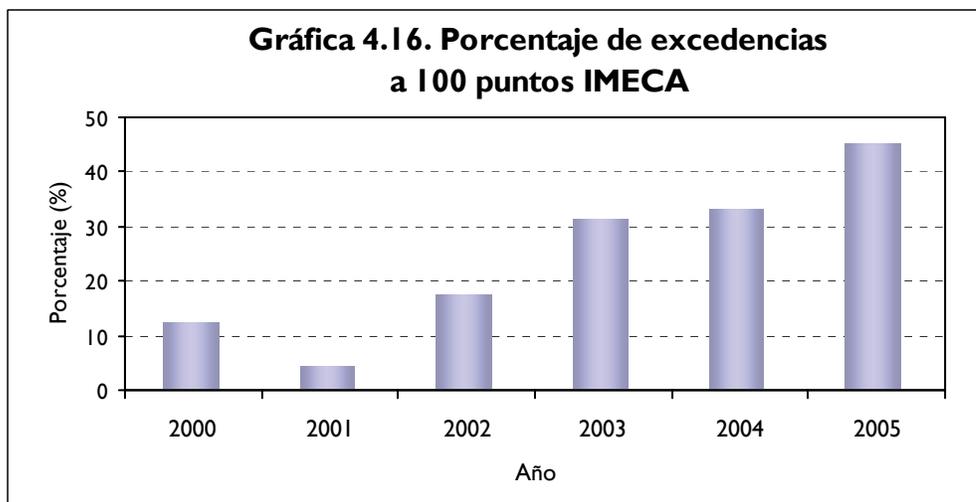
Cuando el IMECA de cualquier contaminante sobrepasa los 100 puntos, significa que se ha rebasado la norma y por ende se corren riesgos potenciales para la salud, en la medida en que aumenta el valor del IMECA se agudizan los síntomas (véase el Capítulo 5). A valores inferiores la calidad del aire puede ser tipificada según se indica en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Intervalos IMECA y escenarios de calidad del aire

Intervalos	Calidad del aire
0 - 50	Buena
51 - 100	Satisfactoria
101 - 150	No satisfactoria
151 - 200	No satisfactoria
201 - 300	Mala
301 - 500	Muy mala

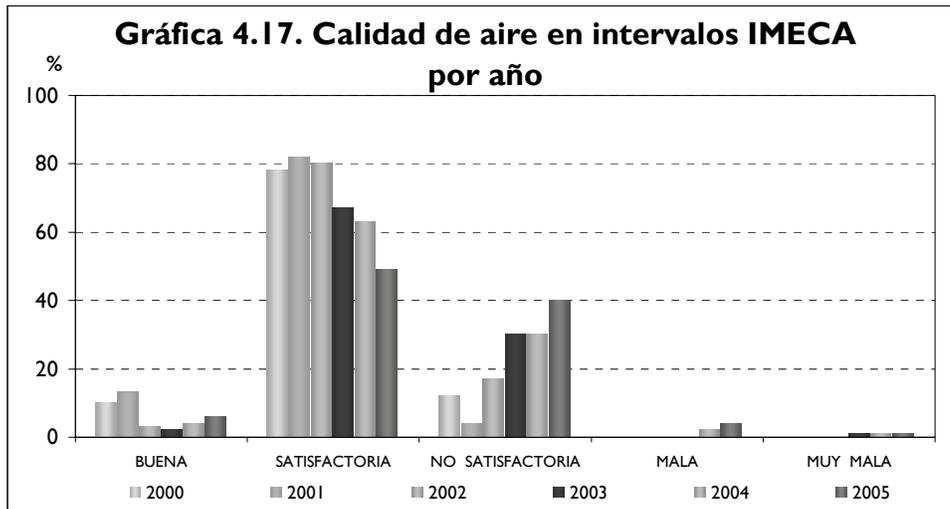
Fuente: RAMA-ZMVT.

En la ZMVT el porcentaje de días con concentraciones de contaminantes superiores a los 100 puntos IMECA durante el periodo 2000-2005 muestra un ascenso a partir del 2002, siendo 2005 el año con el mayor porcentaje de excedencias (Gráfica 4.16).



Fuente: RAMA-ZMVT.

La gráfica 4.17 muestra, en intervalos IMECA, la calidad del aire de la ZMVT. Se aprecia que en un 76% de los días se registraron niveles de contaminación por debajo de 100 puntos IMECA, considerando calidad de aire “Buena” a “Satisfactoria”, mientras que el 24% complementario presentó calidad de aire “No Satisfactoria”. Además se observa que la calidad del aire “No Satisfactoria” se incrementó a partir del año 2002 en un 28%, mientras que la considerada como “Mala” y “Muy Mala”, se incrementó en 4% y 1%, respectivamente.



Fuente: RAMA-ZMVT.

El IMECA se puede consultar desde la página del Gobierno del Estado de México en Internet a través de la siguiente dirección electrónica:

http://www.edomex.gob.mx/sma/se/rama/monitoreo_atmosferico.htm

**CAPÍTULO V.
EFECTOS EN SALUD POR LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE**





CAPÍTULO V. EFECTOS EN SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

5.1. PANORAMA GENERAL

Los contaminantes del aire tienen distinta capacidad para producir daños sobre la salud humana, dependiendo del tipo de contaminante, de las propiedades físicas y químicas de sus componentes, la frecuencia, duración de exposición y su concentración, entre otros factores.

Los estudios epidemiológicos de contaminantes atmosféricos se basan en los niveles de exposición, sin embargo, es la dosis recibida por el órgano blanco la que finalmente determina la probabilidad y magnitud de los efectos atribuidos a los contaminantes atmosféricos. En este sentido la exposición es solo una aproximación a la dosis. Estas medidas de exposición se utilizan en las relaciones exposición-respuesta para estimar la probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso en la salud. La exposición se puede definir como el contacto entre una sustancia química y la barrera externa del cuerpo humano. Esta barrera externa puede ser la piel, la boca, las narinas o cualquier lesión externa. El término evaluación de exposición se refiere a la evaluación cuantitativa de la intensidad, frecuencia y duración de este contacto.

La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica. La exposición aguda se presenta a concentraciones elevadas de contaminantes en corto tiempo, que logran ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano. Los efectos atribuibles a la exposición aguda varían ampliamente. Algunos estudios señalan un incremento en la mortalidad debido a complicaciones respiratorias relacionadas con la exposición a partículas de diámetro pequeño, ozono y sulfatos; otros estudios informan acerca de enfermedades cardiovasculares, lo cual se considera como un efecto indirecto de la contaminación. La exposición aguda también se relaciona con enfermedades de vías respiratorias superiores e inferiores: bronquitis, neumonía, tos, entre otras.

Por otra parte la exposición crónica implica concentraciones bajas de contaminantes en largos periodos. Esta exposición a pesar de que sea a niveles bajos, puede afectar a las personas cuando se han ingerido medicamentos, alcohol, o se localizan a grandes altitudes como es el caso de la ZMVT. Los efectos a la salud son similares a los mencionados por una exposición aguda. Existen informes del incremento de la mortalidad en relación con exposición crónica, aunque en la mayoría de los casos se trata de adultos con problemas respiratorios y cardiovasculares degenerativos (véase Cesar, Borja, Cicero et al. 2001). En el Estado de México y sobre todo en la ZMVT se requiere realizar estudios a largo plazo.

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

Aunque tradicionalmente se considera como más susceptible a ciertos grupos de la población, como pudieran ser los niños menores a 5 años o personas de la tercera edad, no se descarta la posibilidad de que cualquier individuo pueda ser afectado irreversiblemente. Además existen otros posibles factores como son: predisposición genética, estado nutricional, presencia y severidad de condiciones cardíacas y respiratorias, el uso de medicamentos y el hábito de fumar. Es importante considerar que los niños están en riesgo debido a que, por el tamaño de su cuerpo, inhalan varias veces más aire que los adultos. Los niños pasan también relativamente más tiempo jugando al aire libre y respirando intensamente por sus bocas, esto significa que la contaminación entra en contacto directo con su sistema respiratorio por la filtración natural del aire, permitiendo a los contaminantes un acceso más directo hacia los pulmones.

5.2. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD HUMANA

Es importante señalar que tanto en la exposición aguda como crónica a contaminantes del aire, la población está expuesta a una mezcla compleja de compuestos cuyo efecto combinado puede diferir de uno con respecto a otro por sí solo. En algunos estudios se ha comprobado que la mezcla de partículas PM_{10} y ozono es más tóxica que por sí solos, esto es, hay un efecto sinérgico.

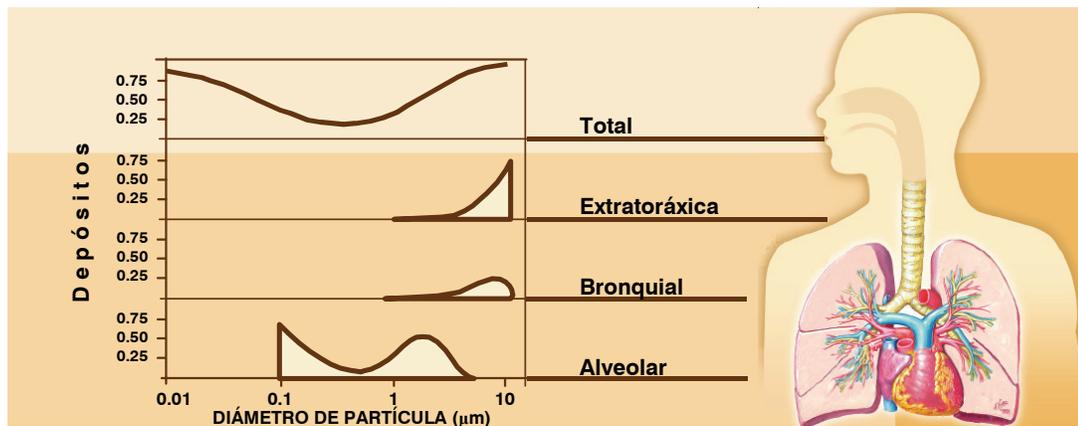
5.2.1. PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM_{10}

En el entorno de la ZMVT, como en cualquier concentración urbana, se acentúa la probabilidad de tener altas concentraciones de partículas PM_{10} . Su exposición a corto y largo plazo puede causar disminución de la función pulmonar, lo que contribuye a la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y muerte prematura.

A diferencia de las partículas mayores a 10 micrómetros, las partículas PM_{10} penetran directamente al aparato respiratorio sin ser capturadas por sus mecanismos de limpieza, una vez que las partículas han entrado al tracto respiratorio, como se aprecia en la figura 5.1, dependiendo de su tamaño, pueden acumularse en diferentes sitios vitales para su funcionamiento correcto.



Figura 5.1. Acumulación de partículas PM_{10} en el aparato respiratorio



Las investigaciones enfocadas a estudiar los efectos a la salud ocasionados por la exposición a las partículas suspendidas se han enfocado últimamente al estudio de las PM_{10} y más recientemente en las $PM_{2.5}$ ya que éstas últimas se consideran aún más perjudiciales pues mientras las PM_{10} penetran hasta la zona traqueobronquial, las $PM_{2.5}$ lo hacen hasta los alvéolos pulmonares. En los niños la exposición a partículas se ha asociado con un incremento en la frecuencia de síntomas respiratorios como tos, dificultad para respirar y dolor en el pecho, disminución del Volumen Espiratorio Forzado del Primer Segundo (VEF1), la Capacidad Vital Forzada (CVF) y la relación VEF1/CVF así como de infecciones respiratorias y enfermedades respiratorias pulmonares.

Los niños asmáticos son especialmente vulnerables a las partículas que, combinadas con otros contaminantes ocasionan un agravamiento del asma requiriendo mayor uso de medicamentos y hospitalizaciones. Se ha observado que personas ancianas expuestas a niveles altos de partículas tienden a morir en forma prematura principalmente si sufren enfermedades pulmonares como asma, bronquitis crónica, enfisema o alguna enfermedad del corazón, o bien, tiende a aumentar el número de hospitalizaciones por la exacerbación de estas enfermedades.

En contraste con la certeza existente de los efectos a corto plazo, los estudios de efectos a largo plazo son solo sugestivos. Se le ha asociado con enfermedad obstructiva crónica y asma, cambios crónicos en la mucosa nasal, daño a nivel de la función pulmonar por un daño inflamatorio progresivo. Además a la exposición crónica a partículas suspendidas se le ha asociado con disminución en la esperanza de vida.

A través de análisis epidemiológicos, en México se ha identificado un incremento de mortalidad asociada a niveles elevados de contaminación por partículas suspendidas totales (PST), en especial en población mayor de 65 años. También se ha observado un incremento en las admisiones hospitalarias con niveles altos de SO_2 . A lo largo del siglo, las concentraciones elevadas de partículas suspendidas y de SO_2 en la atmósfera, han sido asociadas con estos acontecimientos, los adultos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y

los asmáticos son individuos particularmente sensibles a niveles altos de contaminación por partículas.

5.2.2. OZONO

El ozono (O_3) es un gas altamente reactivo, su impacto en la salud se debe a su capacidad de oxidación, por ello daña a las células en las vías respiratorias causando inflamación, además reduce la capacidad del aparato respiratorio para combatir las infecciones y remover las partículas externas. Afecta los mecanismos de defensa, por lo que puede provocar un aumento de las infecciones respiratorias.

El O_3 es un riesgo para la salud de los niños, las personas de la tercera edad y para quienes padecen problemas cardiovasculares y respiratorios, como el asma, el enfisema y la bronquitis crónica. También afecta a personas aparentemente sanas y en excelentes condiciones de salud, por ejemplo los atletas que requieren la inhalación de altos volúmenes de aire durante sus ejercicios y que provoca una disminución de su rendimiento atlético.

El O_3 es un irritante que afecta la mucosa ocular y respiratoria. Estudios en diferentes grupos de edad desde niños preescolares, escolares, jóvenes, adultos y ancianos han demostrado que a niveles elevados de ozono se presentan en forma aguda síntomas respiratorios superiores como irritación y ardor de ojos, catarro, ardor y dolor de garganta, tos seca o irritativa además de la exacerbación de infecciones respiratorias, a nivel del tracto respiratorio inferior se han detectado síntomas como tos, dificultad para respirar, silbilancias, dolor de pecho así como un decremento en la función pulmonar.

Por otro lado se ha observado un aumento en el número de consultas de urgencias de niños, ancianos y personas que padecen enfermedades respiratorias crónicas con asma, bronquitis crónica o enfisema, además del aumento en el número de hospitalizaciones por el desarrollo de crisis asmáticas.

5.2.3. BIÓXIDO DE NITRÓGENO

Los óxidos de nitrógeno, tanto el monóxido (NO) como el bióxido de nitrógeno (NO_2) juegan un doble papel en materia ambiental, ya que se les reconocen efectos potencialmente dañinos a la salud humana, al mismo tiempo que están dentro de los principales precursores de ozono y otros oxidantes fotoquímicos.

La acumulación de bióxido de nitrógeno (NO_2) en el cuerpo humano está relacionada con afecciones del tracto laringeo-traqueo-bronquial, así como con la disminución de la resistencia a infecciones. Al igual que el monóxido de carbono, disminuye la capacidad respiratoria (PUMA, 1996).

Además su acumulación en el cuerpo humano constituye un riesgo para las vías respiratorias ya que se ha comprobado que puede alterar la capacidad de respuesta de las células

en el proceso inflamatorio, como sucede con las células polimorfonucleares, macrófagos alveolares y los linfocitos siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica

El NO_2 es un contaminante en ambientes interiores debido al tabaco y a fuentes de combustión de gas inadecuada o mal ventilada.

5.2.4. MONÓXIDO DE CARBONO

Las emisiones de monóxido de carbono (CO) en un área cerrada pueden causar la muerte por insuficiencia cardíaca o sofocación debido a la alta afinidad de la hemoglobina por éste compuesto. Este contaminante se asocia con la disminución de la percepción visual, la capacidad del trabajo, la destreza manual y la habilidad de aprendizaje. Sus efectos son mayores en personas con enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedades cardioperiféricas (PUMA, 1996).

Debido al fuerte gradiente espacial que presenta este contaminante, las concentraciones encontradas en microambientes como en calles con intenso tráfico vehicular, en interior de vehículos de transporte público (Wöhrnschimmel, 2004) y en las cocinas de casa-habitación, son mucho mayores que las concentraciones medidas en las estaciones de monitoreo. Esto quiere decir que a pesar de que no se exceda la norma de calidad del aire ambiente, puede haber un número considerable de personas que estén expuestas a niveles de alto riesgo de este contaminante.

5.2.5. BIÓXIDO DE AZUFRE

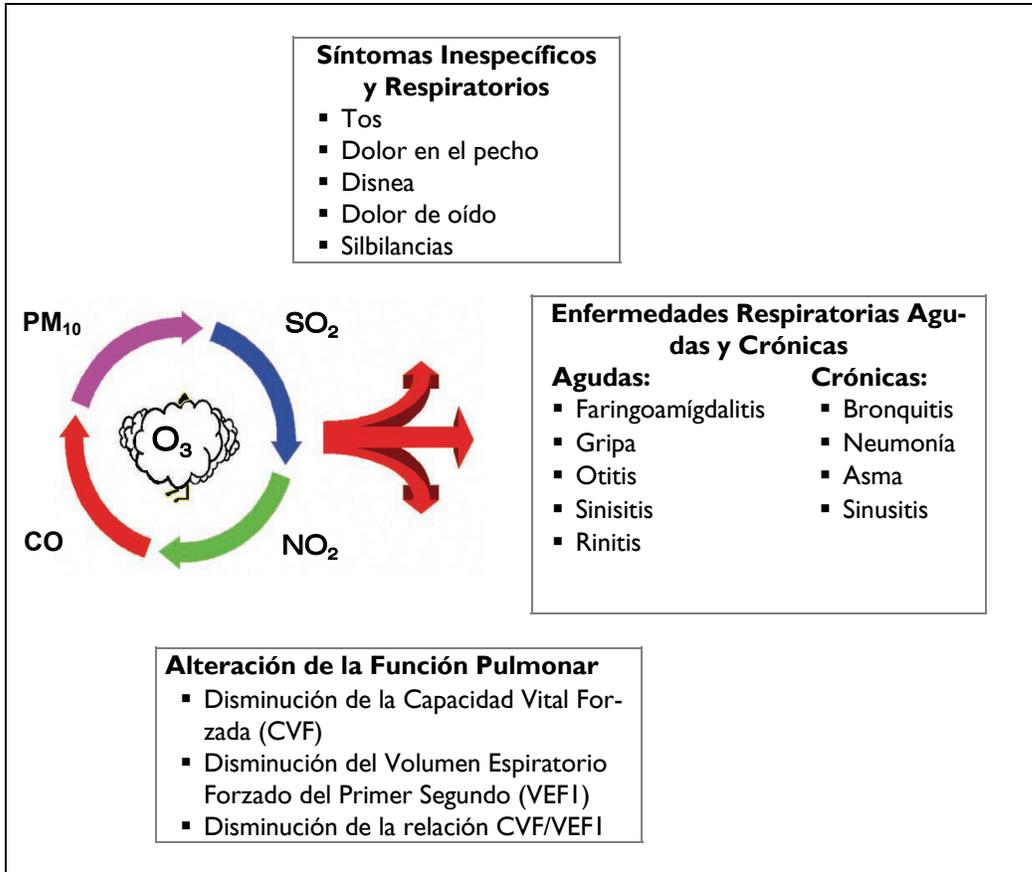
El bióxido de azufre (SO_2) es un gas incoloro, no flamable y no explosivo, con un olor sofocante y altamente soluble en el agua. Puede permanecer en la atmósfera entre 2 y 4 días. Durante este tiempo puede ser transportado a miles de kilómetros y formar ácido sulfúrico, el cual se precipita en alguna otra región lejos de su origen.

El ácido sulfúrico, el SO_2 y las sales de sulfato son irritantes de las membranas mucosas del tracto respiratorio. Incluso llegan a ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar.

Los óxidos de azufre penetran en los pulmones y se convierten en un agente irritante del tracto respiratorio inferior cuando se absorben en la superficie de las partículas respirables que se inhalan o al disolverse en las gotas de agua que penetran por las mismas vías (PROAIRE, 1996). Tanto la absorción como la conversión tienen lugar en la atmósfera. Los aerosoles sulfatados son agentes irritantes de tres a cuatro veces más potentes que el bióxido de azufre, estas pequeñas partículas penetran hasta los pulmones, donde se depositan y, si el SO_2 no está ya en forma de sulfato, el ambiente húmedo de los pulmones proporciona las condiciones necesarias para su oxidación.

En una atmósfera con partículas suspendidas el efecto dañino de los óxidos de azufre se incrementa, ya que el SO_2 y el ácido sulfúrico paralizan los cilios del tracto respiratorio, las partículas de polvo penetran en los pulmones arrastrando también los compuestos azufrados, originando entonces graves daños, e incluso la muerte (véase GEM, SEMARNAP 1997).

Figura 5.2. Efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud



5.3. ESTUDIOS SOBRE EL IMPACTO DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA SALUD

En el año 2000 se realizaron dos estudios sobre el efecto de los contaminantes en la salud y la cuantificación económica del mejoramiento de la calidad del aire como parte de la integración del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Estos estudios fueron: “*Valoración Económica del Mejoramiento de la Calidad del Aire en la ZMVM*” y “*Contaminación Atmosférica en la ZMVM y Salud Humana*”. De sus resultados se concluye que existe una relación entre el aumento de enfermedades respiratorias y número de muertes asociadas con la exposición a ozono y a partículas; se cuenta con mayores evidencias sobre el efecto que tienen las partículas sobre el aumento de la mortalidad en relación con otros contaminantes y; se ha identificado que el ozono es un indicador importante para la mortalidad.



Asimismo, ambos estudios coinciden en el hecho de que la mortalidad atribuible a la contaminación atmosférica, ocurre principalmente en individuos los cuales ya tienen alguna enfermedad cardíaca, alguna enfermedad respiratoria, en las personas de edad avanzada y en los niños. En la tabla 5.1 se observa el efecto que tiene en la salud el aumento en los niveles de contaminación. Estos efectos pueden ir desde el aumento en molestias respiratorias, el aumento en la visita a las salas de emergencia, ausentismo escolar, días de actividad restringida, hasta el aumento en los casos de muertes.

Tabla 5.1. Funciones exposición respuesta para la población general

Indicadores*	% de cambio por cada 10 ppb de O ₃ , concentración horaria	% de cambio por cada 10 µg/m ³ de PM ₁₀ , promedio diario
Admisión en hospitales		
Respiratoria	3.76	1.39
Cardio-cerebrovascular	0.98	0.60
Falla congestiva del corazón	-	1.22
Visitas a la sala de emergencia		
Respiratoria	3.17	3.11
Días de actividad restringida		
Total (adultos)	-	7.74
Días laborales perdidos (adultos)	-	7.74
Total (niños)	-	7.74
Días laborales perdidos de mujeres	-	7.74
Días de actividad restringida menor		
Total (adultos)	2.20	4.92
Efectos en Asmáticos		
Ataques de asma	2.45	7.74
Tos sin flema (niños)	-	4.54
Tos con flema (niños)	-	3.32
Tos con flema y uso de bronquodilatador	-	10.22
Algunos síntomas respiratorios (niños)	0.66	-
Síntomas respiratorios menores	0.23	-
Síntomas respiratorios		
Síntomas en vías respiratorias superiores	1.50	4.39
Síntomas en vías respiratorias inferiores	2.20	6.85
Sibilancias	1.32	-
Bronquitis aguda	-	11.0
Morbilidad crónica	-	-
Bronquitis crónica, casos adicionales	-	3.60
Tos crónica, prevalencia (niños)	-	0.30
Mortalidad por medición longitudinal	-	-
Total	-	3.84
Mortalidad por medición transversal	-	-
Total	0.59	1.01
Infantil	-	3.52

Fuente: Institute for Environmental Studies, et al. (2000)

* Población correspondiente a la Zona Metropolitana de Valle de México

Cabe destacar que por cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de PM_{10} se puede tener un incremento de entre 0.6% y 3.5% en los casos de mortalidad aguda y de 3% a 3.8% en los casos de mortalidad crónica. Asimismo, se tiene que por un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de $\text{PM}_{2.5}$ se puede tener un incremento de 1.7% en la mortalidad total. Con respecto al ozono, por cada aumento de 10 ppb en los niveles de ozono se puede tener un incremento de 0.6% en los casos de mortalidad aguda y un incremento de 1% en los casos de mortalidad prematura.

De acuerdo a los resultados de estudios recientes realizados por el Instituto de Salud del Estado de México, en la ZMVT, el clima, la altura, la circulación de los vientos, el incremento poblacional e industrial, entre otros, hacen de esta zona un sitio muy particular en relación al comportamiento de los contaminantes. Dichos estudios permitirán contar con indicadores precisos para la formulación de un programa que ayude a caracterizar desde un enfoque esquemático los riesgos a la salud por la contaminación atmosférica, la magnitud del daño y su costo, así como la percepción que tienen los grupos sociales sobre la problemática y sobre sus posibles alternativas de solución.

Mediante la gestión ambiental urbana es posible analizar el efecto que tendría en la salud la mejora en la calidad del aire como resultado de las estrategias ambientales futuras, así como los costos asociados, determinando detalladamente la incidencia de enfermedades, el tipo de éstas, su frecuencia y a qué sectores de la población se afecta mayormente, a fin de conocer el grado de relación entre una y otra, para tener una mejor comprensión de la naturaleza social de la problemática como un factor para diseñar mecanismos de participación ciudadana para solucionar el problema, induciendo cambios en sus hábitos y costumbres.

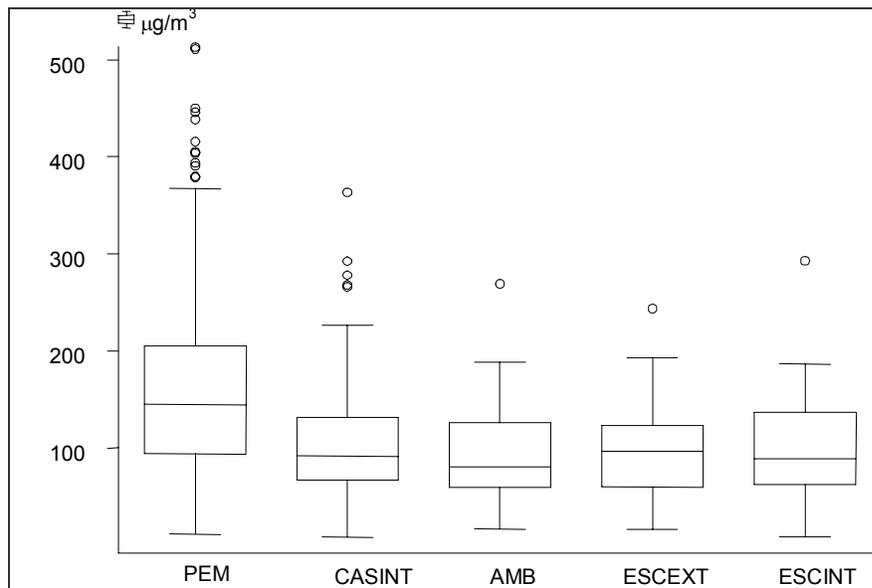
Exposición Intramuros.

La exposición humana a contaminantes aéreos está en función de múltiples factores, tales como fuentes específicas de los microambientes interiores y exteriores, actividades de los sujetos, movilidad de la población, características de las construcciones y las tasas de pérdida del contaminante. Por ello la exposición personal a contaminantes atmosféricos generados en ambientes de extramuros es sensible a las diferencias de concentraciones intramuros-extramuros y está afectada por los patrones de tiempo actividad de la población. El impacto de la calidad del aire intramuros sobre la exposición personal es significativo ya que la mayoría de la gente pasa aproximadamente el 80% de su tiempo en ambientes interiores, como ha sido demostrado consistentemente para las poblaciones urbanas y suburbanas en diversos países.

De manera adicional, hay fuentes de emisión en ambientes interiores que pueden afectar la exposición personal tales como sistemas de calefacción, calentadores de leña y petróleo, estufas, humo de cigarro y polvo de la casa, entre otras. Sin embargo, independientemente de la cantidad de tiempo que la población pasa en interiores y la influencia de las fuentes en ambientes interiores, los contaminantes generados en ambientes extramuros

también contribuyen a la exposición personal. Aunque los ambientes interiores funcionan como un escudo protector contra la contaminación atmosférica generada en ambientes extramuros, una fracción de los contaminantes externos se filtra al interior. La contribución relativa de los microambientes a la exposición personal total es una de las tareas más importantes para las metodologías de evaluación de exposición.

Gráfica 5.1. Diagrama de caja para los monitoreos personales, intramuros, extramuros y ambientales a PM_{10}



Fuente: Olaiz-Fernández et al (n.d.)

CAPÍTULO VI. DESARROLLO DEL PROGRAMA



CAPÍTULO VI. DESARROLLO DEL PROGRAMA

En la elaboración del Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 se efectuó un largo proceso de consulta y participación en la que intervinieron funcionarios y especialistas de los tres niveles de gobierno, así como académicos y personalidades de otros sectores, con la finalidad de plantear una serie de acciones tendentes a prevenir, controlar y reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera generadas principalmente por las actividades humanas y económicas presentes en el Valle de Toluca.

Posteriormente, dentro de la revisión de los planteamientos, se tomó en cuenta para el diagnóstico ambiental vigente de la zona de estudio, el Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la ZMVT y los indicadores de calidad del aire. Al final del proceso, se obtuvo como resultado 27 fichas técnicas enfocadas hacia la reducción de las emisiones de partículas PM_{10} y de precursores de ozono, así como a fortalecer las acciones para la prevención y control de la contaminación atmosférica, estableciendo metas a corto, mediano y largo plazo.

6.1. OBJETIVO GENERAL

El presente Programa tiene como objetivo general revertir la tendencia ascendente del número de días en que se rebasa la norma de partículas suspendidas PM_{10} , controlar los niveles de concentración de ozono y mantener dentro de norma los restantes contaminantes criterio, mediante la aplicación de una serie de medidas de control y reducción de emisiones en fuentes fijas, móviles y naturales, con la finalidad de proteger la salud de los habitantes de la ZMVT, así como reducir los costos derivados por enfermedades respiratorias.

6.2. METAS GENERALES

Se busca controlar las emisiones contaminantes para con ello disminuir gradualmente el número de días en que se rebasa la norma de calidad del aire.

Asimismo, se pretende disminuir progresivamente las concentraciones de los contaminantes para cumplir la norma anual de ozono y la correspondiente de partículas en el 2011.

6.3. ESTRATEGIAS GENERALES

Para el cumplimiento de los objetivos y metas se identificaron cuatro estrategias dirigidas a los siguientes componentes y áreas de trabajo:

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

Las estrategias a su vez agrupan a cada medida, así como a su impacto directo o indirecto en la reducción de emisiones, lo cual es representado en la tabla 6.1.

Tabla 6.1. Estrategias, medidas e impacto en la reducción de emisiones

Estrategias y Medidas	Tipo de impacto	
	Directo	Indirecto
Estrategia I. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área.		
1. Coadyuvar con las instituciones responsables en programas de recuperación de suelos erosionados.	✓	
2. Promover la actualización, diagnóstico y restauración de bancos de materiales pétreos.	✓	
3. Reforzar las campañas de prevención y combate de incendios forestales.	✓	
4. Reforzar campañas de control a la tala ilegal en áreas de conservación ecológica.		✓
5. Reforzar las campañas de forestación y reforestación con plantaciones de especies nativas de la región.	✓	
6. Operativos para el control de quemas de residuos a cielo abierto, fogatas y fuegos artificiales en época invernal.	✓	
Estrategia II. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte.		
7. Fortalecer el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria.	✓	
8. Fortalecer el Programa de Detención y Retiro de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes y Vehículos no Verificados.	✓	
9. Promover el reordenamiento y establecimiento de rutas de transporte público de pasajeros.	✓	
10. Promover la modernización del transporte público de pasajeros.	✓	
11. Promover el establecimiento de corredores para el transporte de carga.	✓	
12. Promover la elaboración de estudios para la incorporación de transporte menos contaminante.		✓
13. Promover la intensificación de las obras de pavimentación de calles, avenidas y caminos.	✓	
Estrategia III. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios.		
14. Fortalecer las funciones de inspección y vigilancia en la industria, comercios y servicios.		✓
15. Fomentar la aplicación de programas de producción con tecnología más limpia y reforzar la autorregulación de la micro y pequeña industria.	✓	
16. Fomentar la reconversión tecnológica e intensificación de los mecanismos de control de emisiones en hornos ladrilleros y talleres de alfarería.	✓	
17. Promover la instalación de Sistemas de Recuperación de Vapores Fase II en estaciones de servicio.	✓	
Estrategia IV. Protección a la salud.		
18. Promover el desarrollo de un Programa de Vigilancia Epidemiológica Asociado a la Contaminación Atmosférica.		✓
19. Fomentar el desarrollo de estudios de investigación en salud ambiental y química ambiental.		✓
20. Coadyuvar al Programa de comunicación de Riesgo a la Salud.		✓
21. Llevar a cabo un Plan Estratégico-Operativo para Reducir la Exposición de la Población a la Contaminación del Aire.		✓
Estrategia V. Fomento a la educación ambiental.		
22. Coadyuvar en la elaboración e instrumentación de un Programa Metropolitano de Educación Ambiental para la ZMVT .		✓
Estrategia VI. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental.		
23. Promover la actualización del Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la ZMVT.		✓
24. Fortalecer la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT .		✓
25. Ampliar la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes respecto a los municipios de la ZMVT.		✓
26. Coadyuvar en la elaboración de un Programa de Ordenamiento Ecológico Regional para la ZMVT.		✓
27. Apoyar los mecanismos de control de asentamientos humanos en zonas de Conservación Ecológica.		✓

6.4. MECANISMOS DE EVALUACIÓN

El Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 se apoyará en la participación corresponsable de todos los sectores involucrados de la sociedad para dar seguimiento a los compromisos establecidos, valorar los resultados de una manera objetiva e identificar los componentes que limitan o fortalecen el cumplimiento de este programa. Para tal fin, la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, por conducto de la Coordinación Aire Limpio para el Valle de Toluca, se encargará de dar seguimiento al cumplimiento de cada una de las medidas planteadas.

Se integrarán seis grupos de trabajo para la instrumentación de las medidas los cuales estarán conformados tanto por las autoridades municipales, estatales y federales correspondientes, como por los sectores académicos, productivos y sociales que sean invitados a participar. Los grupos conformarán sus programas de trabajo de manera anual y se reunirán preferentemente de forma trimestral. Asimismo, con la finalidad de facilitar la logística, coordinación y seguimiento de los avances, al interior de cada grupo se nombrará a un representante. A partir de las reuniones de trabajo se preparará un informe que contenga en su formato, al menos, la siguiente información:

- Instituciones participantes y nombre de los integrantes del grupo;
- Las acciones realizadas para la instrumentación de las medidas;
- Acuerdos, seguimiento de acuerdos y avances;
- Identificación de barreras para la instrumentación de las medidas;
- El cálculo de la reducción de emisiones lograda por la aplicación de la medida.

La evaluación técnica de las medidas se apoyará en indicadores de calidad del aire, tales como la concentración de los contaminantes, reducción de emisiones en la fuente y los efectos en salud para lo cual será fundamental contar con información actualizada de inventarios de emisiones y monitoreo de calidad del aire y contar con estudios que evalúen el riesgo por exposición a contaminantes.

Asimismo, la Coordinación Aire Limpio para el Valle de Toluca convocará y organizará dos evaluaciones públicas, generando los documentos con los resultados obtenidos.

6.5. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS A INSTRUMENTAR

A continuación se presenta la descripción de cada una de las medidas que conforman el Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011.

6.5.1. ESTRATEGIA I. REDUCCIÓN DE EMISIONES EN FUENTES NATURALES Y DE ÁREA

I. COADYUVAR CON LAS INSTITUCIONES RESPONSABLES EN PROGRAMAS DE RECUPERACIÓN DE SUELOS EROSIONADOS.

Objetivo:

Reducir la emisión de partículas suspendidas originadas en áreas sujetas a procesos de erosión.

Justificación:

En la ZMVT los municipios de Toluca, Ocoyoacac, Lerma, y Zinacantepec presentan una ascendente susceptibilidad en los procesos de erosión, en una superficie de 187.5 km² derivado de los procesos naturales, tales como: la lluvia y la acción del viento, las actividades humanas de turismo, recreación y esparcimiento en el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y en el Parque Estatal Nevado de Toluca; actividades agropecuarias y de extracción de materiales para la construcción; que dan origen a un estimado de 2,205.4 toneladas de partículas PM₁₀ a lo largo de un año, que representan el 60.3% del total emitido en la región.

Meta:

A largo plazo, controlar los suelos con susceptibilidad alta a los procesos de erosión.

Beneficio:

Se disminuirá la remoción y suspensión de partículas por el viento, se recuperará parte de la cobertura vegetal perdida, permitiendo regular las condiciones locales del estado de tiempo que a largo plazo impactarían en el microclima de la región.

Además se contribuirá al incremento de la recarga de los mantos acuíferos de la zona, así mismo a lograr una disminución en el azolve por arrastre fluvial de sedimentos a redes de drenaje público, próximos a áreas agrícolas o sistemas montañosos.

Instrumentación:

A mediano plazo la Secretaría del Medio Ambiente en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y la Secretaría del Agua y Obra Pública, estructurarán programas que involucren a los municipios de la ZMVT; considerará la recopilación técnica detallada y estudios básicos de cada espacio afectado por procesos de erosión, así como proyectos ejecutivos para obras de conservación y recuperación de suelos susceptibles de ser recuperados mediante prácticas u obras de conservación, como la construcción de terrazas, zanjas, trincheras y presas de gavión para el control de azolves, cortinas rompevientos y la inserción de cubierta vegetal en suelos degradados.

Asimismo, se fortalecerán las acciones de reforestación en suelos con proceso de desertificación; suelos perturbados y de aptitud preferentemente forestal o en suelos degradados de cualquier clase, incluidas aquellas plantaciones con baja densidad para fines de uso forestal y pecuario.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Secretaría del Agua y Obra Pública y gobiernos municipales.

2. PROMOVER LA ACTUALIZACIÓN, DIAGNÓSTICO Y RESTAURACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS.

Objetivo:

Disminuir la emisión de partículas a la atmósfera generadas por la extracción y transporte de materiales pétreos y rehabilitar las minas que se encuentran fuera de actividad o abandonadas, mediante la aplicación y vigilancia de la norma NTEA-002-SEGEM-AE-2004.

Justificación:

La actividad de explotación de materiales pétreos se ha desarrollado en la entidad generando impactos al ambiente, por el arrastre del viento de las partículas más pequeñas, aunado a que algunos bancos de materiales pétreos al concluir su periodo productivo se les destinan para usos inadecuados como tiraderos. Al respecto, en marzo de 2004 la autoridad ambiental del Estado de México emitió la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SEGEM-AE-2004, la cual regula la exploración, explotación y transporte de materiales pétreos en el Estado de México, en dicha norma se establecen una serie de lineamientos para la protección al ambiente y la mitigación del impacto ambiental, así como un programa de rehabilitación del área afectada. Actualmente, en la ZMVT existen 19 localidades mineras por lo que al término de sus operaciones se deberá vigilar que cumplan con dicha norma.

Meta:

A corto plazo, contar con un padrón actualizado de bancos de materiales pétreos y minas abandonadas.

A mediano y largo plazo, promover la rehabilitación en cada una de las localidades mineras, concientizando a los propietarios de bancos de materiales pétreos para que los restauren y lleven a cabo las medidas de mitigación correspondientes.

Beneficio:

Evitar que los sitios abandonados se utilicen como sitios de disposición final. Evitar la emisión de partículas suspendidas, reduciendo la superficie susceptible de erosión. Disminuir la emisión de partículas originadas por la actividad minera.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente, por conducto de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México vigilará el cumplimiento de las medidas de mitigación establecidas en los dictámenes de impacto ambiental durante la preparación, operación y abandono del sitio, así como los lineamientos de “rehabilitación ecológica” señalados en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SEGEM-AE-2004.

La policía de tránsito estatal así como la municipal vigilarán que los transportistas cubran el material para evitar el derrame de producto, aplicando las sanciones que señale el Reglamento de Tránsito Estatal y Municipal correspondiente.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Instituto de Fomento Minero y Policía de Tránsito Estatal y Municipal

3. REFORZAR LAS CAMPAÑAS DE PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES.

Objetivo:

Impulsar acciones de gobierno para prevenir, detectar y combatir oportunamente los incendios forestales naturales o inducidos por actividades humanas, a fin de mitigar los daños al ambiente.



Justificación:

Entre las diversas causas que originan los incendios forestales, que pueden ser naturales o inducidos, destacan aquellos que resultan de las actividades humanas, al hacer uso del fuego durante los procesos de preparación de terrenos con fines forestales, agrícolas y pecuarios, así como en la limpieza de derechos de vía, control de plagas, malezas y actividades de índole recreativa. El problema se agrava cuando estos aumentan su frecuencia a lo largo del año pues contribuyen a los procesos erosivos y evitan la regeneración de la vegetación, aunado a la emisión de monóxido de carbono y partículas.

Meta:

A corto plazo, disminuir el número y extensión afectada por los incendios forestales.

Beneficio:

Conservar las áreas forestales, reducir la erosión del suelo, proteger el hábitat de las especies de flora y fauna silvestres, abatir las emisiones principalmente de monóxido de carbono y partículas suspendidas.

Instrumentación:

Las autoridades federales, estatales y municipales, en el ámbito de su competencia reforzarán la aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997, la cual regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios y establece las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales. Para ello se partirá de la coordinación institucional mediante la ejecución de planes estratégicos de trabajo en donde se definen los ámbitos de responsabilidad y se aumente la infraestructura existente.

Será importante considerar en las autorizaciones de quemas controladas, las condiciones meteorológicas y los datos de calidad del aire de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT, a fin de asegurar que existan las condiciones óptimas de dispersión de contaminantes y que no incidan en aumentar las concentraciones de los mismos.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Protectora de Bosques (PROBOSQUE), Delegación Estatal de la SEMARNAT, Comisión Nacional Forestal y gobiernos municipales.

4. REFORZAR CAMPAÑAS DE CONTROL A LA TALA ILEGAL EN ÁREAS DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA.

Objetivo:

Fortalecer dentro del Sistema de Áreas Naturales Protegidas, el resguardo de los bosques para garantizar la conservación e incremento de su densidad forestal y ofrecer servicios ambientales de manera óptima; a fin de evitar procesos de erosión y emisión de partículas hacia la atmósfera.

Justificación:

La ZMVT se encuentra rodeada de 434.7 km² de suelo forestal resguardado en Áreas Naturales Protegidas (ANP's) de diferente jurisdicción, que están sujetas a diversas presiones antropogénicas, como: la invasión de asentamientos irregulares en los márgenes de la ZMVT, apertura de espacios forestales para la práctica de actividades turísticas y la explotación irracional e ilícita de sus bosques para su comercialización; todas estas actividades ponen en riesgo su estabilidad ecológica provocando la pérdida de la cubierta vegetal con la consecuente erosión del suelo tanto hídrica como eólica, siendo ésta última una de las principales fuentes emisoras de partículas suspendidas.

Meta:

A mediano plazo, aumentar la masa forestal en las zonas de mayor afectación dentro de las áreas naturales protegidas de la Sierra de las Cruces y el Nevado de Toluca.

Beneficios:

Mantener la densidad forestal dentro de las Áreas Naturales Protegidas, con el fin de contribuir a mejorar la calidad del aire mediante la captura y remoción de contaminantes.

Instrumentación:

Con base en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la SEMARNAT por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la Agencia de Seguridad Estatal, la Secretaría del Medio Ambiente, por conducto de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, a través de la Protectora de Bosques, reforzarán el combate a la tala clandestina.

La PROFEPA en coordinación con la CONAFOR, la PROPAEM y PROBOSQUE implementarán programas de vigilancia y atención a denuncias en los municipios involucrados.



Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría de Desarrollo Agropecuario (PROBOSQUE), Secretaría del Medio Ambiente, (Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México) y Agencia de Seguridad Estatal.

5. REFORZAR LAS CAMPAÑAS DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN CON PLANTACIONES DE ESPECIES NATIVAS DE LA REGIÓN.

Objetivo:

Incrementar la masa forestal y las áreas verdes en camellones, parques y jardines, tanto en áreas urbanas y rurales de la ZMVT, a fin de permitir la reducción de emisiones de partículas suspendidas, creando sitios para la recreación y convivencia de la población.

Justificación:

Dentro de las áreas verdes y zonas boscosas que conforman cada municipio de la ZMVT, diversas unidades de suelo, consideradas para la recreación y la práctica del deporte de la sociedad, se encuentran desprovistas de vegetación; representando áreas potenciales de generación de partículas PM_{10} que requieren de atención para la aplicación de técnicas vegetativas de renuevo.

Meta:

A corto y mediano plazo, rehabilitar la masa forestal y los espacios que comprenden suelos desprovistos de vegetación como las unidades deportivas, centros escolares, jardines públicos y camellones, considerando tamaño, especies y la época del año más adecuada.

Beneficios:

Mejorar la calidad de aire requerida para contar con una mejor calidad de vida de los habitantes de la ZMVT.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y la Secretaría del Agua y Obra Pública impulsarán a los gobiernos municipales a reforzar la actividad de forestación, reforestación y restauración de suelos degradados mediante la inserción de vegetación nativa de la región.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Secretaría del Agua y Obra Pública, y gobiernos municipales.

6. OPERATIVOS PARA EL CONTROL DE QUEMAS DE RESIDUOS A CIELO ABIERTO, FOGATAS Y FUEGOS ARTIFICIALES EN ÉPOCA INVERNAL.

Objetivo:

Prevenir el incremento en la concentración de partículas y monóxido de carbono provenientes de la quema a cielo abierto, fogatas, cohetes y fuegos artificiales.

Justificación:

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca ha registrado históricamente un incremento notable de los índices de calidad del aire por partículas PM_{10} , principalmente en la época invernal y particularmente en las fiestas decembrinas; registrando en los últimos años valores que rebasan la norma de calidad del aire para este contaminante, atribuibles a actividades humanas, presentándose condiciones desfavorables para la dispersión de contaminantes que ponen en riesgo la salud de la población.

Meta:

A mediano plazo, evitar el incremento en la concentración de partículas PM_{10} .

Beneficio:

Evitar que la población de la ZMVT se exponga a altos niveles de contaminación, incidiendo principalmente en la reducción de enfermedades respiratorias.

Instrumentación:

Los gobiernos municipales por conducto de sus áreas de Protección Civil y Policía Municipal, así como la Agencia de Seguridad Estatal, implementarán operativos durante todo el año y principalmente durante las festividades decembrinas, para evitar la quema al aire libre de llantas, residuos, fogatas y fuegos artificiales, exhortando a la población a reducir estas prácticas.

Participantes:

Protección Civil del Gobierno del Estado de México, Seguridad Pública Estatal, gobiernos municipales, Policía y Protección Civil Municipal, Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México.

6.5.2. ESTRATEGIA II. REDUCCIÓN Y CONTROL DE EMISIONES EN VEHÍCULOS Y TRANSPORTE

7. FORTALECER EL PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR OBLIGATORIA.

Objetivo:

Fortalecer la aplicación del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio, aumentando la detección de vehículos que no cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de emisión de contaminantes.

Justificación:

Las fuentes móviles de la ZMVT son responsables de más del 93% de las emisiones totales de contaminantes, los cuales contribuyen con el 99% de las emisiones de monóxido de carbono, con 81% de óxidos de nitrógeno y el 69% de hidrocarburos. Asimismo, tomando en cuenta que el 42% del transporte público tiene más de 10 años de antigüedad, por tanto, carecen de sistemas de control de emisiones, lo que aunado a las características de altitud de la ZMVT provocan que los procesos de combustión sean menos eficientes y más contaminantes.

Meta:

A corto y mediano plazo, reducir las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos en los vehículos automotores en la ZMVT.

Beneficio:

Disponer de un parque vehicular con mejores condiciones físico-mecánicas, que incida en un ahorro de combustible, reducción de emisiones y alargue la vida útil de las unidades automotrices mediante su mantenimiento periódico.

Incidir en que los autos emplacados en otras entidades y en el extranjero que circulen en la ZMVT cumplan con los niveles de emisiones que marcan las Normas Oficiales Mexicanas.

Instrumentación:

Las autoridades competentes reforzarán la aplicación y vigilancia del Programa de Verificación Vehicular, para que todos aquellos vehículos que no hayan verificado en el semestre correspondiente, sean sancionados.

Se realizarán visitas de inspección a los Centros de Verificación Vehicular para asegurar su adecuado funcionamiento.

Se promoverá la denuncia ciudadana para reportar aquellos vehículos que no cuenten con la verificación, asegurando que el servicio telefónico ECOTEL y denuncia ciudadana por Internet, canalice los reportes a las autoridades correspondientes.

La Secretaría del Medio Ambiente difundirá la verificación voluntaria de vehículos emplacados en otras entidades federativas y del extranjero que circulen en la ZMVT, de conformidad en lo establecido en el Programa de Verificación Vehicular vigente.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, Agencia de Seguridad Estatal y Tránsito Municipal.

8. FORTALECER EL PROGRAMA DE DETENCIÓN Y RETIRO DE VEHÍCULOS OSTENSIBLEMENTE CONTAMINANTES Y VEHÍCULOS NO VERIFICADOS.

Objetivo:

Revisar y rediseñar el Programa Ostensiblemente Contaminante con el fin de asegurar su cumplimiento para reducir las emisiones.

Justificación:

Algunos propietarios de vehículos de transporte público evaden la obligación de verificar y mantener en buenas condiciones mecánicas sus vehículos automotores, contribuyendo a aumentar las emisiones.

La Secretaría del Medio Ambiente opera el Programa de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes y Vehículos no Verificados sancionando a los conductores de vehículos que contaminan ostensiblemente. Dicho programa consiste en una inspección visual del color del humo que se emite por los escapes de los vehículos.



Meta:

A corto plazo, contar con un Programa más objetivo.

A mediano plazo, reducir las emisiones generadas por los vehículos automotores.

Beneficio:

Coadyuvar en el cumplimiento del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria. Aumentar la credibilidad de la autoridad ambiental en la aplicación de sanciones por el incumplimiento de la Normatividad Ambiental; e inducir en un cambio de actitud más responsable por parte de los propietarios de los vehículos para dar mantenimiento preventivo y correctivo a sus unidades.

Instrumentación:

Las autoridades ambientales correspondientes llevarán a cabo la revisión de los aspectos técnicos, operativos, jurídicos y administrativos del Programa Ostensiblemente Contaminante y Vehículos no Verificados con el fin de subsanar las deficiencias en la aplicación del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio en la entidad.

Se realizarán las gestiones para la adquisición de sensores remotos y opacímetros, lo cual permitirá aumentar la objetividad y eficiencia del Programa. Una vez que se cuente con los instrumentos y equipamiento necesario, se elaborará un plan de trabajo en el cual se definan brigadas y puntos de revisión para la detección y retiro de la circulación de vehículos ostensiblemente contaminantes; así como la supervisión a las brigadas en cuanto a los procedimientos de sanción.

Será importante que tanto, el gobierno estatal como el municipal realicen campañas informativas sobre la aplicación de los Programas Ostensiblemente Contaminante y de Vehículos no Verificados.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, Agencia de Seguridad Estatal y gobiernos municipales.

9. PROMOVER EL REORDENAMIENTO Y ESTABLECIMIENTO DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.

Objetivo:

Promover el uso eficiente del sistema de transporte público de pasajeros, mediante la asignación de rutas de autobuses urbanos en zonas estratégicas, que permitan agilizar la circulación de vehículos en calles y avenidas de la ZMVT.

Justificación:

El sector transporte contribuye con más del 93% de las emisiones totales de contaminantes y representa una de las principales fuentes de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, los cuales son precursores de ozono. Por ello, se requiere ofrecer un sistema de transporte seguro y eficiente, logrando con ello la reducción de emisiones por pasajero por kilómetro recorrido. Asimismo, con el crecimiento del área urbana se requiere de un sistema metropolitano de corredores que conecte distintos puntos de la ZMVT de manera fluida para obtener ahorros en tiempos de traslado y en consumo de combustible.

Meta:

A mediano plazo, coadyuvar en los trabajos de reordenamiento del transporte público que permitan agilizar la circulación de los vehículos de pasajeros.

Beneficio:

Reducción de emisiones contaminantes, disminución de tiempos de traslado y mejorar las condiciones de servicio del transporte público de pasajeros.

Instrumentación:

La Secretaría de Comunicaciones, en coordinación con la Secretaría de Transporte y la Secretaría de Desarrollo Metropolitano, desarrollarán estudios para mejorar la red vial urbana con adecuaciones de paraderos e infraestructura vial, colocando señalamientos viales en las principales calles y avenidas.

Participantes:

Secretaría de Comunicaciones, Secretaría de Transporte, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y gobiernos municipales.

10. PROMOVER LA MODERNIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.

Objetivo:

Fomentar el cambio de unidades vehiculares que prestan servicio de transporte público de pasajeros impulsando la compra de unidades nuevas y la adopción de tecnologías para reducción del uso de combustibles y emisiones.

Justificación:

El transporte público de pasajeros cuenta con unidades que tienen varios años de servicio, por lo que son potencialmente más contaminantes, debido a que sus sistemas de control de emisiones no funcionan correctamente o carecen de ellos, razón por la cual se requiere reforzar la renovación de unidades en este sector para mejorar el servicio y cumplir con la normatividad en la materia.

Meta:

A mediano plazo, la sustitución gradual de autobuses urbanos y suburbanos con más de diez años de edad, por unidades nuevas.

Beneficio:

Reducir las emisiones contaminantes al contar con unidades con motores más eficientes y menos contaminantes, cumpliendo con las normas ambientales.

Brindar mayor confort y seguridad a los usuarios al mejorar las características de las unidades de transporte público.

Reducir la emisión de gases de efecto invernadero, mediante sistemas más eficientes que permitan el ahorro de combustible.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente promoverá ante la Secretaría de Transporte una serie de acciones que permitan la sustitución de unidades del transporte público de pasajeros, dando prioridad a aquellas unidades de mayor antigüedad. Paralelamente, se buscarán esquemas de financiamiento para la compra de nuevas unidades.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente y Secretaría de Transporte.

II. PROMOVER EL ESTABLECIMIENTO DE CORREDORES PARA EL TRANSPORTE DE CARGA.

Objetivo:

Mejorar el flujo vehicular del transporte de carga mediante el establecimiento de corredores para disminuir las emisiones contaminantes.

Justificación:

La red vial de la ZMVT de acuerdo a su función urbana presenta distintas características como dimensión, número de carriles, tipo de pavimento, señalización, entre otras. Existen vías que captan grandes volúmenes de vehículos en circulación, las que tienen la función de distribución a diferentes lugares circunvecinos a la ZMVT, así como las vialidades secundarias que dan acceso directo a los domicilios particulares. Sin embargo, por la dinámica de crecimiento de esta metrópoli el transporte de carga circula por vialidades con alto flujo vehicular, y que en algunos casos no reúne las características técnicas que este tipo de transporte requiere para disminuir los impactos ambientales que implican sus dimensiones, el estado físico-mecánico y la circulación dentro del área urbana.

Otra problemática del transporte de carga es la relacionada con su logística, la cual presenta tres situaciones generales: (1) Aquellas unidades de carga que cruzan la Zona Metropolitana del Valle de Toluca pero que tienen un origen-destino distinto a la ZMVT; (2) Aquellas unidades que transportan insumos a la industria, mercancía para abastecer a la central de abasto, mercados, centros comerciales y tiendas de autoservicio; y (3) Unidades de distribución de mediana y baja capacidad que transportan diversos productos para satisfacer las necesidades de la población.

Meta:

A mediano plazo, definir los principales corredores para el transporte de carga.

Beneficio:

Disminuir las emisiones generadas por este tipo de transporte, descongestionar calles y avenidas, aumentar la velocidad del flujo vehicular en “horas pico”, y establecer una estrategia integral de vialidades.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente promoverá ante las autoridades de transporte correspondientes, la elaboración de un diagnóstico sobre la operación e infraestructura que utiliza el transporte de carga, en donde se identifiquen y analicen puntos conflictivos y rutas alternativas técnicamente adecuadas. Asimismo, se impulsará la elaboración de proyectos



ejecutivos para la implementación de los corredores seleccionados y se buscarán esquemas de financiamiento.

La Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito, así como las Direcciones de Tránsito Municipal aplicarán rigurosamente el reglamento de horarios de carga y descarga de mercancías.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Comunicaciones, Secretaría de Transporte, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito y gobiernos municipales.

12. PROMOVER LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS PARA LA INCORPORACIÓN DE TRANSPORTE MENOS CONTAMINANTE.

Objetivo:

Sentar las bases técnicas para el desarrollo de proyectos referentes a transporte público de pasajeros de mediana y gran capacidad, que permitan la incorporación de vehículos con bajas o cero emisiones contaminantes.

Justificación:

Actualmente la ZMVT cuenta con medios de transporte público de pasajeros de capacidades altas y bajas como son autobuses, microbuses y taxis, los cuales utilizan para su locomoción diesel y gasolina; combustibles fósiles que contribuyen en las emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono, principalmente. Por ello es necesario considerar otro medio de transporte que utilice combustibles más limpios, que mueva un mayor número de personas por kilómetro recorrido y que, además, satisfaga la demanda de viajes-persona-día como consecuencia del incremento poblacional.

Meta:

A mediano plazo, contar con estudios técnicos ambientales y económicos acerca de transporte de mediana y gran capacidad que utilicen gas natural o energía eléctrica.

Beneficio:

Contar con herramientas objetivas de viabilidad económica y financiera para la reducción de emisiones, en proyectos de transporte masivo menos contaminante, que permitan la toma de decisiones y la planeación del desarrollo de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca a mediano y largo plazo.

Instrumentación:

Promover ante las Secretarías de Comunicaciones y de Transporte la elaboración de los estudios técnicos necesarios sobre transporte de mediana y gran capacidad y tecnologías que utilicen gas natural o sistemas eléctricos principalmente. A su vez la Secretaría del Medio Ambiente podrá participar en la revisión de los estudios aportando los elementos que considere pertinentes.

Participantes:

Secretaría de Comunicaciones, Secretaría de Transporte, Instituto de Transporte del Estado de México, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría del Medio Ambiente.

13. PROMOVER LA INTENSIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE PAVIMENTACIÓN DE CALLES, AVENIDAS Y CAMINOS.

Objetivo:

Reducir las emisiones de partículas generadas en calles, avenidas y caminos sin pavimentar.

Justificación:

La emisión de partículas proveniente de calles, avenidas y caminos sin pavimentar en la ZMVT se estima en 7.3 toneladas anuales de partículas PM_{10} . El paso constante vehicular por estas vialidades, aunado a la acción del viento favorece la suspensión de polvos, lo que ocasiona afectaciones a la salud de la población.

Meta:

A corto y mediano plazo, incrementar el número de kilómetros de calles, avenidas y caminos pavimentados.

Beneficio:

Disminuir las emisiones de partículas generadas por el tránsito vehicular en calles, avenidas y caminos sin pavimentar, así como mejorar las condiciones urbanas existentes en los municipios que integran la ZMVT.

Instrumentación:

La Secretaría del Agua y Obra Pública, la Secretaría de Comunicaciones y los gobiernos municipales impulsarán la pavimentación de calles, avenidas y caminos, mejorando las condiciones de rodamiento y disminuyendo las emisiones de partículas.

Los gobiernos municipales identificarán las plazas públicas, las calles y avenidas con mayor acumulación de polvo, donde realizarán con mayor frecuencia el barrido de calles y avenidas y la recolección de basura.

Participantes:

Secretaría del Agua y Obra Pública, Secretaría de Comunicaciones y gobiernos municipales.

6.5.3. ESTRATEGIA III. REDUCCIÓN Y CONTROL DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA, COMERCIOS Y SERVICIOS

14. FORTALECER LAS FUNCIONES DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA EN LA INDUSTRIA, COMERCIOS Y SERVICIOS.

Objetivo:

Reforzar la aplicación de la normatividad vigente para reducir las emisiones contaminantes generadas en establecimientos industriales, comerciales y de servicios a través de la mejora de recursos de personal y equipamiento.

Justificación:

Actualmente la insuficiencia de recursos económicos, infraestructura, equipos de medición, seguridad y de capacitación de personal ha limitado la inspección y vigilancia a los establecimientos industriales, comerciales y de servicio. Teniendo en cuenta que en municipios como Toluca, San Mateo Atenco y Zinacantepec el número de unidades manufactureras se han incrementado según el Censo Económico 2004; por lo tanto es necesario reforzar las áreas de inspección de jurisdicción federal, estatal y municipal.

Meta:

A corto plazo, aumentar el número de personal y equipamiento con que cuentan las áreas de inspección y vigilancia.

A mediano plazo, evaluar el cumplimiento de la normatividad utilizando indicadores tales como: visita de inspección, número y anomalías detectadas, vs. visita de verificación, número y anomalías corregidas.

Beneficio:

Obtener mayores niveles de cumplimiento normatividad, reduciendo las emisiones al ambiente.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente por conducto de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, impartirá cursos de capacitación al personal de las áreas de inspección y vigilancia ambiental de los municipios de la ZMVT, así como asesoría jurídica.

Las autoridades ambientales de los gobiernos federal, estatal y municipal promoverán ante las instancias correspondientes la adquisición de equipos de medición, de seguridad, vehículos de transporte, y otros insumos necesarios en las actividades de inspección y vigilancia.

Las tres instancias de gobierno antes mencionadas, elaborarán un padrón de los giros industrial, comercial y de servicio con prioridad de atención (por su potencial contaminante). La base de datos única será actualizada y compartida por los tres órdenes de gobierno.

Los gobiernos municipales realizarán las adecuaciones a su marco jurídico en materia ambiental, conforme a las disposiciones del Código de Biodiversidad del Estado de México y los reglamentos que de él emanen.

Participantes:

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México y gobiernos municipales.

15. FOMENTAR LA APLICACIÓN DE PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN CON TECNOLOGÍA MÁS LIMPIA Y REFORZAR LA AUTORREGULACIÓN DE LA MICRO Y PEQUEÑA INDUSTRIA.

Objetivo:

Reducir las emisiones contaminantes generadas por la micro y pequeña industria mediante la incorporación de tecnologías de control y sistemas de administración ambiental.

Justificación:

Las grandes y medianas empresas cuentan con capacidad financiera para invertir en equipos de control, mejorar sus procesos y fomentar el ahorro de energía, cumpliendo con la normatividad ambiental; mientras que otro segmento integrado por pequeñas empresas y microempresas, tienen recursos económicos limitados con prioridades ajenas a las ambientales. Este segundo grupo requiere apoyo y asesoría por parte de la autoridad ambiental para que su capacidad productiva no se vea afectada al cumplir con la normatividad ambiental.



Meta:

A mediano plazo, incorporar a la industria que realiza las actividades más contaminantes, en procesos de producción más limpia y de autorregulación.

Beneficio:

Incrementar la competitividad de la micro y pequeña industria; mejorando el desempeño ambiental de las empresas con el ahorro en el consumo de materias primas, energía eléctrica y combustibles.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente identificará dentro de los micros y pequeños establecimientos las ramas de actividades económicas que sean prioritarios por su contribución en las emisiones contaminantes.

Con apoyo de las cámaras gremiales y asociaciones de industriales se promoverán cursos de capacitación y asesoría técnica en gestión ambiental rentable y producción más limpia.

La Secretaría del Medio Ambiente, junto con las universidades e institutos tecnológicos, elaborarán planes de ahorro de materia prima, energía, mismos que serán difundidos a los diferentes sectores productivos. Asimismo, mediante un proceso de seguimiento y evaluación, se darán a conocer, los casos más exitosos para cada giro.

La Secretaría del Medio Ambiente, la Secretaría de Finanzas y la Secretaría de Desarrollo Económico, buscarán las fuentes de financiamiento en apoyo a la micro y pequeña industria para la adquisición e instalación de equipos de control de emisiones contaminantes.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Finanzas, Secretaría de Desarrollo Económico, Cámaras y Asociaciones de Industriales, Universidades e Institutos Tecnológicos y sector industrial.

16. FOMENTAR LA RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA E INTENSIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE CONTROL DE EMISIONES EN HORNOS LADRILLEROS Y TALLERES DE ALFARERÍA.

Objetivo:

Modernizar los procesos de producción de tabique y alfarería con tecnología que utilice combustibles más limpios.

Justificación:

En los municipios de Metepec, Toluca y Zinacantepec existen alrededor de 513 hornos artesanales de fabricación de ladrillo, (la mayoría distribuidos en Metepec). Las condiciones de los procesos de producción generan la emisión de contaminantes a la atmósfera, debido principalmente a la combustión de los materiales utilizados para la cocción del tabique tales como llantas y aceites usados y todo tipo de residuo.

En los municipios de Metepec, Toluca y Zinacantepec existen alrededor de 513 hornos artesanales de fabricación de ladrillo, (la mayoría distribuidos en Metepec). Los procesos de producción de estos hornos y talleres generan emisión de contaminantes a la atmósfera, por la combustión de los materiales utilizados para la cocción del tabique tales como llantas, aceites usados y todo tipo de residuos. Además, en algunos casos se utilizan residuos peligrosos para la combustión, lo que posibilita la generación de sustancias tóxicas como dioxinas y furanos. De acuerdo al Inventario de Emisiones de la ZMVT el aporte anual de contaminantes por esta actividad corresponde a 122.7 toneladas de PM_{10} , 652.3 ton. de SO_2 , 199.3 ton. de CO, 27 ton. de NO_x y 179.2 ton. de HC.

Otro aspecto a considerar es el de la salud ocupacional, pues los trabajadores se encuentran expuestos directamente a los gases de combustión, en la mayoría de las ocasiones sin protección alguna..

Meta:

A mediano plazo, abatir las emisiones de partículas PM_{10} y bióxido de azufre por los procesos referidos.

Beneficio:

Fomentar procesos amigables con el entorno ambiental, una economía más productiva y proteger la salud de los operarios.

Instrumentación:

La Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México en coordinación con las autoridades municipales conformará brigadas para vigilar que no se utilicen sustancias, materiales o residuos inadecuados como combustible. Asimismo, las autoridades municipales acordarán con los productores de ladrillo y alfarería disminuir las quemas durante episodios de altas concentraciones de contaminantes registrados por la RAMA-ZMVT, previo aviso de la Secretaría del Medio Ambiente.

La Secretarías de Medio Ambiente y de Desarrollo Económico promoverán el uso de mejores tecnologías mediante programas de sensibilización y capacitación a productores y



autoridades para el uso de combustibles menos contaminantes y para lograr un mayor control y eficiencia en la operación de los hornos.

Paralelamente se promoverá el desarrollo de una norma técnica estatal que regule esta actividad, estableciendo en ella los combustibles permitidos y los niveles máximos de emisión.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Económico y gobiernos municipales.

17. PROMOVER LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES FASE II EN ESTACIONES DE SERVICIO.

Objetivo:

Reducir las emisiones de hidrocarburos generados en las operaciones de distribución y suministro de combustible en estaciones de servicio y de autoconsumo en empresas en la ZMVT, mediante la aplicación de una norma que establezca el uso del Sistema de Recuperación de Vapores.

Justificación:

La instalación de sistemas de recuperación de vapores en estaciones de servicio ha probado ser una medida efectiva en la reducción de compuestos orgánicos volátiles, reduciendo en más del 90% las emisiones de este contaminante. Actualmente la norma NOM-092-ECOL-1995 establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de Sistemas de Recuperación de Vapores de Gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en la Zona Metropolitana del Valle de México, por lo que sólo incluye a 36 municipios del Valle Cuautitlán-Texcoco. Por lo tanto es necesario elaborar una norma específica para la instalación de estos sistemas en todas las estaciones de servicio en la ZMVT, ya que solo 4 de las 115 existentes en la Zona han instalado este sistema de forma voluntaria.

Meta:

A mediano plazo, contar con una norma referente a recuperación de vapores en estaciones de servicio que incluya los municipios de la ZMVT.

Beneficio:

Reducir la emisión diaria de compuestos orgánicos volátiles en más del 90% en las operaciones de distribución y suministro de combustible en la ZMVT. Asimismo, brindar mejo-

res condiciones de trabajo a los operarios de las estaciones al reducir la exposición a este contaminante.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente promoverá la creación de una Norma Técnica Estatal Ambiental que establezca los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en la ZMVT.

La Secretaría del Medio Ambiente gestionará con la Asociación de Distribuidores de Gasolina y Lubricantes de la ZMVT, la implementación de los sistemas de recuperación de vapores en las estaciones de servicio.

Participantes:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México y la Asociación de Distribuidores de Gasolina y Lubricantes del Valle de Toluca.

6.5.4. ESTRATEGIA IV. PROTECCIÓN A LA SALUD

18. PROMOVER EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA ASOCIADO A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Objetivo:

Contar con información epidemiológica que sistemáticamente sea recopilada y analizada, para relacionar la información de calidad del aire con la salud de la población, con el fin de implementar medidas encaminadas a la protección contra riesgos sanitarios.

Justificación:

Los contaminantes atmosféricos se han asociado como principal causa de problemas en la función pulmonar, las enfermedades respiratorias y el incremento en las enfermedades cardiovasculares. Niveles altos de contaminación atmosférica perjudican directamente a personas que padecen asma y otros tipos de enfermedades pulmonares o cardíacas.

La relación existente entre las enfermedades humanas y la exposición a los contaminantes no es sencilla ni se conoce con exactitud. No obstante, existen pruebas abundantes de que en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos.



Por lo antes mencionado es de vital importancia que se establezca y opere de manera continua un sistema de vigilancia epidemiológica, que permita determinar en que grado afectan los incrementos de los niveles de contaminación a la salud.

Meta:

A mediano plazo establecer un Sistema de Vigilancia Epidemiológica asociado a los contaminantes presentes en el aire de la ZMVT y contar con indicadores en salud.

Beneficio:

Contar con un Sistema Permanente de Evaluación que permita tomar dediciones en relación a los efectos en la salud de la población y sustentar las bases para la revisión de programas de gestión de calidad del aire.

Instrumentación:

Las autoridades competentes de salud, de los gobiernos federal y estatal, revisarán el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica para identificar áreas de oportunidades para la implementación de un Sistema de Vigilancia Epidemiológica en la ZMVT respecto a enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica.

Revisarán los mecanismos y, en su caso definirán aquéllos que sean más adecuados para la recopilación, depuración y análisis de la información con la que se alimentará el Sistema de Vigilancia Epidemiológica.

Una vez puesto en marcha el sistema de vigilancia epidemiológica se podrán generar los indicadores en salud que a continuación se proponen:

- Admisión en hospitales por enfermedades respiratorias (crónicas y agudas).
- Visita a la sala de emergencia por enfermedades respiratorias.
- Días de actividad restringida total (adultos).
- Días de actividad restringida menor (total adultos).
- Efectos en asmáticos (ataques de asma, tos sin flema, tos con flema y uso de broncodilatador, algunos síntomas respiratorios, síntomas respiratorios menores).
- Síntomas respiratorios mayores, síntomas respiratorios inferiores.
- Morbilidad crónica (bronquitis crónica, casos adicionales, tos crónica, prevalencia).
- Mortalidad crónica total.
- Mortalidad aguda total infantil.

Participantes:

Secretaría de Salud del gobierno federal, Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de México, Instituciones del sector salud tanto Federales como Estatales y Secretaría del Medio Ambiente.

19. FOMENTAR EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN EN SALUD AMBIENTAL Y QUÍMICA AMBIENTAL.

Objetivo:

Ampliar el conocimiento técnico-científico de los procesos que afectan la salud de la población de la ZMVT por exposición a la contaminación del aire, así como la formación de contaminantes primarios y secundarios.

Justificación:

Sin duda existen muchos estudios científicos a nivel internacional sobre los efectos de la contaminación en la salud humana, así como de química ambiental. En el caso de México, la mayoría de los estudios en salud ambiental han utilizado como caso de estudio a la Zona Metropolitana del Valle de México, habiendo realmente pocos estudios que consideren como marco de referencia a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Es necesario contar con estudios en salud ambiental y química ambiental que tomen en cuenta las características particulares de la población de la ZMVT por exposición a los contaminantes atmosféricos y con ello evitar hacer extrapolaciones de estudios del extranjero y de otras ciudades del país con características diferentes en cuanto a población, actividades económicas y propiedades físico-químicas de su atmósfera.

Meta:

A mediano y largo plazo, contar con estudios técnicos-científicos en materia de salud ambiental y química atmosférica.

Beneficio:

Contar con estudios de evaluación a la salud que permitan la toma de decisiones en relación a los efectos ocasionados por los contaminantes atmosféricos a la población de la ZMVT, así como contar con un sustento técnico y actualizado de los costos derivados de la exposición a diversas fuentes contaminantes que sirva para la revisión de Programas de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente y la Secretaría de Salud en el ámbito de su competencia solicitarán a universidades o institutos nacionales estudios técnico-científicos respecto a los siguientes temas prioritarios:

- Efectos en salud por la exposición crónica a contaminantes atmosféricos.
- Evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud por la contaminación del aire.
- Estudio de la relación de la composición química de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ y sus implicaciones en los mecanismos de toxicidad (estrés oxidativo).
- Caracterización físico-química de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$.
- Caracterización de hidrocarburos.
- Estudio de dispersión y transporte de contaminantes.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Salud, Instituto de Salud del Estado de México, Institutos Nacionales y Estatales de Investigación y Universidades e Institutos Tecnológicos.

20. COADYUVAR AL PROGRAMA DE COMUNICACIÓN DE RIESGO A LA SALUD.

Objetivo:

Implementar acciones para promover un cambio de actitud en la población a través de la protección de la salud mediante una estrategia de comunicación de riesgo a la salud.

Justificación:

Con la finalidad de mejorar la relación entre los habitantes de la ZMVT y su entorno es preciso un mecanismo para informar a la población de manera adecuada y oportuna sobre los niveles de contaminación con la finalidad de proteger su salud, ya que en la mayoría de los casos la gente desconoce de qué manera le puede afectar la contaminación atmosférica.

Por otra parte, la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-007-SMA-DS-2006, la cual se refiere a los requisitos para elaborar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), establece que éste se identifica por medio de un color y un calificativo de acuerdo con el grado de riesgo que represente para la salud humana. Por lo que será necesario

difundir dicha información a los habitantes de la metrópoli de manera clara y oportuna utilizando distintos medios de comunicación masiva.

Meta:

A corto plazo, difundir los niveles IMECA y los riesgos asociados en los medios masivos de comunicación.

Beneficio:

Proteger a los sectores más sensibles de la población, especialmente a niños, adultos mayores, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Asimismo, inducir un cambio de actitud en las personas al tomar en cuenta la calidad del aire para hacer sus actividades cotidianas.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente efectuará las adecuaciones necesarias en el portal en Internet de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT consideradas en la nueva Norma Técnica Estatal Ambiental.

Se conformará un grupo interinstitucional entre la Secretaría del Medio Ambiente y la Secretaría de Salud para diseñar el Programa de Difusión en radio y televisión para la transmisión constante del IMECA y los riesgos a la salud.

La Secretaría del Medio Ambiente y la Secretaría de Salud buscarán fuentes de financiamiento para contar con los recursos que les permitan informar los niveles de contaminación y las medidas preventivas a seguir, en caso de rebasar los límites máximos permisibles de contaminantes.

La Secretaría de Salud, la Secretaría de Educación y los gobiernos municipales difundirán los riesgos a la salud y las medidas preventivas en los principales centros de salud, escuelas, guarderías y centros DIF mediante pláticas y material impreso (pósteres, folletos y boletines).

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación y Gobiernos Municipales.

21. LLEVAR A CABO UN PLAN ESTRATÉGICO-OPERATIVO PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

Objetivo:

Elaborar un Plan Estratégico-Operativo para prevenir y disminuir los periodos de exposición de la población a altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, principalmente PM_{10} , durante temporadas del año consideradas como críticas, con la finalidad de proteger la salud de los habitantes de la ZMVT.

Justificación:

Los contaminantes del aire dependiendo de sus propiedades físicas y químicas, de sus componentes, la frecuencia, duración de exposición, tipo de contaminante y su concentración, entre otros factores, producen daños en la salud humana.

De acuerdo con los datos de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT se han registrado incrementos importantes en los niveles de contaminación de partículas suspendidas PM_{10} . Por una parte, el número de días en que se rebasa la norma representan 46% de los días del año, con lo cual puede tener efectos de tipo agudo en la salud de la población. Por otro lado, la concentración promedio que marca la norma anual de PM_{10} es 50 g/m^3 la cual se ha superado considerablemente, aumentando el riesgo de efectos de tipo crónico.

Meta:

A corto plazo, incidir en la disminución de ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias agudas asociadas a la contaminación atmosférica durante la época seca.

Beneficio:

Contribuir a la prevención de enfermedades respiratorias agudas durante la época seca, disminuyendo los ingresos hospitalarios y por lo tanto evitar su costo económico; incrementar la participación ciudadana y la corresponsabilidad de las distintas dependencias de gobierno para proteger la salud de la población.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente en coordinación con la PROPAEM, el Instituto de Salud del Estado de México, la Dirección General de Protección Civil, la Secretaría de Educación y los gobiernos municipales, pondrán en marcha en la época seca una campaña de vigilancia para evitar que la población se exponga a altas concentraciones de contaminantes; aunado a ello estas dependencias difundirán las medidas preventivas y las recomendaciones para reducir la exposición de la población a altas concentraciones de contaminantes.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación y Gobiernos Municipales

6.5.5. ESTRATEGIA V. FOMENTO A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

22. COADYUVAR EN LA ELABORACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UN PROGRAMA METROPOLITANO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA ZMVT.

Objetivo:

Dar mayor impulso a la educación ambiental como instrumento estratégico en la política ambiental; lo que permitirá un mayor fortalecimiento del Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011, sensibilizando a los diferentes sectores sociales de la ZMVT, en el cuidado y conservación de los recursos naturales y en el mejoramiento de la calidad del aire.

Justificación:

La efectiva aplicación de las medidas para prevenir y controlar la contaminación atmosférica requiere, por una parte, de una sociedad conciente y bien informada respecto a la problemática ambiental y sus consecuencias, y por el otro, de la capacitación técnica de los servidores públicos relacionados con el medio ambiente en los diferentes niveles de gobierno.

Por otra parte, la mayoría de los municipios que conforman la ZMVT, no cuentan con un Programa de Educación Ambiental que les permita trabajar en un cambio de valores, actitudes y hábitos de la población, para construir una cultura de corresponsabilidad ambiental. Asimismo, las acciones vinculadas con educación ambiental adoptadas por las autoridades de los tres niveles de gobierno no se realizan de forma paralela y coordinada, por lo que de contar con un Programa Metropolitano de Educación Ambiental que potencializará las oportunidades de desarrollo en el campo de Educación Ambiental.

Meta:

A mediano plazo, intensificar las acciones de capacitación y educación ambiental formal y no formal.

A largo plazo, promover mediante acciones educativas una cultura ambiental orientada a fomentar la comprensión de la problemática ambiental y a desarrollar actitudes, valores y

habilidades para participar de manera responsable en el mejoramiento de la calidad del aire.

Beneficio:

Contar con una ciudadanía más conciente e informada que actúe en favor del mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVT. Asimismo, fortalecer las áreas técnicas de los gobiernos estatal y municipal.

Instrumentación:

El sector académico impulsará los Programas de Educación Ambiental Formal, los cuales estarán enfocados a promover la participación del sector educativo para difundir las causas de la contaminación atmosférica y asumir su corresponsabilidad en la mejora de la calidad del aire.

La Secretaría del Medio Ambiente a través de la Dirección de Concertación y Participación Ciudadana, promoverá la creación de Programas de Educación Ambiental No Formal, encaminados al desarrollo de actividades con y para la población de la ZMVT, los cuales, sensibilicen y fomenten un cambio de actitudes a favor de una cultura ambiental. Entre estas actividades se tendrán: la capacitación técnica, creación de centros de difusión y educación ambiental, actividades participativas con sectores productivos y organizaciones civiles.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobiernos Municipales y sector académico.

6.5.6. ESTRATEGIA VI. FORTALECIMIENTO DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

23. PROMOVER LA ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LA ZMVT.

Objetivo:

Contar con una herramienta objetiva que permita dar seguimiento al comportamiento de los contaminantes emitidos por las diversas fuentes, así como evaluar el impacto de las acciones incluidas en el Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011.

Justificación:

Es necesario contar con un instrumento actualizado que identifique el impacto de las emisiones contaminante generadas por cada una de las fuentes con lo cual se podrá evaluar la eficacia de las medidas aplicadas y reorientar las líneas estratégicas y las acciones de prevención y control de acuerdo al tipo de contaminante y fuente generadora. La actualización periódica del inventario de emisiones es importante debido a los cambios en las actividades económicas, la incorporación de nuevas tecnologías y la inclusión de nuevas fuentes emisoras.

Meta:

A corto, mediano y largo plazos, elaborar documentos actualizados con mayor grado de segregación y certidumbre para apoyar la toma de decisión.

Beneficio:

Contar con estadísticas sobre el comportamiento histórico de las emisiones contaminantes provenientes de diferentes fuentes; brindar insumos para la elaboración de estudios ambientales; y tener instrumentos para la evaluación de programas y medidas referentes a gestión de la calidad del aire.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente por conducto de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica se encargará de la elaboración y actualización del los inventarios de emisiones. La elaboración de los cálculos se apegará a la metodología establecida en los Programas y Manuales para la Elaboración de Inventarios de Emisiones para México editados por la SEMARNAT. El inventario de emisiones se actualizará cada dos años.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente

24. FORTALECER LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE LA ZMVT.

Objetivo:

Asegurar el correcto funcionamiento de la red automática de monitoreo atmosférico, a través de la actualización de sus componentes y su equipamiento incorporando la medición de partículas $PM_{2.5}$.

Justificación:

El Gobierno del Estado de México en 1993 puso en funcionamiento la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. Después de 13 años de operación continua, los instrumentos de medición y componentes que la integran, requieren ser actualizados, actualmente los equipos superaron su vida útil. Dicha situación pone en riesgo la confiabilidad de los datos de calidad del aire generados por este sistema de vigilancia.

Asimismo, la tendencia internacional establece la prioridad de instalar equipos para el monitoreo atmosférico de partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), las cuales se consideran aún más dañinas para la salud humana que las PM_{10} .

Meta:

A corto plazo, realizar la sustitución del equipo que cuenta con más de 10 años de operación continua, así como la modernización del sistema de comunicación, además de asegurar la existencia de un stock de refacciones y consumibles para la correcta operación de los equipos y componentes que integran este sistema de vigilancia.

A mediano plazo, incorporar el monitoreo automático de partículas $PM_{2.5}$

A largo plazo, contar con un estudio técnico referente a la ampliación de la cobertura de la red automática de monitoreo atmosférico.

Beneficio:

Garantizar la calidad y veracidad de la base de datos histórica que administra el Centro de Control de la RAMA-ZMVT Con el monitoreo de partículas $PM_{2.5}$, además de cumplir con la normatividad en la materia, se generará información para correlacionarla con efectos en salud y estudios epidemiológicos.

Instrumentación:

En una primera etapa la Secretaría del Medio Ambiente en coordinación con los gobiernos municipales realizarán actividades de mantenimiento en el entorno a las estaciones, tales como el barrido de calles, podado de árboles, forestación en áreas sin cubierta vegetal, libramiento de obstáculos, entre otras.

La Secretaría del Medio Ambiente gestionará ante la Secretaría de Finanzas la liberación de recursos para la sustitución por equipos nuevos para el monitoreo de los cinco contaminantes criterio.

La Secretaría de Desarrollo Metropolitano y la Secretaría del Medio Ambiente gestionarán ante diferentes instancias los recursos que apoyen al desarrollo del Aire Limpio: Programa

para el Valle de Toluca 2007-2011, poniendo énfasis en la actualización y modernización de la Red Automática Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

La Secretaría del Medio Ambiente gestionará los recursos financieros necesarios para la adquisición de equipo de monitoreo de partículas $PM_{2.5}$ y para el mantenimiento permanente del Sistema de Monitoreo Atmosférico.

La Secretaría del Medio Ambiente elaborará los estudios técnicos necesarios relativos a la ampliación de la cobertura de la RAMA-ZMVT.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Secretaría de Finanzas y gobiernos municipales.

25. AMPLIAR LA BASE DE DATOS DEL REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES RESPECTO A LOS MUNICIPIOS DE LA ZMVT.

Objetivo:

Incrementar la base de datos de las industrias que deben reportar sus emisiones, así como mejorar la calidad de los datos reportados en la Cédula de Operación Integral, mediante programas de capacitación y difusión.

Justificación:

Actualmente la Cédula de Operación Integral (COI) es el instrumento que alimenta con información al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). La Secretaría del Medio Ambiente cuenta con un servicio de llenado vía Internet de la COI como parte de la simplificación administrativa, que ofrece alternativas voluntarias para las empresas, a fin de cumplir con la normatividad ambiental. Sin embargo, aún no se potencializa su uso, ya que muchos industriales aún no utilizan esta herramienta.

Meta:

A corto plazo, ampliar la base del padrón industrial de forma anual, mediante la Cédula de Operación Integral, y a largo plazo generar tres reportes bianuales que permitan la integración de las emisiones y transferencia de contaminantes.

Beneficio:

Aumentar la confiabilidad y calidad de la información que integra la base de datos para generar documentos de diagnóstico e inventarios de emisiones.



Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente por conducto de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica impartirá a los industriales cursos periódicos de capacitación para el correcto llenado de la COI; procurará difundir a través de los medios masivos de comunicación la fecha límite de cumplimiento del reporte de la COI; y analizará la información reportada para generar los reportes del RETC. En su momento, la Dirección General realizará una modernización de la infraestructura informática (software y hardware) con la finalidad de dar un servicio de calidad a los usuarios.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente

26. COADYUVAR EN LA ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL PARA LA ZMVT.

Objetivo:

Definir las bases para orientar el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales en congruencia con los planes de desarrollo económico y urbano de la ZMVT, mediante la aplicación de instrumentos de política ambiental.

Justificación:

Actualmente la ZMVT cuenta con diversos instrumentos de planeación urbana como son los Planes de Desarrollo Urbano Municipales, el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca y el Plan Estatal de Desarrollo Urbano. Si bien estos instrumentos hacen referencia a problemas ambientales, su naturaleza se enfoca a la regulación y distribución territorial de los asentamientos humanos. Por lo tanto, el Ordenamiento Ecológico buscará establecer una política rectora para definir zonas prioritarias de restauración y conservación de los recursos naturales, reservas territoriales y áreas de aprovechamiento sostenible acordes a la vocación del suelo.

Meta:

A mediano plazo, determinar unidades ecológicas para su conservación, protección, restauración y aprovechamiento; contar con la carta de factibilidad ambiental que contemple las posibilidades de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la ZMVT, así como con la publicación del Programa respectivo.

A largo plazo, iniciar la instrumentación del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la ZMVT.

Beneficio:

Contar con un instrumento de política ambiental que permitirá promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, restringiendo aquellas actividades con gran potencial contaminante, de alto consumo energético o que no sean acordes con la vacación del suelo.

Homologación de la información en los instrumentos de planeación.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente, conformará un Grupo Interdisciplinario e Interinstitucional para elaborar el Proyecto de Ordenamiento Ecológico Regional de la ZMVT.

Para su instrumentación, se buscarán los mecanismos que aseguren su observancia y su vinculación con los planes y programas de desarrollo urbano así como en los procedimientos de autorización en materia de impacto ambiental.

Participantes:

Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Urbano, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Secretaría de Agua y Obra Pública, Secretaría de Desarrollo Económico, gobiernos municipales, universidades e institutos tecnológicos.

27. APOYAR LOS MECANISMOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS EN ZONAS DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA.

Objetivo:

Actualizar los Programas y Planes de Desarrollo Urbano que permitan ordenar el crecimiento de los asentamientos humanos, así como implementar un Sistema de Monitoreo de los Usos del Suelo a fin de proteger y conservar los suelos con vocación forestal y agrícola.

Justificación:

Parte de la expansión de la superficie urbana se lleva a cabo en zonas boscosas y campos agrícolas que resultan ser tierras comunales y ejidales. La ZMVT, donde se localiza la Sierra de las Cruces, el Parque Nevado de Toluca y el Parque Sierra Morelos, presenta una alta presión urbana sobre los recursos naturales. Por tal motivo, debe ser prioritario el establecer acciones de coordinación para enfrentar la problemática de cambios de uso de suelo en la región.

Meta:

A corto plazo, actualizar el Plan Estatal de Desarrollo Urbano así como los Planes de Desarrollo Urbano de cada uno de los siete municipios de la ZMVT.

A mediano y largo plazo, decretar límites de crecimiento urbano y establecer un Sistema de Vigilancia de los Usos de Suelo.

Beneficio:

Mantener el equilibrio entre los ecosistemas urbano y natural, contener y frenar la expansión de la superficie urbana sobre áreas agrícolas, forestales y Áreas Naturales Protegidas, permitiendo prevenir impactos al medio ambiente por la aparición y desarrollo de asentamientos irregulares.

Instrumentación:

La Secretaría del Medio Ambiente promoverá ante la Secretaría de Desarrollo Urbano la actualización de los planes de desarrollo estatal y municipal, así como la revisión de normas y reglamentos en materia de asentamientos humanos para detectar barreras y área de oportunidades.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y los gobiernos municipales diseñarán un Sistema de Monitoreo de los Usos del Suelo para que estos se respeten conforme se establezca en los Planes de Desarrollo Urbano y el Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México.

Las Secretarías de Desarrollo Urbano y de Desarrollo Metropolitano impulsarán una iniciativa para decretar límites de crecimiento de la mancha urbana, promoviendo que los grandes desarrollos habitacionales aumenten la extensión de las áreas verdes en sus desarrollos.

Participantes:

Secretaría de Desarrollo Urbano, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Secretaría de Desarrollo Agropecuario y gobiernos municipales.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

Cesar, H.; Borja, V. H.; Cicero, P., et al (2001) *Módulo A, Valoración Económica del Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*. En: *Ecosistema Urbano y Salud de los Habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México*. Ed. Acuatio, México, D. F. Pág. 23-24.

COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios). 2002. *Primer Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental y Ocupacional* [Versión electrónica]. México, D. F. 105 pp.

GEM (Gobierno del Estado de México). (1993) *Atlas General del Estado de México*, Volumen III. Secretaría de Finanzas y Planeación & Instituto de Información e Investigación Geográfica, Económica y Catastral. México. 235 pp.

GEM (1995) *Nomenclátor de Localidades del Estado de México 1995*. Secretaría de Finanzas y Planeación, IIIGCEM, México. 396 pp.

GEM (2002) *Diagnóstico Ambiental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca, Proyecto Ciudades Ecológicas*. Secretaría de Ecología. México. 87 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Lerma* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México, 243 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México, 250 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ocoyoacac* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda México, 256 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de San Mateo Atenco* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México, 182 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México, 440 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Xonacatlán* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México, 271 pp.

GEM (2003) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec* [versión electrónica] Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México, 245 pp.

GEM (2006, marzo 2) *Plan de Desarrollo del Estado de México*. Gaceta del Gobierno, Tomo 81, No. 42.

GEM, SEMARNAP (1997) *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*. México. Pág. 55

DA (Departamento de Diagnóstico). (2006) *Informe sobre la Población Vulnerable del Estado de México*. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica-SMAGEM. Inédito.

CNA (Comisión Nacional del Agua) *Normales Climatológicas 1961-1990*. Banco Nacional de Datos Climatológicos. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional.

CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2000) *Proyecciones de la Población de los Municipios 2000-2030*. Hoja de cálculo obtenida el 30 de mayo de 2006 en: CONAPO <http://www.conapo.gob.mx/micros/proymunloc/index.html>

INEGI (2005) *Censos Económicos 2004, Resultados Generales* [versión electrónica] y copia de archivos MEX_GEN01.XLS Y MEX_GEN02.XLS; obtenidos el 4 de agosto de 2005 en: INEGI www.inegi.gob.mx

INEGI (2006) *Segundo Censo de Población y Vivienda 2005: Población Total con Estimación por Entidad y Municipio, Según Edad* [base de datos] Consultada el 10 de julio de 2006 en: INEGI www.inegi.gob.mx

Institute for Environmental Studies (IVM), Centro Nacional de Salud Ambiental (CENSA), Environmental Health Sciences Department (UCLA), CAM, PAHO (2000) *Economic Valuation of Improvement of Air Quality in the Metropolitan Area of Mexico City, México, D.F.*

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSAI-1993 (1994, diciembre 23). Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSAI-1993 (1994, diciembre 23). Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSAI-1993 (1994, diciembre 23). Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSAI-1993 (1994, diciembre 23). Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSAI-1993, modificación a la norma (2002, octubre 30). Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSAI-1993, modificación a la norma (2005, septiembre 26). Diario Oficial de la Federación.

Olaiz-Fernández, G.; Rojas R.; Pérez, R.; Fernández-Bremauntz, A.; Gutiérrez, V.; Torres-Meza, V. M.; Borja-Aburto, V. H. (n. d.) *Patrones de Exposición a PM₁₀ y Ozono en una Cohorte de Niños Escolares de la Ciudad de México*.

PUMA (Programa Universitario del Medio Ambiente). (1996) *Temas Ambientales: Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. UNAM, México D. F. Pág. 55

PROAIRE (*Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*). (1996) Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud. México, D. F. Pág. 21

SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) (2004). *Delimitación de Zonas Metropolitanas* [versión electrónica] México. 169 pp

SEGEM (Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México). (2003) *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000: Reporte Final y Evaluación*. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. México. 34 pp.

SEGEM (2005) *Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca 2000*. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. México. 46 pp.

SEMARNAP (2000) *Gestión Ambiental hacia la Industria, Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995-2000*. México, D. F. Pág. 16.

SENER (Secretaría de Energía). (2005) *Balance Nacional de Energía 2004* [versión electrónica]. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. México, DF. 124 pp.

Wöhrnschimmel, H. (2004) *Evaluación de la Exposición Personal a Contaminantes Atmosféricos en Pasajeros de Vehículos de Transporte Público*. Informe Final. Centro de Transporte Sustentable, México D.F. 48 pp.

GLOSARIO



GLOSARIO

Autorregulación: Establecimiento de medidas voluntarias encaminadas a un mejor desempeño ambiental de la industria, donde se acepta el cumplimiento de estándares más estrictos que los establecidos en las normas ambientales obligatorias.

Bióxido de azufre (SO₂): es un gas incoloro de olor fuerte que se forma en la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. Las emisiones de este contaminante provienen principalmente de la industria.

Bióxido de nitrógeno (NO₂): Contaminante generado cuando el nitrógeno contenido en los combustibles y en el aire es oxidado en un proceso de combustión.

Calidad del aire: Condición de las concentraciones de los contaminantes en el aire ambiente.

Combustibles fósiles: Llamados así por ser productos derivados de restos de plantas y animales que vivieron en épocas prehistóricas. Entre estos se encuentra el carbón mineral, el petróleo y gas.

Concentración de contaminante: Cantidad relativa de una sustancia en una masa o volumen específico de un medio.

Contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural. En el caso del aire es una sustancia que, en alta concentración, puede causar daño al hombre, a los animales, vegetales o a los materiales. Puede incluir casi cualquier compuesto susceptible de ser transportado por el aire en forma de partículas sólidas, gotas líquidas, gases o sus combinaciones. Se clasifican en primarios, secundarios y terciarios.

Contaminante criterio: ciertos contaminantes conocidos como dañinos para la salud humana presentes en el aire y que constituyen los principales parámetros de la calidad del aire.

Convertidor catalítico: Dispositivo para abatir la contaminación del aire que remueve contaminantes de los gases de escape de los automóviles.

Desarrollo sustentable: El proceso que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Ecosistema: Unidad funcional básica de interacción de los organismos entre sí y de estos con el ambiente en un espacio determinado.

Emisión: La descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos, o de energía.

Estaciones de servicio: Establecimientos donde se expenden gasolinas, diesel y aceites.

Fuentes biogénicas: son aquellas provenientes de la vegetación y microorganismos del suelo generadas como parte de sus procesos vitales.

Fuentes erosivas: son aquellas provenientes de lugares desprovistos de cubierta vegetal, sometidos a procesos de erosión eólica. En este rubro se incluyen los caminos no pavimentados.

Fuentes puntuales: Es toda instalación establecida en un sólo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Fuentes móviles: comprende los vehículos con motores de combustión interna; comprende vehículos de uso privado, de transporte de pasajeros y de carga, entre otros.

Gestión ambiental: Proceso administrativo mediante la fijación de metas, la planificación, y la aplicación de mecanismos jurídicos para prevenir y corregir el deterioro ambiental.

Hidrocarburo (HC): Compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno en combinaciones variadas.

IMECA: Índice Metropolitano de la Calidad del Aire. Unidad adimensional que permite comparar las magnitudes de los diversos contaminantes en una escala homogénea que va de 0 a 500, el nivel 100 puntos corresponde al valor de la norma oficial mexicana establecida para cada uno de los contaminantes.

Indicadores: son estadísticas o parámetros que proporcionan información cuantitativa acerca de las condiciones y fenómenos ambientales. Los indicadores generalmente se presentan en forma de tablas o gráficas

Inventario de emisiones: Es un listado por fuente, de la cantidad de contaminantes del aire descargados a la atmósfera de una comunidad, se utiliza para establecer estándares de emisión. Es el eje principal de un programa de gestión de la calidad del aire.

Inversión térmica: Condición atmosférica natural en la cual una capa de aire frío es atrapada bajo una capa de aire caliente, de tal manera que impide el movimiento natural de convección del aire. Esto hace que los contaminantes sean difundidos horizontalmente en lugar de serlo verticalmente, aumentando su concentración en la superficie.

Monitoreo: Medición periódica para determinar los niveles de contaminación en varios medios.

Monoterpenos: Hidrocarburos producidos por las hojas de la vegetación, son los causantes de la neblina azulosa de los bosques y debido a ellos los montes se ven azules.

Monóxido de carbono (CO): es un gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Una cantidad significativa del CO emitido en áreas urbanas es producida por los vehículos automotores.

Ordenamiento ecológico: es un instrumento de planeación cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

Ozono (O₃): es un gas tóxico y reactivo, de olor fuerte y color azul pálido formado por tres átomos de oxígeno. El ozono no se emite directamente a la atmósfera si no que se forma por las reacciones químicas entre los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar.

Partículas menores a 10 micras (PM₁₀): se refiere a las partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a 10 micras ó μm (donde una micra es la millonésima parte de un metro)

RAMA-ZMVT: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Sinérgico: Efecto de dos o más agentes químicos que es mucho mayor que el efecto producido por la suma de los efectos individuales.

Sistema de administración ambiental: es aquella parte del sistema de administración general que incluye actividades de planeación, procedimientos y recursos para desarrollar, implementar, alcanzar y mantener la política ambiental de la organización.

Uso de suelo: Propósito específico que se da a la ocupación o empleo de un terreno.

Vehículo ostensiblemente contaminante: vehículo automotor que en su circulación es visible la emisión de contaminantes que pueden rebasar los límites permisibles por la normatividad ambiental.

Vientos alisios: Sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador con dirección noreste en el hemisferio norte y sureste en el hemisferio sur.