



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

Inventario de Emisiones a la Atmósfera del Estado de México, 2006

Directorio

Dr. Eruviel Ávila Villegas
Gobernador del Estado de México

Lic. Carlos Alberto Ortiz de Montellano
Secretario del Medio Ambiente

C. Alfredo Iván Garrido Pacheco
Director General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica

Ing. Héctor Arturo Duarte Gómez
Jefe del Departamento de Diagnóstico

Coordinó: Lic. F. Pablo Escamilla Báez

Elaboró: Bibiana Valdez Avendaño

Agosto, 2012

Gobierno del Estado de México

Secretaría del Medio Ambiente

Vía Gustavo Baz Prada 2160, 2° piso,

Viveros del Río, Tlalnepantla de Baz,

Estado de México, C.P. 54060

Contenido

Introducción.....	5
1. Aspectos Generales	8
1.1 Localización por municipio.....	9
1.2 Usos de suelo	10
1.3 Climatología.....	11
1.3.1 Meteorología.....	12
1.4 Orografía e hidrología	14
1.5 Vegetación	15
1.6 Población.....	16
1.7 Industria	17
1.8 Consumo energético.....	17
2. Fuentes puntuales.....	20
2.1 Metodología	21
2.2 Fuentes de información	21
2.3 Clasificación de las fuentes puntuales.....	23
2.4 Inventario de emisiones.....	24
2.5 Emisiones por jurisdicción y por municipio.....	28
2.6 Conclusiones	32
3. Fuentes de área.....	34
3.1 Metodología	35
3.2 Inventario de emisiones de fuentes de área	36
3.2.1 Emisiones por combustión de fuentes de área	40
3.2.2 Emisiones por fuentes evaporativas	41
3.2.3 Servicios y uso de productos con solvente.....	41
3.2.4 Fugas y evaporación de combustibles.....	43
3.2.5 Emisiones de amoniaco	46
3.3 Resumen de fuentes de área	46
4. Fuentes móviles	48
4.1 Proceso de Emisión en Vehículos Automotores	49
4.2 Metodología	49

4.3 Demanda de energía por el autotransporte	52
4.4 Inventario de emisiones de fuentes vehiculares	53
4.4.1 Distribución del parque vehicular	53
4.4.2 Emisiones.....	57
4.4.3 Contribución de emisiones por tipo de contaminante y tipo de vehículo	62
4.5 Resumen de fuentes móviles	69
5. Fuentes erosivas.....	70
5.1 Erosión eólica.....	71
5.2 Metodología	72
5.3 Emisiones	73
Bibliografía	77



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

Introducción

El desarrollo de los inventarios de emisiones se ha realizado de forma separada para las Zonas Metropolitanas de los Valles de México y Toluca, lo que ha permitido la cuantificación de emisiones en fuentes de jurisdicción local y federal en el Estado de México. En este contexto, las autoridades ambientales se han dado a la tarea de elaborar el Inventario de emisiones para los 125 Municipios que lo conforman, y que le permita conocer el volumen y tipo de contaminantes producidos por cada fuente emisora o sector en toda la entidad, identificando así a las de mayor emisión de contaminantes al aire para dar prioridad a su control.

Como es sabido el inventario de emisiones se elabora cada dos años buscando aumentar el grado de exactitud y desagregación del mismo, esto debido a que la problemática ambiental demanda instrumentos de gestión actualizados y cada día más detallados para mejorar las políticas de calidad del aire, tendientes a reducir las emisiones de contaminantes, así como; para dar cumplimiento al Programas para Mejorar la Calidad del Aire.

En el Estado de México, la integración y elaboración de los Inventarios de Emisiones está a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) por medio de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (DGPCCA), éstos han sido enfocados a zonas específicas como: la Zona Conurbada del Valle de México y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT). En ambos casos se cuenta ya con programas tendientes a mejorar la calidad del aire, en los cuales se incluye el inventario de emisiones de cada región (“Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020” y el “Aire Limpio Programa para el Valle de Toluca 2007-2011”). Sin embargo en este periodo se hizo un esfuerzo para incluir a los 125 Municipios y realizar un Inventario de emisiones estatal.

El objetivo del presente trabajo referente al inventario de emisiones del Estado de México, consiste en la actualización de las emisiones contaminantes provenientes de las fuentes puntuales (industria), fuentes de área, fuentes móviles (vehículos automotores) y fuentes erosivas, generadas durante el año 2006.

Los inventarios anteriores no pueden ser comparados con el total de las emisiones reportadas en el presente inventario, debido a que sólo se cuenta con los resultados de la Zona Conurbada del Valle de México que contempla 59 municipios y la Zona metropolitana del Valle de Toluca que contempla a 22 municipios. Sin embargo, se puede consultar información de emisiones para las dos Zonas Metropolitanas como para el resto del Estado.

El inventario del Estado de México, 2006, está conformado por 5 capítulos. En el primero se da una breve descripción de la zona de estudio, correspondiente a la localización, usos de suelo, meteorología, población, consumos de combustibles, entre otros; en el segundo, se describe la metodología utilizada para las fuentes puntuales consideradas para este inventario y la desagregación de los subsectores en base al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN); el tercer capítulo contiene la metodología de las fuentes de área y las emisiones de contaminantes a la atmósfera por categoría de fuente; el cuarto capítulo contienen las emisiones que se producen las fuentes móviles y tienen una especial consideración dentro de las llamadas fuentes de área, utilizándose herramientas especiales para el cálculo de los factores de emisión, como el programa MOBILE6-México.

De esta forma se obtuvo que en el año 2006 en el Estado de México las fuentes fijas emitieron 27,724.3 toneladas anuales de contaminantes a la atmósfera. En la emisión por tipo de fuente y por contaminante, el subsector de generación de electricidad es el que más contribuye en primer lugar con las emisiones de NO_x, CO y COV. La actualización y mejora continua en la elaboración del inventario incluye la estimación desagregada más a detalle de las fuentes puntuales, así como una visualización general de las emisiones que son generadas en las Zonas Metropolitanas del Valle de México y Toluca.

En cuanto a las emisiones de fuentes de área, se tiene que estas emitieron 196,710 toneladas anuales, siendo los compuestos orgánicos volátiles (COV) los que más contribuyeron para esta fuente, ya que se generaron 173,910 toneladas anuales.

Las fuentes móviles emitieron 2'617,170.2 toneladas de contaminantes. El principal contaminante es el CO, del cual se emitieron 1'614,611.3 ton/año (61.7%) le siguen en importancia los COV que emitieron 622,219.4 ton/año (23.8%); los NO_x, con 373,786.7 ton/año (14.3%) y el resto con 6,552.5 ton/año (0.3%) corresponde al NH₃, PM₁₀ y SO₂, respectivamente.

Las fuentes erosivas emitieron 3938.0 toneladas anuales de partículas fracción respirable menores a 10 micras (PM₁₀) y 433.2 toneladas anuales de PM_{2.5}; de las cuales la Zona Conurbada del Valle Cuautitlán Texcoco aporta el 43.1%, el resto de los municipios el 38.6% y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca el 18.3%.

Mientras que para los caminos sin pavimentar el 64.7% de las emisiones las aportan el resto de los municipios, el 22.6% es emitido por la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el resto 12.7% lo emite la Zona Conurbada del Valle Cuautitlán Texcoco.

Con los resultados obtenidos y la información procesada se pretende identificar los principales contaminantes emitidos; así como las principales subsectores que los generan y los municipios con mayor aporte de emisiones encaminados a un proceso de mejora de la gestión de la calidad del aire.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

1. Aspectos Generales

1.1 Localización por municipio

El Estado de México se integra por 125 municipios, con una superficie territorial de 22,499.95 km², que representa el 1.15% del territorio nacional, se localiza en la parte central de la República Mexicana, entre los paralelos 18° 21' 57" y 20° 17' 27" de latitud norte y entre los meridianos 98° 35' 50" y 100° 36' 45" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

En la entidad se localizan dos zonas metropolitanas: la Zona Conurbada del Valle de México la cual se integra por 59 Municipios, que cubren una superficie de 6,295.6 km², se localiza dentro de la Cuenca del Valle de México entre los paralelos 18°56'02" y 20°04'24" de latitud norte y los meridianos 98°35'50" y 99°39'07" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) que se localiza en la parte central del Estado de México, entre los paralelos 18°59'07" y 19°34'47" de latitud norte y los meridianos 99°38'22" y 99°56'13" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich. El plano de localización y sus colindancias se pueden apreciar en la figura 1.1.

Figura 1. 1 Localización de los municipios en el Estado de México



La altitud promedio de las cabeceras municipales es de 2,320 metros sobre el nivel del mar (msnm) con un rango que va de los 1,330 a los 2,800 msnm.

En la tabla 1.1 se muestra la distribución municipal de acuerdo a la zona donde se ubican en la entidad.

Tabla 1. 1 Distribución de los municipios en el Estado de México

Zona Conurbada del Valle de México		Zona Metropolitana del Valle de Toluca	Resto del Estado	
• Acolman	• Nextlalpan	• Almoloya de Juárez	• Acambay	• Texcaltitlán
• Amecameca	• Nezahualcóyotl	• Almoloya del Río	• Aculco	• Timilpan
• Apaxco	• Nicolás Romero	• Atizapán	• Almoloya de Alquisiras	• Tlatlaya
• Atenco	• Nopaltepec	• Calimaya	• Amanalco	• Tonicato
• Atizapán de Zaragoza	• Otumba	• Capulhuac	• Amatepec	• Valle de Bravo
• Atlautla	• Ozumba	• Chapultepec	• Atlacomulco	• Villa de allende
• Axapusco	• Papalotla	• Xalatlaco	• Coatepec Harinas	• Villa Guerrero
• Ayapango	• La Paz	• Lerma	• Chapa de mota	• Villa Victoria
• Chalco	• San Martín de las Pirámides	• Metepec	• Donato Guerra	• Zacazonapan
• Chiautla	• Tecámac	• Mexicaltzingo	• Ixtapan de la Sal	• Zacualpan
• Chicoloapan	• Temamatla	• Ocoyoacac	• Ixtapan del Oro	• Zumpahuacán
• Chiconcuac	• Temascalapa	• Otzoloitepec	• Ixtlahuaca	• Luvianos
• Chimalhuacán	• Tenango del Aire	• Rayón	• Jilotepec	• San José del Rincón
• Coacalco de Berriozábal	• Teoloyucan	• San Antonio la Isla	• Jiquipilco	
• Cocotitlán	• Teotihuacan	• San Mateo Atenco	• Jocotitlán	
• Coyotepec	• Tepetlaoxtoc	• Temoaya	• Joquicingo	
• Cuautitlán	• Tepetlixpa	• Tenango del Valle	• Malinalco	
• Cuautitlán Izcalli	• Tepotztlán	• Texcalyacac	• Morelos	
• Ecatepec de Morelos	• Tequixquiac	• Tianguistenco	• Ocuilan	
• Ecatzingo	• Texcoco	• Toluca	• Oro, El	
• Huehuetoca	• Tezoyuca	• Xonacatlán	• Otzoloapan	
• Hueyoptla	• Tlalmanalco	• Zinacantepec	• Polotitlán	
• Huixquilucan	• Tlalnepantla de Baz		• San Felipe del progreso	
• Isidro favela	• Tonanitla*		• San Simón de Guerrero	
• Ixtapaluca	• Tultepec		• Santo Tomás	
• Jaltenco	• Tultitlán		• Soyaniquilpan de Juárez	
• Jilotzingo	• Valle de Chalco Solidaridad		• Sultepec	
• Juchitepec	• Villa del Carbón		• Tejupilco	
• Melchor Ocampo	• Zumpango		• Temascalciño	
• Naucalpan de Juárez			• Temascaltepec	

Fuente: DGPCCA, GEM

1.2 Usos de suelo

El análisis del uso del suelo en el Estado de México se realizó considerando los datos del Inventario Forestal Nacional (SEMARNAT, 2001) dado que es la fuente más reciente basado en imágenes satelitales del año 2000.

Como se puede observar en la tabla 1.2, los municipios se distribuyen como sigue; el uso del suelo destinado para la agricultura es del 47.25%, le sigue en importancia el uso de suelo forestal con el 33.61%, el uso pecuario con 16.25% y el uso urbano 4.89%, en éste último se incluyen: áreas sin vegetación aparente, cuerpos de agua y carreteras. Cabe destacar que la superficie de suelo forestal es todavía representativa pero con una gran presión

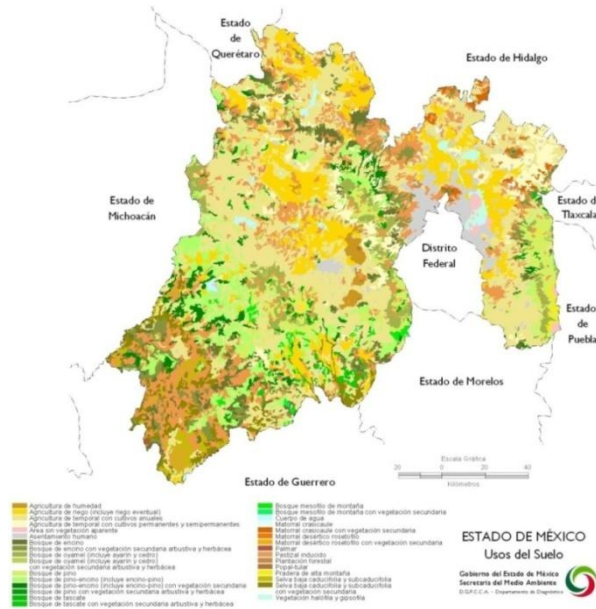
por el cambio de uso del suelo de forestal a agrícola-pecuario, y a su vez, de agrícola a urbano, así mismo, este último ha provocado la aparición de asentamientos irregulares por el acelerado crecimiento poblacional.

Tabla 1. 2 Usos de suelo

Usos de suelo	Superficie	
	Km ²	%
Agrícola	10,481.63	47.25
Urbano	1,084.87	4.89
Forestal	7,012.83	31.61
Pecuario	3,605.14	16.25
Total	22,185.47	100.00

Fuente: SEMARNAT (2001).

Figura 1. 2 Usos de suelo en el Estado de México



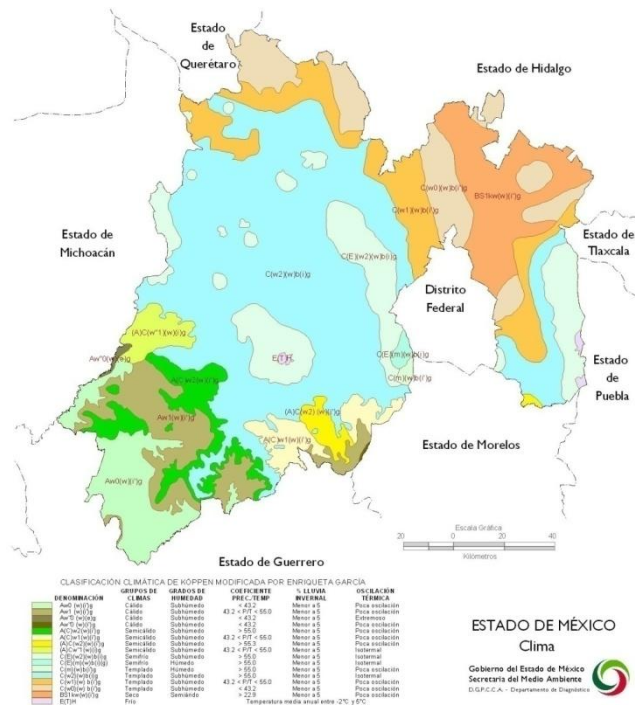
1.3 Climatología

La distribución de los climas identificados en la zona de estudio observa un comportamiento acorde a la topografía del terreno, de tal manera que existen los templados en los valles elevados, semifríos y fríos en las montañas, semisecos en la parte noroeste y semicálidos y cálidos en el sur y suroeste. A continuación se hace la descripción de cada uno de los tipos de clima y su distribución se observa en la figura 1.3.

- El clima templado subhúmedo C(w) presenta verano fresco y largo, lluvia invernal inferior a 5% de la anual, con oscilación térmica entre 5° y 7° C. Los subtipos de clima presentan las características y simbología siguientes: alta humedad C(w2)(w)b(i)g, humedad moderada C(w1)(w)b(i')g y baja humedad C(w0)(w)b(i')g. Este clima es característico de la zona noroeste de la entidad.

- Dentro del clima semifrío C(E) se presentan dos subtipos, el primero, C(E)(W2)(w)b(i)g, clima semifrío, subhúmedo, es característico de aquellas zonas con altitud considerable, como el Nevado de Toluca, la Sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. El segundo subtipo, el C(E)(m)(w)b(i)g, clima semifrío, húmedo. Para los dos subtipos se tienen precipitaciones menores al 5% en el periodo invernal y con veranos largos.
- El clima frío E(T)H, con temperatura media anual entre -2 y 5° C, y la del más frío es menor a 0° C, es característico de zonas altas, como en el volcán Nevado de Toluca y la Sierra Nevada.
- El clima seco estepario BS1kw(w)(i)g o semiárido templado B(s) es el menos seco de los secos, presenta lluvia invernal inferior al 5% con reducida oscilación térmica y la temperatura más elevada ocurre antes del solsticio de verano.
- El clima cálido A(w) presenta tres subtipos de acuerdo al grado de humedad: el AW0 (w)(i')g, el más seco de los cálidos; el AW1(w) (i') g, con humedad moderada, ambos con un porcentaje de lluvia invernal inferior a 5%, poca oscilación térmica anual y la temperatura más alta ocurre antes del solsticio de verano; y el tercero, el cálido subhúmedo AW'0(w)(e)g que presenta sequías, valores térmicos extremosos entre 7° y 14° C. Es característico de la zona suroeste de la entidad.
- El clima semicálido subhúmedo, también manifiesta dos subtipos de acuerdo al grado de humedad: el A(C)W2(w)(i')g, el más húmedo de los húmedos; y el (A)C(W1'')(w)(i)g, de humedad moderada, este último se caracteriza por ser isotermal.

Figura 1. 3 Tipos de climas que predominan en la Zona Conurbada



1.3.1 Meteorología

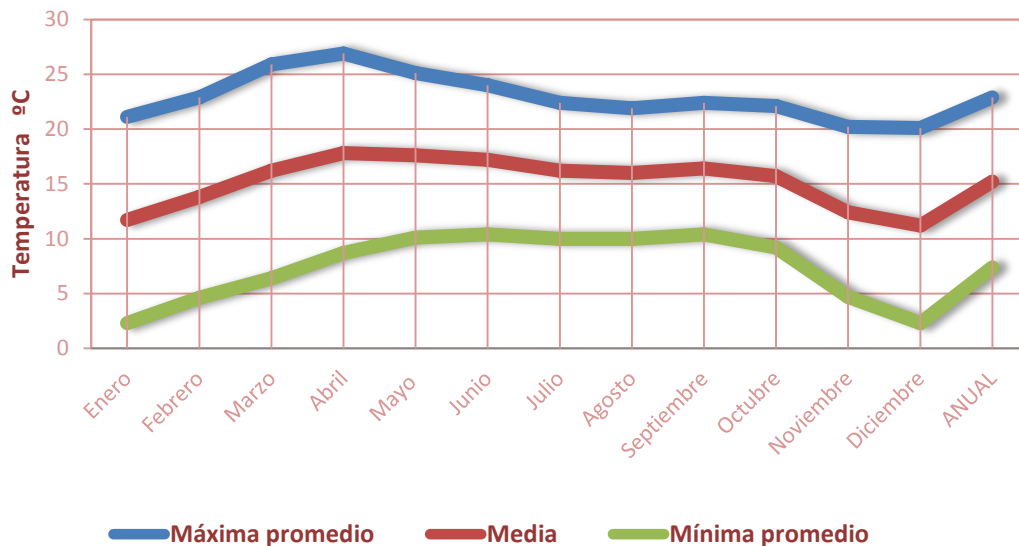
Debido a la posición latitudinal, el país se ve afectado durante todo el año por masas de aire con características que las identifican como de tipo polar en la etapa invernal y de tipo tropical durante el verano. Los sistemas

meteorológicos predominantes definen claramente dos épocas climáticas con particularidades bien definidas: la época de “lluvias” que se presenta de junio a octubre, caracterizada por aire marítimo tropical con alto contenido de humedad y la época de “secas” que se identifica por baja humedad relativa debido a que la masa de aire correspondiente normalmente es de tipo polar continental o de tipo polar-modificado continental.

Temperatura

En general, la temperatura media anual es de 15.2 °C y oscila entre los 11.2° y 17.8 °C. Durante la primavera la temperatura comienza a aumentar considerablemente en la mayor parte del territorio. Como se aprecia en la gráfica 1.1 la temperatura máxima promedio es de 26.9 °C y la temperatura mínima promedio es de 2.3 °C. Las temperaturas más elevadas se presentan durante el mes de abril y las más bajas en los meses de diciembre y enero.

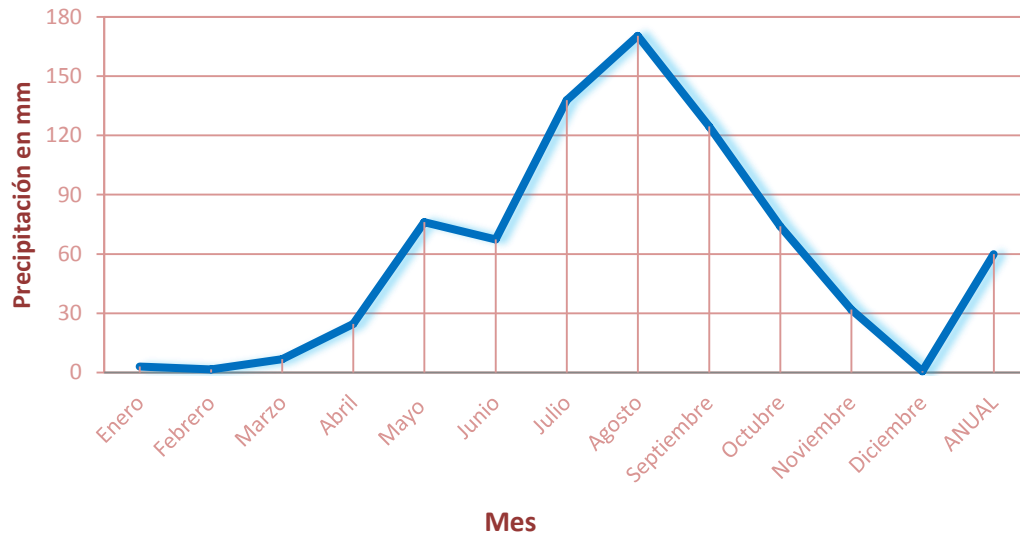
Gráfica 1. 1 Temperatura máxima promedio, temperatura media y temperatura mínima promedio, 2006



Precipitación

Como se puede observar en la gráfica 1.2, de precipitación media mensual las lluvias más abundantes se presentan en los meses de julio a septiembre, temporada en la cual suelen presentarse inundaciones en algunos sitios de los valles y las lluvias finalizan en el mes de noviembre. La precipitación promedio anual en la entidad es de 59.9 milímetros (mm).

Gráfica 1. 2 Precipitación media mensual en mm, 2006



1.4 Orografía e hidrología

El territorio del Estado de México, se encuentra enclavado en el sistema orográfico de la provincia del Eje Volcánico Transversal que comprende las subprovincias Mil Cumbres, Lagos y Volcanes de Anáhuac y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; y en la provincia Sierra Madre del Sur que comprende las subprovincias Depresión del Balsas y Sierras y Valles Guerrerenses (INEGI, 2002). El relieve es bastante irregular, predominando sierras y lomeríos que comprenden 76.1% del territorio, en tanto que el 23.9% restante corresponde a llanuras y valles (GEM, 2003^a).

La presencia de zonas montañosas cubiertas de vegetación de bosque origina el cause de ríos perennes y arroyos intermitentes, así como algunos cuerpos de agua de formación natural o artificial.

Entre los principales afluentes destacan el Río Cuautitlán, el Salado, el órgano, el Ñadó, San Juan, San Bernardino, el Zarco Lerma, Zacango, Jaltepec, Gavia, Tejalpa, Verdiguél y Oztolotepec. Los cuerpos de agua que destacan son los lagos de Zumpango, Texcoco y Chalco, y las presas Huapango, Santa Clara, Daxhó, Taxhimay, Madín, Tepetitlán, José Antonio Alzate e Ignacio Ramírez y el resto son cuerpos de agua de menor capacidad utilizados casi en su totalidad para riego.

En la entidad se encuentran ubicados importantes cuerpos de agua destinados a la generación de energía eléctrica como la presa Villa Victoria.

Asimismo existen obras de ingeniería como el canal de la Compañía, que sirve de desagüe de los escurrimientos de la Sierra Nevada y da origen en su curso a pequeños cuerpos de agua como Cola de Pato, la Regalada y el Tesorito. A través del canal de las Sales desembocan las aguas residuales en el caracol de Sosa Texcoco, de ahí fluyen por el Gran Canal, colector del Distrito Federal.

Se han construido obras hidráulicas importantes en esta región como La Presa Lago de Guadalupe, Presa La Concepción, Presa Madín; obras de irrigación o de desagüe: El Canal de las Sales, El Caracol, Río la Compañía, el Canal Castera, El Gran Canal y El Emisor Poniente.

1.5 Vegetación

Los tipos de vegetación que se encuentran en la región son básicamente tres, las comunidades boscosas (bosques de pino, oyamel, encino y mixto) que se extienden en las partes montañosas, y algunos manchones de pasto halófito (pastizales naturales e inducidos) y vegetación xerófila (matorrales, pirul, mezquite, entre otros) que se encuentran en el valle. Las características de estos grupos de vegetación se describen en seguida.

Bosque de pino. Se caracteriza por la presencia de especies del género *Pinus sp* en un porcentaje mayor del 80%. Se localiza principalmente en las regiones montañosas en donde la temperatura media anual fluctúa entre 10° y 18 °C. La mayoría de las especies tiene afinidad con climas templados, fríos y subhúmedos, así como suelos ácidos y medianamente profundos.

Bosque de oyamel. Se encuentra formando masas puras de oyamel (*Abies religiosa*), y/o mezcladas con *Pinus sp* y encino (*Quercus sp*), a una altitud que fluctúa entre los 2,500 y 3, 600 metros sobre el nivel del mar (msnm) en climas húmedos y tienen una temperatura entre 7° y 15°C y una precipitación media anual de 1,000 mm. Este tipo de bosque se encuentra en general en forma de manchones aislados, con frecuencia restringidos a una ladera, cañada o cerro. Las áreas continuas de mayor extensión se presentan en la Sierra Nevada (Iztaccihuatl-Popocatepetl) y Sierra de las Cruces. Este tipo de vegetación se encuentra en la zona boscosa de los municipios de Huixquilucan, Nicolás Romero, Ixtapaluca, Chalco, Atizapán y Naucalpan.

Bosque de encino. Esta asociación vegetal se localiza en áreas de clima templado frío y subhúmedo. Su distribución corresponde a las mismas zonas del bosque de pino (en las partes más bajas). Las especies dominantes de este tipo de bosque son: *Quercus rugosa*, *Q. macrophylla*, *Q. crassipes*, *Q. elliptica*, *Q. acutifolia* y *Q. castanea*. Esta vegetación se observa sobre todo tipo de roca, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos; aparentemente no tolera deficiencias de drenaje, escasa precipitación y alta oscilación térmica. Se desarrolla en suelos de reacción ácida moderada (pH 5.5 a 6.5), con abundante hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial.

Bosque mixto. Comprende las comunidades mezcladas de los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Abies* en porción diversa, siendo difícil separar una especie de otra, debido a la heterogeneidad con que se presenta. Se distribuye en casi todas las sierras del estado, en áreas cuyas altitudes son similares a las que se encuentra el bosque de pino. Las asociaciones más frecuentes son pino-encino, pino-oyamel y pino-oyamel-latifoliadas. La combinación de pino-oyamel-latifoliadas se encuentra en la parte suroeste, en la Sierra de las Cruces. Áreas de estos grupos de vegetación se localizan en los municipios de Nicolás Romero, Ixtapaluca, Chalco, Atizapán y Naucalpan.

Matorral xerófilo. Respecto de las comunidades vegetales de climas semisecos se distinguen dos variantes: los matorrales crasicaules caracterizados por tener especies de tallos carnosos o espinosos, y los matorrales inermes donde los arbustos dominantes no poseen espinas.

Pastizal halófilo. Lo constituyen comunidades vegetales herbáceas, y en menor proporción arbustivas, que se desarrollan sobre suelos con altos contenidos de sales, en las orillas de algunos lagos o lagunas. Son comunes las asociaciones de *Distichlis spicata* (zacate salado) con *Atriplex muricata* (romerillo) y *Suaeda nigra* (romerito).

1.6 Población

El total de la Población estimada en el Estado de México para el 2006 fue de 14'227,630 de los cuales el 74.7% de la población corresponde a los 59 Municipios conurbados, el 13.8% corresponde a los 22 municipios del Valle de Toluca y el 11.5% al resto de los municipios; con respecto a la República Mexicana el total de la población mexiquense fue del 13.44%. Los datos de habitantes por región se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. 3 Habitantes por región

Región	Población	Densidad [hab./km ²]
Zona Conurbada del Valle de México	10'633,814	1689.1
Zona Metropolitana del Valle de Toluca	1'960,753	734.4
Resto de los Municipios	1'633,063	123.5
Total Estado de México	14'227,630	641.3

Fuente: Consejo Nacional de la Población (CONAPO). Nuevas Proyecciones de la población por municipio 2005-2030.

De la tabla anterior cabe resaltar que el mayor número de habitantes se encuentra asentado sobre la Zona Conurbada del Valle de México.

El crecimiento demográfico del Estado de México se muestra en la tabla 1.4. En primer lugar se observa que la población pasó de 9.8 millones de habitantes en 1990 a 14.2 millones en 2006, esto es un crecimiento neto de 4.4 millones de habitantes (31% de incremento). Ahora bien, respecto a la diferencia de crecimiento durante ese periodo se observa que va de más de un millón de habitantes.

Tabla 1. 4 Tasa de crecimiento poblacional

Año	Población	Diferencia
1990	9'815,795	-
1995	11'704,934	1'889,139
2000	12,865.907	1'160,973
2006	14'227,630	1'361,723

Fuente: INEGI. Censos de Población y Vivienda 2000, CONAPO. Proyecciones de la población nacional y estatal.

Las Zonas Metropolitanas que se representan en la entidad, han experimentado una significativa dinámica poblacional, de tal manera que en la región se ha venido incrementando cuando menos en una tercera parte su población total durante cada periodo intercensal. Las causas de tan acelerado crecimiento son múltiples, pero obedecen principalmente a la colindancia con el Distrito Federal, así como a la aplicación de diversas políticas urbanas y económicas que no previeron las consecuencias demográficas, territoriales y ambientales.

El rápido crecimiento poblacional de los municipios ubicados dentro de las zonas metropolitanas, ha llevado consigo el crecimiento de los servicios urbanos para cubrir las necesidades básicas de la población como son agua potable, energía eléctrica, drenaje, escuelas, abastecimiento de mercancías, calles y carreteras, aumentando así los problemas característicos de zonas urbanas como el crecimiento desordenado, falta de servicios, aumento del tráfico, incremento de los desechos sólidos, y por lo tanto aumento de la contaminación ambiental.

1.7 Industria

En el Estado de México, de acuerdo al censo de unidades económicas del 2003 publicado por INEGI, se encuentran establecidas 35,343 Industrias manufactureras, de las cuales el 74.4% (26,295 unidades) se encuentran en la Zona Conurbada del Valle de México, el 17.6% (6,220 unidades) en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el 8% (283 unidades) en el resto de los municipios.

La industria manufacturera emplea al 29% del total de la entidad; del total del personal ocupado el 61.4% son hombres y el 38.6% son mujeres.

1.8 Consumo energético

La producción y el consumo de energía tienen una gran incidencia en el desarrollo económico y social, así como en el medio ambiente. Por este motivo, el conocimiento de la estructura consumidora y de la producción de energía es de gran interés.

Durante el año 2006, en la Entidad, la industria manufacturera consumió 127.1 Peta Joules (PJ) anuales de combustibles fósiles como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 1. 5 Consumo de combustibles, 2006

Combustible	Estado de México	Zona Conurbada del Valle de México	Zona Metropolitana del Valle de Toluca
Gas natural	114.9	112.7	0.4
Gas LP	5.2	4.1	1.0
Diesel	4.4	3.6	0.4
Otros	2.6	2.5	0.1
Total	127.1	122.9	1.9

Fuente: PEMEX Refinación / PEMEX Gas y Petroquímica Básica

Secretaría del Medio Ambiente, Cédulas de Operación Integral (COI – 2005, 2006 y 2007).

La gráfica 2.1 y la tabla 2.2, muestran la distribución energética en las Zonas del Estado de México para el 2006, donde, la Zona Conurbada del Valle de México es que mayor demanda de combustible tiene, ya que utiliza el 96.7% (122.9 PJ), la Zona Metropolitana del Valle de Toluca el 1.5% (1.9 PJ) y el Resto de los municipios consume el 1.8% restante (2.2 PJ).

Gráfica 1. 3 Distribución energética por Zona en el Estado de México, 2006

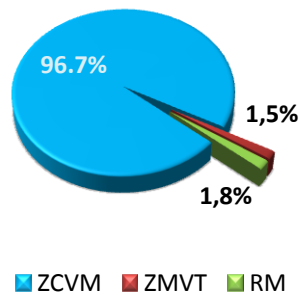


Tabla 1. 6 Demanda de energía por Zona para el año, 2006 en PJ / año

Fuentes	PJ/año
ZCVM	122.9
ZMVT	1.9
Resto de los Municipios	2.2

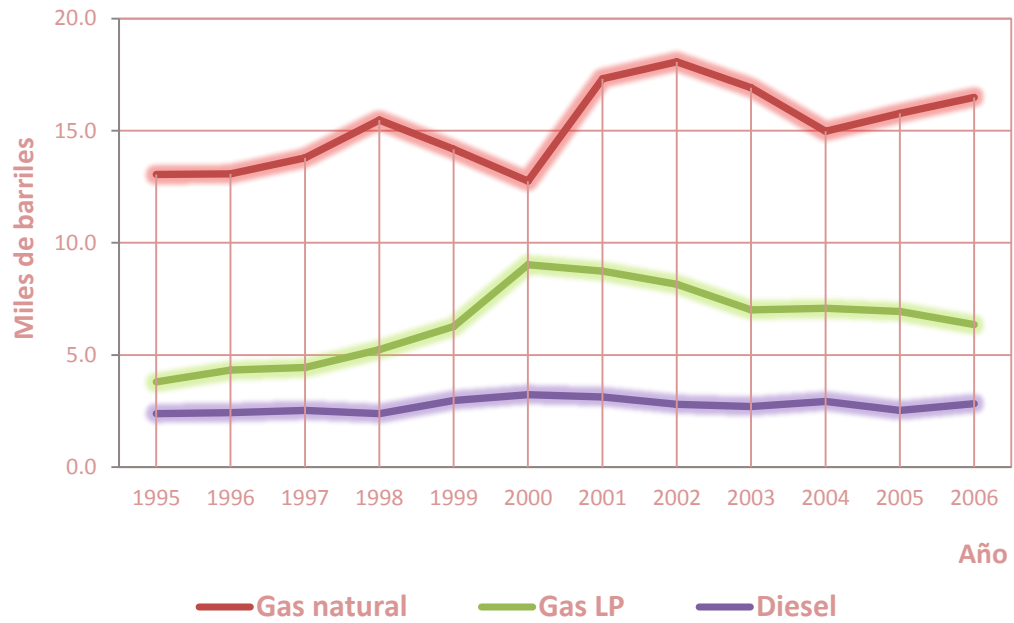
Fuente: DGPCCA, GEM. Con información de la Secretaría de Energía.

De 1995 a 2006, la mayor demanda de combustibles se ha enfocado principalmente al gas LP y gas natural. Debido a que los en los establecimientos industriales se ha realizado conversión energética, es de esperarse el crecimiento en la demanda de estos tres combustibles.

En la gráfica 2.2 se muestran los consumos energéticos de la industria manufacturera que se han tenido desde 1995 al 2006 en el Estado de México.



Gráfica 1. 4 Consumo de combustibles de la industria manufacturera en el Estado de México 1995 – 2006



Fuente: Secretaría de Energía: Balance Nacional de Energía 2006, México, 2006.

Prospectiva del mercado del gas licuado de petróleo 2006-2015, México, 2006.

Prospectiva del gas natural 2006-2015, México, 2006.

Prospectiva de petrolíferos 2006-2015, México, 2006





GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

2. Fuentes puntuales

2.1 Metodología

El presente inventario de emisiones, fue elaborado para estimar las emisiones de fuentes puntuales y para el su cálculo se aplicaron las metodologías propuestas en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, publicados por el Instituto Nacional de Ecología. Asimismo, se utilizaron los manuales de Fundamentos del Programa de Inventario de Emisiones para México y Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones, en conjunto con los manuales de Fuentes Puntuales de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés).

Las metodologías de estimación utilizadas se describen a continuación:

Muestreo en la Fuente: Son mediciones directas de la concentración de contaminantes en un volumen conocido de gas y de la tasa de flujo del gas en la chimenea. Son utilizadas con mayor frecuencia para fuentes de emisiones de combustión.

Modelos de Emisión (mecánicos): Son ecuaciones desarrolladas cuando las emisiones no se relacionan directamente con un solo parámetro. Se pueden usar computadoras en el caso de que se tenga un gran número de cálculos complejos.

Encuestas: Son cuestionarios diseñados para recopilar datos de actividad, tales como kg de solvente utilizado, litros de pintura, entre otros.

Factores de Emisión: Son relaciones entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y un dato de actividad. Los datos de actividad incluyen niveles de producción, consumo de materia prima, consumo de combustibles, etc. La fuente de factores de emisión utilizada en este inventario fue el AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (USEPA, 1995a).

Balance de Materiales: Parte del principio de que el material que entra a un proceso, debe ser igual al material procesado, más el que se emite durante el proceso. El método de balance de materiales, es adecuado para estimar emisiones asociadas con la evaporación de solventes y emisiones de compuestos que contienen azufre.

Para la integración de este inventario de emisiones se utilizó la metodología descrita en los manuales de Fundamentos del Programa de Inventario de Emisiones para México y Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones, en conjunto con el manual de Fuentes Puntuales, publicados por el Instituto Nacional de Ecología².

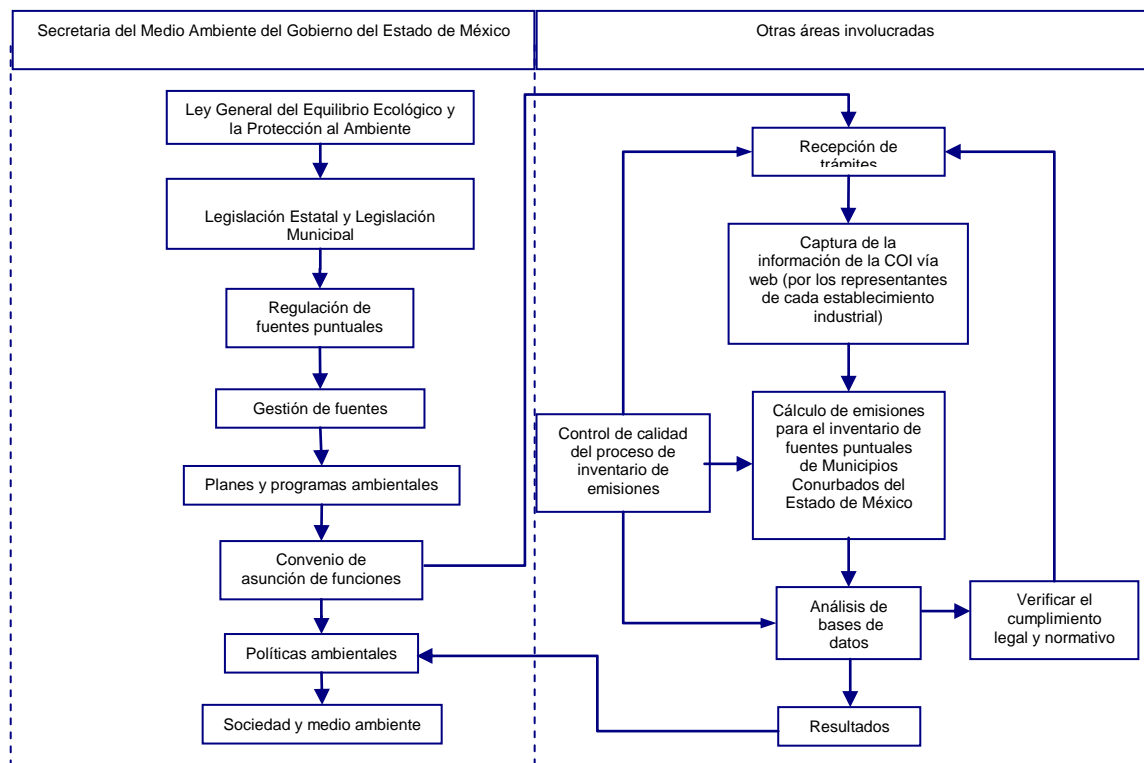
2.2 Fuentes de información

La fuente principal de información a partir de la cual se elabora el inventario de emisiones a la atmósfera de fuentes puntuales es el reporte que anualmente entrega la industria a la autoridad ambiental para renovar su Licencia de Funcionamiento en materia de atmósfera. Este reporte es la Cédula de Operación Integral, la cual

forma parte de los instrumentos que integran el sistema de regulación y gestión ambiental de la industria, comercio y servicios en el Estado de México. Las etapas involucradas en el proceso, se presentan en la figura 2.1.

La Cédula de Operación Integral contiene la información necesaria para calcular de manera indirecta las emisiones de los equipos que intervienen en los procesos de producción, apoyándose con metodologías nacionales e internacionales.

Figura 2. 1 Diagrama general para la gestión y regulación de fuentes puntuales



Para el inventario de emisiones del sector industrial, se utilizó la información de la Cédula de Operación Integral 2006 y 2007, que proporcionan los establecimientos industriales a la Secretaría del Medio Ambiente y que se encuentran ubicados en el Estado de México, además de los datos de emisiones de industrias de jurisdicción federal proporcionada por la SEMARNAT. Cabe aclarar que las Cédulas entregadas en el año 2006 y 2007 proporcionan información de las actividades industriales realizadas durante el 2005 y 2006 respectivamente.

La información de la cédula fue capturada por los representantes de los establecimientos industriales vía web, misma que es analizada por el Departamento de Diagnóstico mediante la generación de bases de datos; estos datos son extraídos de la base general del sistema de captura. Dichas bases utilizan la información técnica reportada para la estimación de emisiones, además de factores de emisión, unidades de emisiones, conversiones y datos de actividad. Las emisiones calculadas con factores de emisión se realizaron con la siguiente ecuación:

$$E_i = FE_i * A * (1 - EC/100)$$

Donde:

E_i = Emisión total del contaminante i, en toneladas/año.

FE_i = Factor de emisión del contaminante i, en Kg/m³ de combustible.

A = Dato de actividad, en m³ de combustible/año.

EC = Porcentaje de eficiencia del sistema de control

2.3 Clasificación de las fuentes puntuales

La clasificación de la industria manufacturera se basó en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), la cual en el 2002 se finalizó la primera actualización en su versión para México. Este clasificador muestra la estructura acordada por los tres países y la estructura del nivel nacional. Cabe aclarar que el acuerdo trinacional es a cinco dígitos (nivel subrama) en la gran mayoría de los sectores, y en cada una de las versiones nacionales el clasificador se desagrega hasta los seis dígitos (nivel clase de actividad). Sin embargo, para el caso de la elaboración del presente inventario se consideraron 3 dígitos (nivel subsector).

Este nuevo sistema sustituye a los clasificadores de actividades económicas utilizados en México como el CMAP (Clasificación Mexicana de Actividades Productivas). Mediante su uso se podrá unificar toda la producción de estadística económica entre México, Estados Unidos y Canadá.

Los sectores considerados para evaluar a la industria manufacturera fueron del 31-33 y además se incluyó a la generación de electricidad ubicada en el sector 21, los subsectores considerados se describen a continuación:

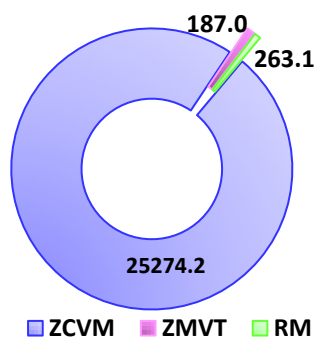
Tabla 2.1 Clasificación de la industria manufacturera basada en el SCIAN

Clave SCIAN	Subsector industrial
311	Industria alimentaria
312	Industria de las bebidas y del tabaco
313	Fabricación de insumos textiles
314	Confección de productos textiles. Excepto prendas de vestir
315	Fabricación de prendas de vestir
316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir
321	Industria de la madera
322	Industria del papel
323	Impresión e industrias conexas
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón
325	Industria química
326	Industria del plástico y del hule
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos
331	Industrias metálicas básicas
332	Fabricación de productos metálicos
333	Fabricación de maquinaria y equipo
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos
335	Fabricación y equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos
336	Fabricación de equipo de transporte
337	Fabricación de muebles y productos relacionados
339	Otras industrias manufactureras
221	Generación de electricidad

2.4 Inventario de emisiones

Una vez que se aplicaron las metodologías antes descritas, se estima que en el Estado de México se emiten 25,724.3 toneladas anuales de contaminantes provenientes de la industria manufacturera, de los cuales el 98.3% son emitidas por la Zona Conurbada del Valle de México, el 1% en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el 0.7% por el resto de los municipios.

Gráfica 2. 1 Contribución de emisiones por tipo de zona con respecto al total en toneladas anuales



En las tablas 2.1 y 2.2 se presentan las emisiones de las PM₁₀ (partículas menores a 10 micrómetros), las PM_{2.5} (partículas menores a 2.5 micrómetros), CO (monóxido de carbono), SO_x (bióxido de azufre), NO_x (óxidos de nitrógeno), COV (compuestos orgánicos volátiles) y NH₃ (amoníaco) en toneladas anuales y en porcentaje.

Tabla 2. 2 Emisiones en toneladas anuales del Estado de México, 2006

Región	Emisiones [ton /año]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
ZCVM ^a	267,8	1529,4	1102,9	3200,0	14998,1	4672,8	8,5
ZMVT ^b	3,0	58,8	22,9	37,9	128,5	13,6	1,2
RM ^c	1,4	7,0	5,1	19,6	17,3	137,4	0,7
Total	272.2	1,595.3	1,131.0	3,257.5	15,143.9	4,586.3	10.3

^a Zona Conurbada del Valle de México

^b Zona Metropolitana del Valle de Toluca

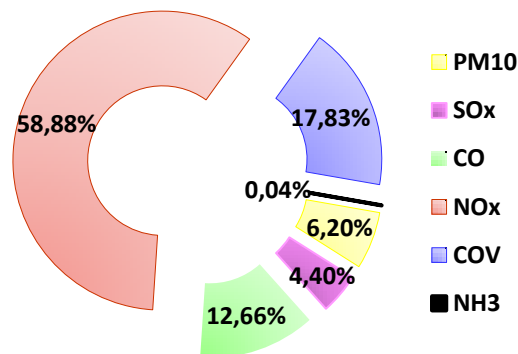
^c Resto de los municipios

Tabla 2. 3 Emisiones porcentuales del Estado de México, 2006

Región	Emisiones [%]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
ZCVM	98,4	95,9	97,5	98,2	99,0	96,7	81,9
ZMVT	1,1	3,7	2,0	1,2	0,8	0,3	11,6
RM	0,5	0,4	0,5	0,6	0,1	3,0	6,5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

En la siguiente gráfica se muestran las emisiones porcentuales en el Estado de México, basadas en los datos de emisión total de la tabla 2.2.

Gráfica 2.2 Porcentaje de emisiones por tipo de contaminante



De acuerdo a los datos de las tablas anteriores, se puede concluir que de las 25,724.3 toneladas anuales emitidas en el Estado de México por la industria manufacturera el NOx es el contaminante que mayor porcentaje de emisión tiene ya que emite 15143.9 toneladas, le siguen los COV y el CO con 4586.3 y 3257.5 toneladas y finalmente las PM10, SOx y NH₃ con 1595.3, 1131.0 y 10.3 toneladas.

En las tablas 2.4 y 2.5 se observa que los subsectores de la industria manufacturera que cuentan con mayor número de establecimientos son: con más de 150 establecimientos el subsector 325, correspondiente a la industria química; con más de 100 el subsector 326, perteneciente a la industria del plástico y del hule, el subsector 311, que corresponde a la industria alimentaria y el subsector 332 a la fabricación de productos metálicos y con menos de 100 establecimientos el resto de los subsectores.

En cuanto a la emisión se tiene que la generación de energía eléctrica emite el 71.1% (10,760.32 toneladas al año) de NOx, 68.8% (187.18 toneladas anuales) de PM_{2.5} y 63.8% (2,070.3 toneladas anuales) de CO y esto se debe a la cantidad de combustible utilizado para tal fin; en cuanto a la generación de SOx la industria del plástico y del hule emite 30.1% (34.71 toneladas anuales) y la fabricación de equipo de transporte emite el 27.3%.1% (1,249.83 toneladas anuales) de COV. Para la emisión de NH₃ se observa que la fabricación de insumos textiles emiten 25.7% (2.66 toneladas anuales).

Tabla 2.4 Emisiones en toneladas anuales por subsector en el Estado de México

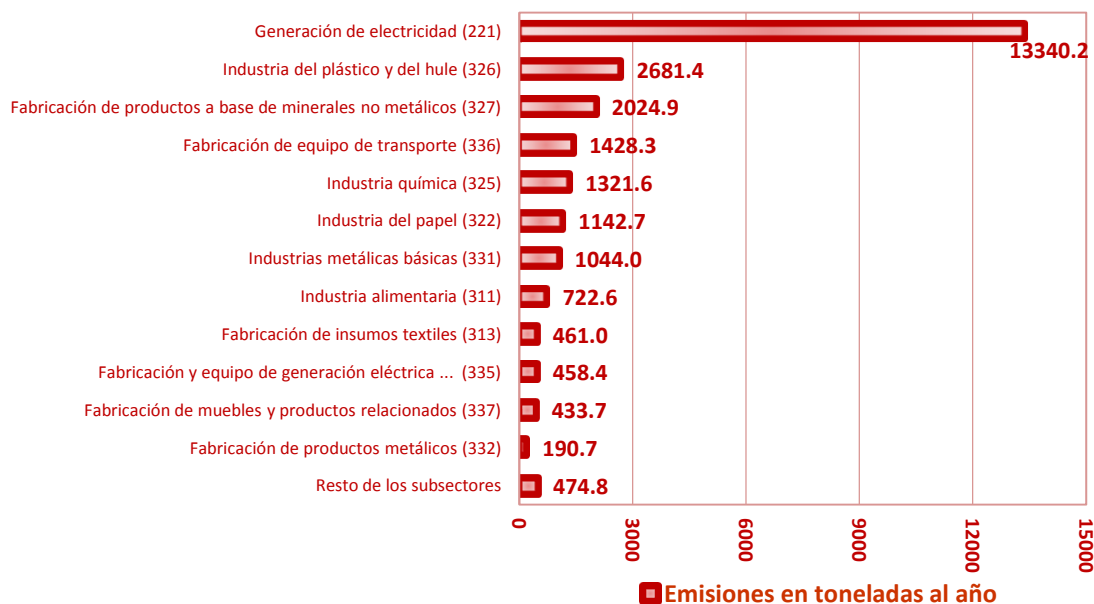
SCIAN	Sector	No. de establecimientos	PM10	PM2.5	SOx	CO	NOx	COV	NH3	Totales
311	Industria alimentaria	124	169,34	8,77	9,15	183,87	235,15	122,96	2,13	722,59
312	Industria de las bebidas y del tabaco	19	1,89	0,87	5,94	9,29	24,20	0,00	0,85	42,17
313	Fabricación de insumos textiles	72	129,73	5,32	11,67	96,05	183,40	37,48	2,66	461,00
314	Confección de productos textiles. Excepto prendas de vestir	9	2,61	0,95	0,17	9,97	56,19	0,00	0,03	68,98
315	Fabricación de prendas de vestir	33	7,13	0,18	2,61	4,94	9,30	13,87	0,38	38,23
316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	6	0,10	0,02	0,07	0,50	0,58	2,03	0,01	3,30
321	Industria de la madera	7	46,75	0,08	0,00	0,39	4,03	16,20	0,00	67,37
322	Industria del papel	56	46,26	18,60	295,73	180,40	413,18	206,48	0,61	1142,67
323	Impresión e industrias conexas	23	23,15	0,11	0,18	1,46	4,96	65,87	0,03	95,65
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	14	23,82	0,55	5,56	8,10	10,71	0,05	0,59	48,82
325	Industria química	169	32,32	14,08	35,33	168,13	329,39	755,91	0,51	1321,59
326	Industria del plástico y del hule	129	94,30	6,92	340,71	83,98	1349,65	811,73	0,99	2681,36
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	68	113,31	11,27	312,22	186,70	1394,20	17,54	0,91	2024,89
331	Industrias metálicas básicas	75	484,38	12,24	68,71	165,95	245,79	79,20	0,01	1044,04
332	Fabricación de productos metálicos	107	31,57	2,26	6,82	57,24	33,50	61,38	0,22	190,74
333	Fabricación de maquinaria y equipo	36	9,87	0,05	0,02	0,34	2,12	44,08	0,00	56,44
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	7	15,20	0,02	0,00	0,11	0,74	10,19	0,00	26,24
335	Fabricación y equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	41	35,44	0,66	0,25	8,26	25,54	388,72	0,21	458,41
336	Fabricación de equipo de transporte	67	115,84	1,57	14,25	15,95	32,45	1249,83	0,03	1428,34
337	Fabricación de muebles y productos relacionados	37	15,93	0,35	0,00	3,40	20,15	394,22	0,00	433,70
339	Otras industrias manufactureras	37	8,56	0,15	1,18	2,23	8,38	7,05	0,17	27,57
221	Generación de electricidad	4	187,69	187,18	20,43	2070,30	10760,32	301,49	0,00	13340,23
	Total	1140	1595,27	272,21	1131,00	3257,54	15143,91	4586,27	10,34	25724,33

Tabla 2.5 Emisiones porcentuales por subsector en el Estado de México

SCIAN	Sector	No. de establecimientos	PM10	PM2.5	SOx	CO	NOx	COV	NH3	Totales
311	Industria alimentaria	10,9	10,6	3,2	0,8	5,6	1,6	2,7	20,6	2,8
312	Industria de las bebidas y del tabaco	1,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,2	0,0	8,2	0,2
313	Fabricación de insumos textiles	6,3	8,1	2,0	1,0	2,9	1,2	0,8	25,7	1,8
314	Confección de productos textiles. Excepto prendas de vestir	0,8	0,2	0,3	0,0	0,3	0,4	0,0	0,2	0,3
315	Fabricación de prendas de vestir	2,9	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	3,7	0,1
316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
321	Industria de la madera	0,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3
322	Industria del papel	4,9	2,9	6,8	26,1	5,5	2,7	4,5	5,9	4,4
323	Impresión e industrias conexas	2,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,3	0,4
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	1,2	1,5	0,2	0,5	0,2	0,1	0,0	5,7	0,2
325	Industria química	14,8	2,0	5,2	3,1	5,2	2,2	16,5	5,0	5,1
326	Industria del plástico y del hule	11,3	5,9	2,5	30,1	2,6	8,9	17,7	9,5	10,4
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	6,0	7,1	4,1	27,6	5,7	9,2	0,4	8,8	7,9
331	Industrias metálicas básicas	6,6	30,4	4,5	6,1	5,1	1,6	1,7	0,1	4,1
332	Fabricación de productos metálicos	9,4	2,0	0,8	0,6	1,8	0,2	1,3	2,1	0,7
333	Fabricación de maquinaria y equipo	3,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,2
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1
335	Fabricación y equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	3,6	2,2	0,2	0,0	0,3	0,2	8,5	2,0	1,8
336	Fabricación de equipo de transporte	5,9	7,3	0,6	1,3	0,5	0,2	27,3	0,3	5,6
337	Fabricación de muebles y productos relacionados	3,2	1,0	0,1	0,0	0,1	0,1	8,6	0,0	1,7
339	Otras industrias manufactureras	3,2	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,7	0,1
221	Generación de electricidad	0,4	11,8	68,8	1,8	63,6	71,1	6,6	0,0	51,9
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

En la gráfica 2.3 se muestra la contribución total de emisiones contaminantes por subsector, en donde se puede apreciar con mayor claridad cuáles son los que más contaminan.

Gráfica 2.3 Contribución de emisiones por subsector en el Estado de México



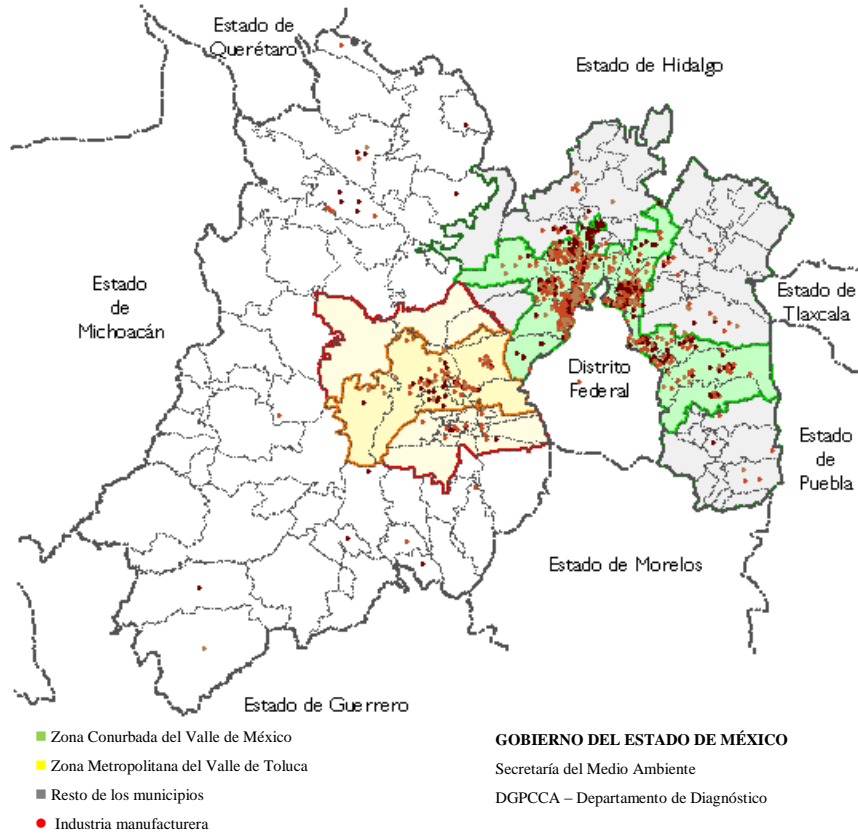
2.5 Emisiones por jurisdicción y por municipio

Basado en el artículo 111 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), las empresas se clasifican de acuerdo al giro empresarial en jurisdicciones ya sea federal o estatal, en esta clasificación se establecen como giros de competencia federal la industria química, industria del petróleo y petroquímica, pinturas y tintas, metalúrgica, automotriz, celulosa y papel, cementera y calera, asbesto, vidrio, generación de energía eléctrica y tratamiento de residuos peligrosos, y son industrias locales todas aquellas que no se mencionan anteriormente. En la integración del inventario de fuentes puntuales se utiliza la información reportada en las Cédulas de Operación tanto federales como locales (SEMARNAT y la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, respectivamente).

En el censo de unidades económicas publicadas por el INEGI en el 2003, en el Estado de México se registraron 35,343 industrias manufactureras, de las cuáles, el 74.4% se encuentran ubicadas en la Zona Conurbada del Valle de México, el 17.6% en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el 8% en el resto de los municipios. Sin embargo, en las bases de datos generadas en la Secretaría del Medio Ambiente con la información obtenida mediante la Cédula de Operación Integral (COI) y que los establecimientos industriales, comerciales y de servicios actualizan año con año presentando información del año calendario anterior apenas es el 10% de las establecidas en la entidad.

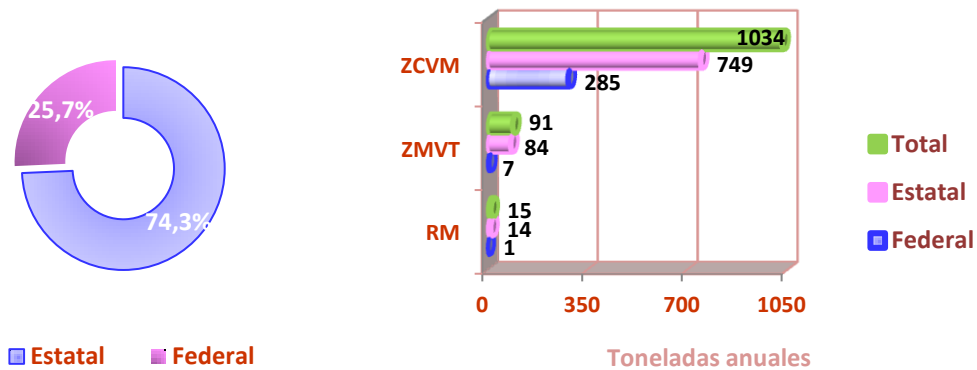
El número de industrias con cumplimiento ambiental registradas en el 2006 asciende a 1,440, en la figura 2.2 se muestra la distribución de las industrias de acuerdo a su ubicación por zona.

Figura 2.2 Ubicación de la industria manufacturera en el Estado de México



De acuerdo a la información proporcionada por la SEMARNAT y la información capturada de la COI por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México se tiene que de los 1,140 establecimientos industriales 847 son de competencia estatal y 293 son de competencia federal. Ver siguiente gráfica.

Gráfica 2.4 y 2.5 Número de establecimientos y porcentaje con respecto al total ubicados en el Estado de México por jurisdicción

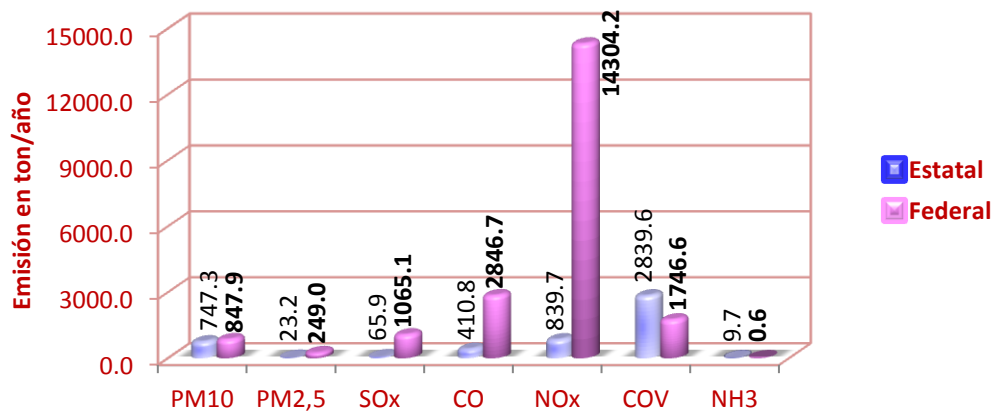


El inventario de emisiones obtenido para las fuentes fijas indica que los principales contaminantes en orden de importancia son el NO_x, COV, CO, PM₁₀ y SO_x.

De las 25,724.3 toneladas al año que se emiten en este sector, 20,811.2 toneladas al año son emitidas por las industrias de jurisdicción federal y 4,913.1 toneladas al año por la industria estatal.

La mayor cantidad de NO_x es emitida por la industria de jurisdicción federal con 14,304.2, así como el CO que es el siguiente en importancia en cuanto a tonelaje emitido con 2,846.7 toneladas al año y le siguen los COV con 2839.6 toneladas al año emitidas por la industria estatal.

Gráfica 2.6 Contribución de emisiones industriales por contaminante y por jurisdicción en el Estado de México



En la tabla 2.6 se muestran las emisiones por municipio y por tipo de contaminante.

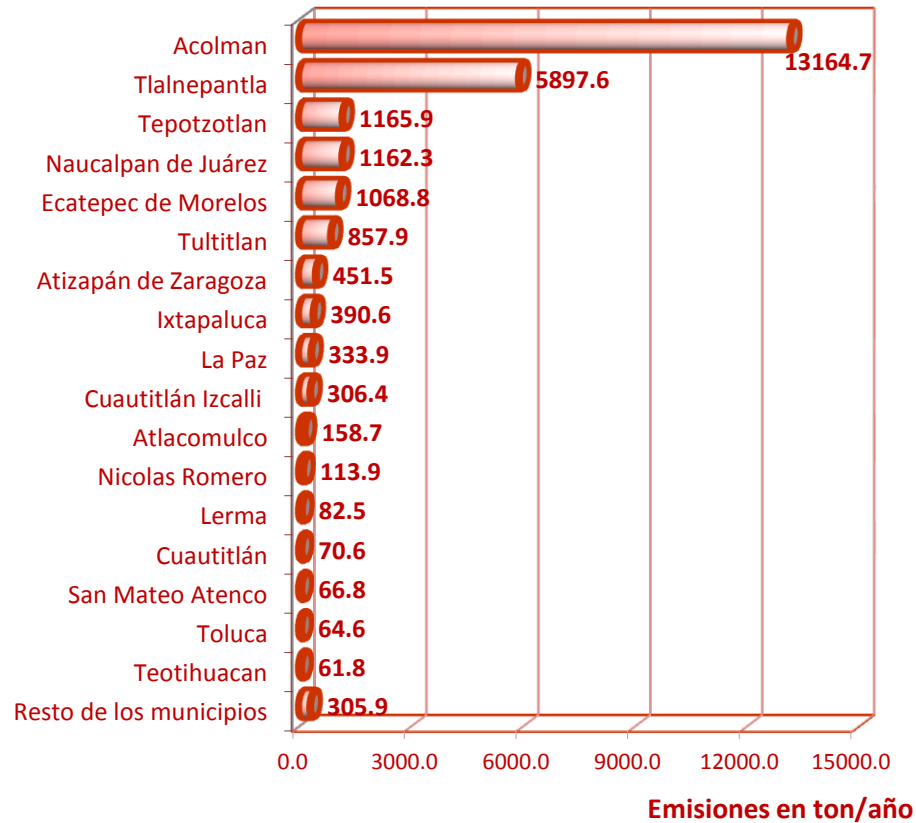
Tabla 2.6 Emisiones por municipio y por contaminante en el Estado de México

MUNICIPIO	PM10	PM2,5	SOx	CO	NOx	COV	NH3	Total
Acambay	0,05	0,01	0,29	0,26	1,03	0,00	0,04	1,67
Acolman	187,58	187,04	21,71	2067,70	10749,72	137,94	0,01	13164,65
Amecameca	0,11	0,028	0,57	1,90	0,43	0,000	0,09	3,09
Atizapán de Zaragoza	22,49	1,94	25,12	25,89	106,08	271,17	0,75	451,50
Atlacomulco	2,75	0,15	3,25	2,95	11,98	137,38	0,42	158,72
Atlautla	1,22	1,14	0,12	14,31	0,00	0,00	0,00	15,65
Ayapango de Ramos Millán	0,14	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,21
Capulhuac	0,03	0,01	0,02	0,11	0,70	0,00	0,00	0,85
Coacalco	2,28	0,019	0,29	0,40	1,07	31,18	0,04	35,25
Cuautitlán	31,54	0,45	2,45	6,03	7,87	22,54	0,12	70,56
Cuautitlán Izcalli	80,90	1,48	7,16	30,18	102,09	85,60	0,51	306,43
Chalco	3,38	0,11	0,17	1,28	3,91	2,43	0,03	11,19
Chamapa de Mota	0,05	0,01	0,25	0,98	0,01	0,00	0,04	1,33
Chicoloapan	0,76	0,53	1,08	30,93	1,41	0,00	0,00	34,17
Chimalhuacán	0,22	0,2201	0,11	13,65	0,01	0,00	0,00	13,99
Ecatepec de Morelos	197,16	14,66	35,40	195,03	257,09	382,92	1,24	1068,83
Huehuetoca	8,56	0,03	0,01	0,61	1,01	25,68	0,01	35,88

Huixquilucan	0,07	0,01	0,28	0,26	0,97	0,00	0,04	1,62
Ixtapaluca	23,28	5,34	258,61	16,31	82,81	9,39	0,19	390,59
La Paz	12,16	0,80	31,45	12,38	67,24	210,63	0,0397	333,8740
Lerma	29,65	0,75	1,53	15,10	32,05	3,86	0,27	82,47
Melchor Ocampo	5,94	0,02	0,50	0,44	1,75	1,60	0,07	10,29
Metepec	7,97	0,02	0,33	0,52	1,14	0,019	0,05	10,02
Naucalpan de Juárez	133,16	5,44	11,32	99,94	201,61	713,95	2,35	1162,33
Nextlalpan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,0057
Nezahualcóyotl	0,81	0,43	3,43	4,26	24,36	2,71	0,00	35,53
Nicolás Romero	2,20	0,85	3,32	5,34	10,83	91,79	0,44	113,92
Ocoyoacac	4,66	0,05	1,18	1,02	2,52	0,67	0,04	10,05
Polotitlán	0,01	0,00	0,06	0,06	0,22	0,00	0,01	0,36
Rayón	0,075	0,02	0,37	1,50	0,02	0,00	0,06	2,02
San Antonio la Isla	0,13	0,03	0,53	2,10	0,39	0,00	0,08	3,22
San Mateo Atenco	1,52	0,94	0,00	9,47	55,82	0,00	0,00	66,82
Soyaniquilpan	2,87	0,05	1,16	1,02	4,08	0,00	0,16	9,29
Tecámac	1,33	0,13	2,77	2,08	6,43	2,30	0,13	15,04
Teoloyucan	0,013	0,00	0,07	0,06	0,25	0,00	0,01	0,41
Teotihuacan	13,94	0,86	0,15	21,07	25,09	1,38	0,12	61,76
Tepotzotlán	31,49	0,68	0,06	9,48	14,88	1109,78	0,21	1165,90
Texcoco	2,82	0,06	1,19	2,75	2,69	0,59	0,18	10,22
Tezoyuca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Tlanguistenco	0,37	0,28	0,38	2,12	7,23	1,03	0,06	11,20
Tlalnepantla	719,88	38,56	685,62	528,45	3023,85	938,43	1,36	5897,59
Toluca	14,14	0,87	16,51	4,2120	21,30	8,07	0,35	64,58
Tultepec	8,54	0,37	1,20	0,55	2,16	3,82	0,09	16,35
Tultitlán	37,59	7,74	8,17	120,01	302,41	389,42	0,32	857,92
Valle de Chalco solidaridad	0,15	0,04	0,76	3,03	0,04	0,00	0,12	4,10
Zinacantepec	0,38	0,09	2,07	1,83	7,34	0,00	0,29	11,90
Zumpango	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95
Total	1595,27	272,21	1131,00	3257,55	15143,91	4586,27	10,34	25724,33

En la siguiente gráfica se puede apreciar una mejor distribución de las emisiones por municipio, y en donde se puede observar que, el municipio con más de 10,000 toneladas anuales (55.2% de toda la entidad) es Acolman; con más de 5,000 toneladas anuales (22.9%) corresponde a Tlalnepantla, con más de 1,000 toneladas anuales (4.5%) están los municipios de Tepotzotlán, Naucalpan de Juárez y Ecatepec de Morelos; con más de 500 toneladas anuales (3.3%) Tultitlán y finalmente con menos de 500 toneladas anuales se encuentran el resto de los municipios que en conjunto emiten el 9.4% del total.

Gráfica 2.7 Emisiones totales por municipio en toneladas al año



2.6 Conclusiones

- En el Estado de México durante el año 2006, la industria manufacturera emitió a la atmósfera 25,724.3 toneladas anuales, de las cuales el 98.3% provienen de la Zona Conurbada del Valle de México, el 1.0% de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el 0.7% restante proviene del resto de los municipios.
- Durante el año 2006, el consumo de combustibles fósiles de los establecimientos industriales ubicados en la entidad fue de 127.1 Peta Joules. La Zona Conurbada del Valle de México consumió el 96.7%, mientras que la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el resto de los municipios solo consumieron el 1.5% y el 1.8% respectivamente. El principal combustible utilizado fue el Gas natural.
- De los 1,140 establecimientos industriales que reportaron Cédula de Operación Integral, los subsectores que cuentan con mayor número de establecimientos son: con más de 150 establecimientos el subsector 325, correspondiente a la industria química; con más de 100 el subsector 326, perteneciente a la industria del plástico y del hule, el subsector 311, que corresponde a la industria alimentaria y el subsector 332 a la fabricación de productos metálicos y con menos de 100 establecimientos el resto de los subsectores.

- El subsector 221 (generación de electricidad) es la actividad industrial que más contribuye con las emisiones ya que emite el 59.1% del total y el subsector 326 (industria del plástico y del hule) con el 10.4%.
- En cuanto a los contaminantes evaluados, el NOx es el que se emite en mayor cantidad con 58.9%, le siguen los COV con el 17.8%, el CO con el 12.7%, las PM₁₀ emiten 6.2%, el SOx 4.4% y finalmente los NH₃ emiten el 0.04%.
- Es importante recalcar que el cumplimiento ambiental para la presentación de la Cédula de Operación Integral, que es una de las herramientas principales para extraer información que sirve de base para el desarrollo de los inventarios de emisiones de fuentes puntuales, en los últimos años ha ido decreciendo, esto debido a que, entre algunos gobiernos municipales y el gobierno estatal se firman convenios de asunción de funciones, mediante el cual a los municipios se les otorga la autonomía para recibir información que les permite expedir y autorizar, licencias, registros, permisos y otros trámites ambientales. Sin embargo, la problemática no radica en la asunción de funciones, más bien se desarrolla cuando estos convenios no son firmados por ambas partes y derivado de esto, los establecimientos se ven imposibilitados para presentar su información, ya que por la falta de la firma de este convenio no se les recibe la documentación correspondiente.
- Finalmente se recomienda establecer reglamentación estatal y/o municipal clara, que facilite a los establecimientos el seguimiento y la presentación de reportes y revalidaciones de licencias, registros, permisos, entre otros de manera continua, que nos permita mantener actualizado el padrón de industrias manufactureras establecidas en el Estado de México, así como la ampliación del mismo.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

3. Fuentes de área

3.1 Metodología

Las emisiones contaminantes del aire provenientes de fuentes de área (comercios y servicios) se calcularon a partir de las metodologías establecidas en el Manual de Inventario de Emisiones para México, Volumen V, Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Área 5. De manera particular, se utilizaron los modelos matemáticos TANKS¹, versión 4.0 para estimar las emisiones por evaporación en tanques de almacenamiento de combustible líquido; el modelo FAEED², versión 2.1, para las emisiones derivadas de la operación de aeronaves; y el LANDFILL³, versión 2.01, para las emisiones provenientes de tiraderos a cielo abierto y rellenos sanitarios.

En la mayor parte de las categorías de fuentes de área se estimaron las emisiones de compuestos orgánicos totales (COT) debido principalmente al consumo de solventes, pinturas y otras sustancias volátiles. Sólo en aquellos rubros donde se realizan procesos de combustión se calcularon las emisiones de partículas PM₁₀, bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y amoníaco (NH₃).

Con la finalidad de facilitar la identificación de las fuentes de área, sus diferentes categorías se clasificaron en cuatro grupos:

Servicios y uso de productos con solvente. Comprende consumo comercial de solventes, limpieza y desengrase de superficies, recubrimiento de superficies industriales y arquitectónicas, artes gráficas, lavado en seco, panaderías (fermentación), pintura automotriz y pintura de tránsito.

Fugas y evaporación de combustibles. Comprende la distribución, almacenamiento y fugas de gas LP, hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP, distribución y venta de gasolina y almacenamiento masivo de combustibles líquidos.

Incendios, combustión y servicios públicos. Comprende rellenos sanitarios, aplicación de asfalto, tratamiento de aguas residuales, esterilización en hospitales, combustión habitacional, combustión comercial e institucional, incendios forestales y hornos tabiqueros.

¹ Environmental Protection Agency (1999). Storage Tank Emission Calculation Software (Update), USA.

² Federal Aviation Administration (1996). Federal Aircraft Engine Emission Database, USA.

³ Environmental Protection Agency (1994). Landfill Emission Estimation Model, USA.

Tabla 3. 1 Métodos utilizados para el cálculo de emisiones en fuentes de área

Categoría	Método	Contaminante evaluado						
		PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Combustión industrial	FE, MD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Combustión comercial	FE, MD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Combustión residencial	FE, MD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Incendios forestales	FE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Locomotoras de arrastre (foráneas)/patio	FE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Operación de aeronaves	ME	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
Panaderías	FE						✓	
Tratamiento de aguas residuales	ME						✓	
Rellenos sanitarios	ME						✓	
Almacenamiento y distribución de gasolina	ME						✓	
Almacenamiento y distribución de gas LP	FE						✓	
Fugas de gas LP en uso industrial	FE						✓	
Fugas de gas LP en servicios	FE						✓	
Fugas de gas LP en uso doméstico	FE						✓	
HCNQ en la industria por el uso de gas LP	FE						✓	
HCNQ en los comercios por el uso de gas LP	FE						✓	
HCNQ residencial por uso de gas LP	FE						✓	
Esterilización en hospitales	FE						✓	
Artes gráficas	FE						✓	
Aplicación de asfalto	FE						✓	
Lavado en seco (Tintorerías)	FE						✓	
Pintado de carrocerías	FE						✓	
Pintura de tráfico	FE						✓	
Recubrimiento de superficies en la industria	FE						✓	
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	FE						✓	
Recubrimiento en la Industria (desengrasado)	FE						✓	
Uso comercial y doméstico de solventes	FE						✓	
Emisiones domésticas de amoníaco	FE							✓

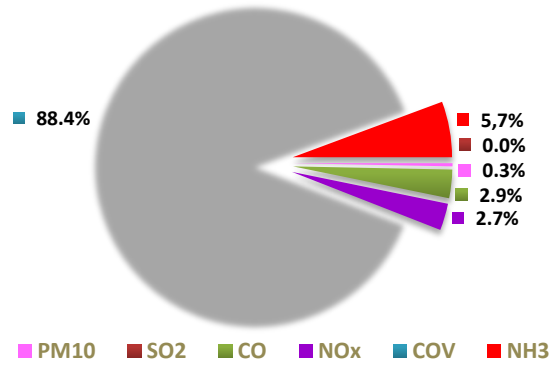
HCNQ Hidrocarburos no quemados, FE Factor de emisión, MD Medición directa, ME Modelos de emisión

3.2 Inventario de emisiones de fuentes de área

Las fuentes de área son todos 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. Como ejemplo de este tipo de fuentes se pueden mencionar a las casas habitación, talleres mecánicos, hoteles, tintorerías, panaderías, almacenamiento de combustible, entre otras.

Las fuentes de área del Estado de México emitieron 196,710 toneladas al año de contaminantes a la atmósfera, de las cuales 173,900 toneladas corresponden a los compuestos orgánicos volátiles (COV), 11,134 toneladas de amoníaco (NH₃), 5,690 toneladas de monóxido de carbono (CO), 5,362 toneladas de óxidos de nitrógeno (NO_x), 625 toneladas de partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀) y 1 tonelada de bióxido de azufre (SO₂). Ver gráfica 3.8.

Gráfica 3. 8 Emisión porcentual por contaminante de las fuentes de área



En las siguientes tablas se presenta el inventario de emisiones desagregado de las fuentes de área en toneladas anuales y porcentaje.

Tabla 3. 2 Inventario de emisiones de fuentes de área desagregado

Municipio	Emisiones [toneladas/año]						
	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes de combustión							
Combustión industrial	26,5	26,5	0,1	148,4	875,1	15,5	NE
Combustión comercial	26,7	26,7	0,1	119,9	870,8	21,2	NE
Combustión residencial	110,9	110,9	0,4	498,0	3.615,7	87,9	NE
Incendios forestales	390,2	460,5	NA	4.479,8	NA	175,5	NA
Fuentes evaporativas							
Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	3.754,5	NA
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	78,8	NA
Rellenos sanitarios	NA	NA	NA	443,5	NA	3.644,0	NA
Evaporación por transporte y almacenamiento de combustibles							
Almacenamiento y distribución de gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	9.444,2	NA
Almacenamiento y distribución de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	2.862,8	NA
Fugas de gas LP en uso industrial	NA	NA	NA	NA	NA	52,9	NA
Fugas de gas LP en uso comercial	NA	NA	NA	NA	NA	179,7	NA
Fugas de gas LP en uso doméstico	NA	NA	NA	NA	NA	12.705,7	NA
HCNQ en uso industrial	NA	NA	NA	NA	NA	5.384,7	NA
HCNQ en uso comercial	NA	NA	NA	NA	NA	7.007,0	NA
HCNQ en uso doméstico	NA	NA	NA	NA	NA	17.538,4	NA
Evaporación con solventes							
Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	9,6	NA
Recubrimiento de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	NA	17.992,8	NA
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	NA	1.968,0	NA
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	16.834,1	NA
Pintura de tráfico	NA	NA	NA	NA	NA	562,3	NA
Limpieza de superficies (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	NA	17.901,2	NA
Lavado en seco (Tintorerías)	NA	NA	NA	NA	NA	4.951,2	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	5.691,1	NA
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	103,9	NA
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	44.932,7	NA
Emisiones de amoníaco							
Emisiones domésticas de amoníaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11.134,3
Total	554,4	624,6	0,6	5.689,7	5.361,6	173.899,6	11.134,3

NA= No Aplica, NE= No Estimado

Tabla 3. 3 Inventario de emisiones de fuentes de área desagregado en porcentaje (%)

Municipio	Emisiones porcentuales [%]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes de combustión							
Combustión industrial	4,8%	4,2%	12,4%	2,6%	16,3%	0,0%	NE
Combustión comercial	4,8%	4,3%	17,0%	2,1%	16,2%	0,0%	NE
Combustión residencial	20,0%	17,8%	70,6%	8,8%	67,4%	0,1%	NE
Incendios forestales	70,4%	73,7%	NA	78,7%	NA	0,1%	NA
Fuentes evaporativas							
Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	2,2%	NA
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	0,0%	NA
Rellenos sanitarios	NA	NA	NA	7,8	NA	2,1%	NA
Evaporación por transporte y almacenamiento de combustibles							
Almacenamiento y distribución de gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	5,4%	NA
Almacenamiento y distribución de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	1,6%	NA
Fugas de gas LP en uso industrial	NA	NA	NA	NA	NA	0,0%	NA
Fugas de gas LP en uso comercial	NA	NA	NA	NA	NA	0,1%	NA
Fugas de gas LP en uso doméstico	NA	NA	NA	NA	NA	7,3%	NA
HCNQ en uso industrial	NA	NA	NA	NA	NA	3,1%	NA
HCNQ en uso comercial	NA	NA	NA	NA	NA	4,0%	NA
HCNQ en uso doméstico	NA	NA	NA	NA	NA	10,1%	NA
Evaporación con solventes							
Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	0,0%	NA
Recubrimiento de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	NA	10,3%	NA
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	NA	1,1%	NA
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	9,7%	NA
Pintura de tráfico	NA	NA	NA	NA	NA	0,3%	NA
Limpieza de superficies (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	NA	10,3%	NA
Lavado en seco (Tintorerías)	NA	NA	NA	NA	NA	2,8%	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	3,3%	NA
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	0,1%	NA
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	25,8%	NA
Emisiones de amoníaco							
Emisiones domésticas de amoníaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100,0%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

NA= No Aplica, NE= No Estimado

A continuación se describen cada una de las categorías de fuentes de área y sus aportaciones por contaminante.

3.2.1 Emisiones por combustión de fuentes de área

Las fuentes de combustión consideradas dentro de este inventario fueron:

La combustión industrial, la combustión comercial (que incluye a los hoteles, baños públicos, tintorerías, restaurantes, escuelas, hospitales, tortillerías, entre otros; y que se caracterizan por contar con pequeños equipos de combustión como pueden ser calderas, calentadores, parrillas, estufas, entre otros); y la combustión residencial, representada principalmente por las casas habitación.

Los incendios forestales a diferencia de otras fuentes de combustión, no son intencionales y en consecuencia la cantidad de combustible quemado puede ser difícil de determinar.

En la tabla 3.9, se presentan los resultados de las emisiones por combustión que se estimaron para el Inventario. Estas fuentes de combustión son las principales emisoras de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , SO_2 , CO y NO_x y en menor proporción los COV.

Tabla 3. 4 Emisiones generadas por la combustión

Actividad	$PM_{2.5}$	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	COV	NH_3
Emisiones (ton/año)							
Combustión industrial	26.5	26.5	0.1	148.4	875.1	15.5	NE
Combustión comercial	26.7	26.7	0.1	119.9	870.8	21.2	NE
Combustión doméstica	110.9	110.9	0.4	498.0	3.615.7	87.9	NE
Incendios forestales	390.2	460.5	NA	4,479.8	NA	175.5	NA
Emisiones (%) [*]							
Combustión industrial	4,8%	4,2%	12,4%	2,6%	16,3%	0,0%	NE
Combustión comercial	4,8%	4,3%	17,0%	2,1%	16,2%	0,0%	NE
Combustión doméstica	20,0%	17,8%	70,6%	8,8%	67,4%	0,1%	NE
Incendios forestales	70,4%	73,7%	NA	78,7%	NA	0,1%	NA

* Porcentaje con respecto al total de las fuentes de área

NE= No estimado

En esta categoría se generan un total 12,087.3 toneladas al año, de las cuales 5,361.3 corresponde a los NO_x y lo generan principalmente la combustión residencial (3,625.7 toneladas); 5,246.1 toneladas de CO, generados en su mayoría por los incendios forestales (4,479.8 toneladas); 624.6 toneladas de PM_{10} y 300.1 toneladas de COV, siendo los incendios forestales los principales emisores de estos contaminantes; y 0.6 toneladas de SO_2 generados principalmente por la combustión residencial (12.7 toneladas).

Es importante señalar que a diferencia de otros países, el gas L. P. que se comercializa en México, es una mezcla principalmente de propano-butano, y otros compuestos como el metano, etano, isobutano y propeno. Todos estos compuestos son fotorreactivos y contribuyen al problema de generación de ozono en las grandes ciudades⁴.

⁴ PEMEX, Gas y Petroquímica Básica.

3.2.2 Emisiones por fuentes evaporativas

Como fuentes evaporativas de emisión se tienen a las *panaderías*, que en particular no emplea solventes en sus procesos, sin embargo, si hay generación de compuestos orgánicos volátiles (COV) que provienen de la fermentación de levaduras; el *tratamiento de agua residual*, en esta categoría esta incluida el agua que proviene de los procesos industriales, aunque también estas plantas pueden tratar agua de uso doméstico, institucionales o comerciales y que son descargadas directamente a los sistemas de alcantarillado y de los escurrimientos pluviales; y finalmente los *rellenos sanitarios*, que son básicamente sitios de disposición final de residuos sólidos que son recolectados a nivel municipal.

Tabla 3. 5 Emisiones generadas por fuentes evaporativas

Actividad	CO	COV
	Emisiones (ton/año)	
Panaderías	-	3,754.5
Tratamiento de aguas residuales	-	78.8
Rellenos sanitarios	443.5	3,644.0

Como se observa en la gráfica 3.10 esta categoría de fuente emite un total de 7,477.3 toneladas de compuestos orgánicos volátiles (COV), de las cuales 3,724.5 corresponden a las emitidas por el las panaderías, 3,644.0 son emitidas por los rellenos sanitarios y 78.8 y sólo 44.4 toneladas emitidas por los rellenos sanitarios. Cabe mencionar que los rellenos sanitarios también emiten monóxido de carbono (CO) y su aporte es de 3.4 toneladas.

3.2.3 Servicios y uso de productos con solvente

Esta categoría se refiere a todas aquellas actividades que generan emisiones fugitivas de hidrocarburos debidas a la utilización de materiales que tienen en su composición solventes orgánicos.

A continuación se mencionan las actividades de esta categoría:

Recubrimiento de superficies industriales. En esta subcategoría se consideran las operaciones de aplicación de recubrimientos como pintura, laca, barniz u otro recubrimiento que en su contenido cuenta con algún solvente, a superficies diversas con fines decorativos o de protección. Además de la aplicación en diversos materiales como plástico, madera, metal, entre otros, incluye el mantenimiento de maquinaria y equipo.

Pintura automotriz. En esta actividad se consideran las emisiones que se generan por la restauración de autos, las cuales pueden incluir pintado, reparación y restauración de carrocerías de automóviles, camiones ligeros y otros vehículos. No incluye el recubrimiento de vehículos nuevos debido a que se debe considerar en el inventario de fuentes puntuales.

Recubrimiento de superficies arquitectónicas. Se refiere a la aplicación de recubrimientos tales como pintura, barniz o laca y el uso de solventes como adelgazantes y limpiadores a las superficies arquitectónicas de casas y edificios en general.

Pintura en tránsito. Se refiere al mantenimiento y reparación de banquetas, marcas de dirección, señales de tránsito, superficies pavimentadas y no pavimentadas para facilitar el tráfico de vehículos, tanto en obras nuevas como las ya establecidas.

Limpieza de superficies (desengrasado). Estas operaciones involucran el uso de solventes líquidos o vapores de solventes, para eliminar contaminantes insolubles en agua tales como grasa, aceite, ceras, depósitos de carbón, óxidos y alquitranes de superficies tales como metales, plásticos, vidrios y otros.

Lavado en seco (tintorerías). El lavado en seco es un servicio para la limpieza de ropa, cortinas, artículos de cuero y otros productos de tela. En sus operaciones se utilizan solventes orgánicos halogenados o destilados de petróleo, entre ellos, el percloroetileno y gas nafta.

Artes gráficas. Incluyen las operaciones que están relacionadas con la impresión de periódicos, revistas, libros y otros materiales impresos. Las emisiones que se generan dependen de la composición de las tintas de impresión la cual es muy variable, pero todas constan de tres componentes principales: pigmentos, aglutinantes y solventes. Los solventes se evaporan de las tintas hacia la atmósfera durante el proceso de secado.

Uso comercial y doméstico de solventes. Son aquellos productos comerciales y de consumo que sus ingredientes sirven como agentes para el secado (a través de la evaporación).

Panaderías. Esta categoría en particular no emplea el uso de solventes en sus procesos, sin embargo, se considera dentro de esta categoría por generar únicamente compuestos orgánicos provenientes del proceso de fermentación de levaduras. Otras emisiones de esta subcategoría es la de emisiones por combustión y son estimadas como consumo comercial de combustibles.

Las emisiones para esta categoría de servicios y uso de productos con solventes se calcularon utilizando factores per cápita, estimándose que la fuente de emisión más importante es la de los compuestos orgánicos volátiles (COV) ya que contribuye con el 66.0% del total de las emisiones de fuentes de área; destacando el uso comercial y doméstico de solventes, el recubrimiento de superficies industriales, la limpieza de superficies (desengrasado) y el recubrimiento de superficies arquitectónicas, que contribuyen con el 25.8%, 10.3%, 10.3% y 9.7% respectivamente. Las fuentes que contribuyen en menor porcentaje de emisión son la pintura de tráfico, aplicación de asfalto, pintado de carrocerías, panaderías, artes gráficas y el lavado en seco (tintorerías), aportando en conjunto el 9.8%. Ver tabla 4.12.

Tabla 3. 6 Emisiones generadas por Servicios y uso de productos con solvente

Actividad	Emisiones de COV	
	ton/año	%
Recubrimiento de superficies en la industria	17.992,8	10,3%
Pintado de carrocerías	1.968,0	1,1%
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	16.834,1	9,7%
Pintura de tráfico	562,3	0,3%
Limpieza de superficies (desengrasado)	17.901,2	10,3%
Lavado en seco (Tintorerías)	4.951,2	2,8%
Artes gráficas	5.691,1	3,3%
Aplicación de asfalto	103,9	0,1%
Uso comercial y doméstico de solventes	44.932,7	25,8%
Panaderías	3.754,5	2,2%
Total	114,691.8	66.0%

3.2.4 Fugas y evaporación de combustibles

En general, los diversos puntos de emisión asociados con el almacenamiento y transporte de productos de petróleo se consideran demasiado numerosos, por lo que estas pequeñas fuentes de evaporación necesitan ser incluidas en un inventario de fuentes de área. Dentro de esta categoría se identifican las siguientes:

Distribución de gasolina. Para su distribución en el Estado de México, se cuenta con la terminal de San Juan Ixhuatepec ubicada al Poniente del Municipio de Tlalnepantla, estas a su vez abastecen a las estaciones de servicio en pipas; por lo que se producen emisiones evaporativas que se presentan en todos los puntos del proceso de distribución.

Las operaciones consideradas como fuentes de área son las estaciones expendedoras de gasolina (estaciones de servicio o gasolineras) y las pipas distribuidoras de gasolina en tránsito. De acuerdo a la información de la tabla siguiente, en el 2006 se distribuyeron 6'720,923.3 m³ de gasolinas, la cual se distribuye a los vehículos mediante las estaciones de servicio.

Tabla 3. 7 Emisiones generadas por la distribución y almacenamiento de gasolinas

Combustibles	m ³ /año	Emisiones de COV
		ton/año
Gasolina premium	725,380.8	
Gasolina magna	4'439,330.3	9,444
Diesel	1'556,212.2	

Fuente: PEMEX Refinación / PEMEX Gas y Petroquímica Básica / Subdirección de Almacenamiento y Distribución.

Distribución de Gas LP. Las fugas o la evaporación de los sistemas de almacenamiento y distribución de gas LP representan una importante fuente de contaminación. Algunas instituciones de investigación han identificado a las fugas de gas LP como una fuente potencialmente significativa de emisiones de hidrocarburos. Si bien una parte del gas LP es usado por los sectores industriales, comerciales y de servicios, en México el gas LP se usa sobre todo a nivel doméstico, tanto para cocinar como para calentar agua.

La distribución y almacenamiento del gas LP para uso doméstico se hace principalmente por medio de tanques portátiles de 45 y 20 kg que se venden en camiones distribuidores. Los tanques vacíos se recolectan y se llenan en centros especializados de las empresas distribuidoras. Otra forma de almacenamiento del gas LP doméstico es en tanques estacionarios, cuyas capacidades, por lo general son de 300 kg., se usan principalmente en los restaurantes y pequeños establecimientos industriales y comerciales. Estos tanques se llenan a domicilio por camiones especiales equipados con mangueras.

Las emisiones generadas por esta actividad fueron:

Tabla 3. 8 Emisiones generadas por la distribución y almacenamiento de gas LP, así como por fugas e Hidrocarburos no quemados (HCNQ)

Actividad	Emisiones de COV	
	ton/año	%
Distribución y almacenamiento de gas LP	2,862.8	1.6%
Fugas de gas LP en uso industrial	52.9	0.0%
Fugas de gas LP en uso comercial	179.7	0.1%
Fugas de gas LP en uso doméstico	12,705.7	7.3%
HCNQ en la combustión industrial de gas LP	5,384.7	3.1%
HCNQ en la combustión comercial de gas LP	7,007.0	4.0%
HCNQ en la combustión doméstica de gas LP	17,538.4	10.1%
Total	45,731.1	26.3%

Como se observó en las tablas 3.10 y 3.11, dentro de la categoría “Fugas y evaporación de combustibles” las fuentes de emisión de COV que más aportan son los HCNQ (hidrocarburos no quemados) en la combustión doméstica de gas LP, las fugas de gas LP en uso doméstico e HCNQ en la combustión comercial de gas LP con el 10.1%, 7.3% y 4.0%, mientras que el resto de las fuentes aportan el 4.9%. Esta categoría aporta el 18.36% de las emisiones totales de las fuentes de área.

Esterilización en hospitales. En esta categoría el uso de solventes (alcoholes por ejemplo) es muy común para la desinfección de equipo, su exposición al ambiente provoca la emisión de compuestos orgánicos, contribuyendo bajo ciertas condiciones ambientales, a la formación de ozono. El uso de los solventes varía de acuerdo al tamaño de los centros hospitalarios, por lo que para realizar el cálculo de emisión es mediante los factores de emisión que están en función de la cantidad de camas con las que cuenta cada unidad. Ver Tabla 4.13.

Tabla 3. 9 Emisiones generadas por Esterilización en hospitales

Actividad	Esterilización en hospitales
Contaminante	COV
Emisión (ton/año)	9.6
Emisión (%)*	< 0.01

* Porcentaje con respecto a las fuentes de área total

Tratamiento de Aguas Residuales. Existen procesos industriales que generan aguas residuales que contienen compuestos orgánicos. Estas se recolectan y se someten después a un tratamiento. Además de las aguas residuales industriales, las plantas también pueden tratar aguas domésticas, institucionales o comerciales, así como aguas que ingresan al sistema de alcantarillado desde el suelo y desde los escurrimientos pluviales.

Tabla 3. 10 Emisiones generadas por Tratamiento de aguas residuales

Actividad	Tratamiento de aguas residuales
Contaminante	COV
Emisión (ton/año)	78.8
Emisión (%)*	0.05

* Porcentaje con respecto a las fuentes de área total

Rellenos sanitarios. La información recabada en el anuario Estadístico del Estado de México se recolectaron un promedio de 3,900 toneladas diarias de basura, la cual es enviada totalmente a los rellenos sanitarios (en Tlalnepantla) o tiraderos a cielo abierto considerados como sitios controlados (en Ecatepec y Netzahualcóyotl), no se tiene contemplada la incineración, solamente se da la quema clandestina y por incendio de basureros.

Tabla 3. 11 Emisiones generadas en Rellenos sanitarios

Actividad	Rellenos sanitarios	
Contaminante	CO	COV
Emisión (ton/año)	443.5	3,644.0
Emisión (%)*	7.8	2.1

* Porcentaje con respecto a las fuentes de área total

Incendios en estructuras e incendios forestales. Este tipo de incendios al igual que otras fuentes de combustión, generan emisiones de COV, CO, NOx y Partículas. Sin embargo, a diferencia de otras fuentes de combustión, la mayoría de estos incendios no son intencionales y en consecuencia la cantidad de combustible quemado puede ser difícil de determinar.

Tabla 3. 12 Emisiones generadas por Incendios forestales

Actividad Contaminante	Incendios forestales			
	PM _{2,5}	PM ₁₀	CO	COV
Emisión (ton/año)	390,2	460,5	4.479,8	175,5
Emisión (%)	70,4%	73,7%	78,7%	0,1%

* Porcentaje con respecto al total de las fuentes de área

En las tablas anteriores se observó que para esta categoría “Incendios, combustión y servicios públicos” la mayor fuente de emisión de PM_{2,5} y PM₁₀ son los incendios forestales con el 70.4% y el 73.7%; la combustión residencial con el 70.6% y 67.4%, del SO₂ y NO_x.

3.2.5 Emisiones de amoníaco

Las emisiones de amoníaco (NH₃) su mayor fuente de emisión son las emisiones causadas por la defecación de perros ya que emiten 4,505.1 toneladas anuales y la transpiración humana que emite 3,556.9 toneladas aportando el 40.5% y 35.9% de las emisiones. Ver siguiente tabla.

Tabla 3. 13 Emisiones domésticas de amoníaco

Actividad	Emisiones domésticas de amoníaco	
	ton/año	[%]
Perros	4,505.1	40,5%
Gatos	1,005.8	9,0%
Ratas	0.0	0,0%
Humo de cigarrillos	21.1	0,2%
Respiración humana	22.8	0,2%
Transpiración humana	3,556.9	31,9%
Desechos humanos	327.2	2,9%
Uso doméstico de amoníaco	327.2	2,9%
Pañales	224.3	2,0%
Alcantarillas	1,143.9	10,3%
Total	11,134.3	100,0%

3.3 Resumen de fuentes de área

En las siguientes tablas se muestra la distribución de contaminantes y sus emisiones respectivas de las diferentes categorías de fuentes de área.

Tabla 3. 14 Inventario de Emisiones de fuentes de área por categoría (ton/año)

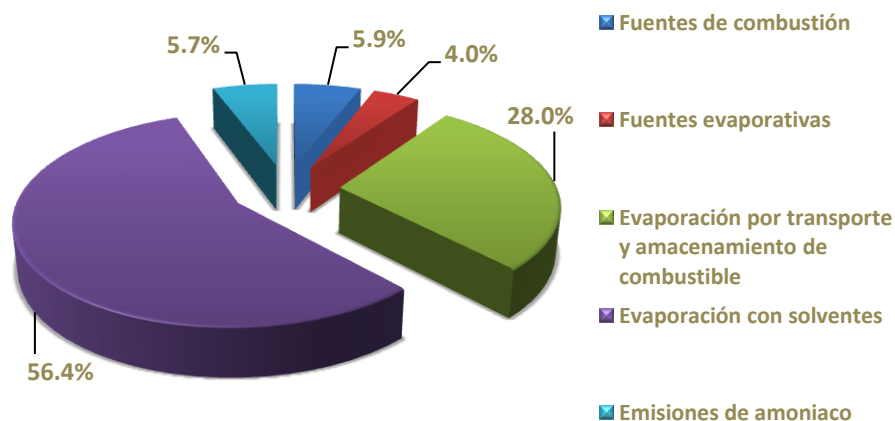
Categoría	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes de combustión	554,4	624,6	0,6	5.246,1	5.361,6	300,1	NE
Fuentes evaporativas	NA	NA	NA	443,5	NA	7.477,3	NA
Evaporación por transporte y almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	NA	55.175,4	NA
Evaporación con solventes	NA	NA	NA	NA	NA	110.946,9	NA
Emisiones de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11.134,3
Total	554,4	624,6	0,6	5.689,7	5.361,6	173.899,6	11.134,3

Tabla 3. 15 Inventario de Emisiones de fuentes de área por categoría (porcentaje)

Categoría	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes de combustión	100,0%	100,0%	100,0%	92,2%	100,0%	0,2%	NE
Fuentes evaporativas	NA	NA	NA	7,8%	NA	4,3%	NA
Evaporación por transporte y almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	NA	31,7%	NA
Evaporación con solventes	NA	NA	NA	NA	NA	63,8%	NA
Emisiones de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100,0%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Como se puede observar en la siguiente gráfica, la categoría evaporación con solventes emiten 110,946.9 toneladas al año del total de contaminantes de fuentes de área, la evaporación por transporte y almacenamiento de combustibles emiten 55,175.4 toneladas, las fuentes de combustión emiten 11,532.9 toneladas, las emisiones de amoniaco emiten 11,134.3 toneladas y las fuentes evaporativas emiten 7,920.8 .

Gráfica 4. 9 Distribución de las fuentes de área por categoría





GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

4. Fuentes móviles

4.1 Proceso de Emisión en Vehículos Automotores

Los procesos de emisión de contaminantes son variados. Constituyen una gran cantidad de especies contaminantes producto de numerosos procesos pero que en general pueden resumirse en dos:

Emisiones exhaustivas: que resultan de la combustión y son emitidas por los escapes: COV, CO, NO_x, SO_x, PM, aire tóxico, (1,3 butadieno, benceno, formaldehído, etc.) y especies que reducen la visibilidad como amonio, sulfatos y PM_{2,5}.

Emisiones evaporativas: procedentes de los motores de los vehículos. Dentro de estas se encuentran:

- emisiones evaporativas en marcha
- emisiones evaporativas sin marcha
- emisiones evaporativas durante la recarga
- emisiones evaporativas diurnas

4.2 Metodología

Las fuentes móviles incluyen a todos los vehículos automotores con autorización para circular por caminos públicos. El presente inventario define las distintas categorías de vehículos automotores y describe la metodología aplicada

El desarrollo del inventario nos permite cuantificar las emisiones que se producen en una población de vehículos automotores, se consideraron dos elementos fundamentales: kilometraje recorrido por el vehículo (dato de actividad) y la tasa promedio de contaminantes emitidos durante el desplazamiento del vehículo (factores de emisión).

Dato de actividad y factores de emisión

El dato de actividad considerado fue el kilometraje recorrido por día, el cual refleja la intensidad con la cual es utilizado cada tipo de vehículo. En la tabla 4.1 se presenta el recorrido diario y anual por tipo de vehículo por zona.

Tabla 4. 1 Actividad vehicular (distancia recorrida)

Tipo de vehículo	Datos aplicables para la ZMVT ^d y RM ^e			Datos aplicables para la ZMVCT ^f		
	Km/día ^a	Días al año	Km/año	Km/día ^{b,c}	Días al año	Km/año
Autos particulares	54	313/365	16902/19710	35/100	313/365	10955/12775 31300/36500
Taxi	87	313/365	27231/31755	200	301/365	62600/73000
Combi	87	313/365	27231/31755	200	313/365	62600/73000
Pick up	87	313/365	27231/31755	60/100	313/365	18780/21900 31300/36500
Microbus	87	313/365	27231/31755	200	313/365	62600/73000
Vehículos ≤ a 3 ton	41	313/365	12833/14965	65.4	313/365	20470/23871
Tractocamión	39	313/365	12207/14235	62.8	313/365	19656/22922
Vehículos > a 3 ton	39	313/365	12207/14235	62.8	313/365	19656/22922
Autobuses	87	313/365	27231/31755	223	313/365	39799/81395
Motocicletas	54	313/365	16902/19710	79	313/365	24727/28835

Fuente: (a) Instituto Nacional de Ecología.

(b) Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.

(c) Instituto de ingeniería, UNAM-CAM, 2006.

(d) ZMVT: Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

(e) RM: Resto de los Municipios.

(f) ZMVCT: Zona Metropolitana el Valle Cuautitlán Texcoco.

En cuanto a las emisiones vehiculares de PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO_x, COV y NH₃ éstas se calcularon basándose en los datos de actividad y factores de emisión generados por el modelo MOBILE6-México. Los datos de actividad para vehículos automotores consistieron en los kilómetros recorridos por vehículo, y los factores de emisión fueron estimados en gramos por Kilómetros recorridos por vehículo. Los factores de emisión específicos para México se estimaron utilizando el modelo MOBILE6-México, desarrollado a partir del modelo MOBILE6.2 de la EPA (2002a). Los datos mínimos necesarios para la determinación de los factores de emisión mediante el modelo MOBILE6-México son:

- Distribución vehicular por año-modelo
- Kilometraje promedio anual recorrido por tipo de vehículo
- Tipo de vialidad (primarias, secundarias y terciarias)
- Año base, 2006
- Información de programas de I/M (Inspección y mantenimiento)
- Mes de evaluación, Julio
- Temperatura máxima (°C)
- Temperatura mínima (°C)
- Velocidad de circulación promedio (25 km/hora)
- Características del combustible (Presión de Vapor Reid (PVR), contenido de azufre, porcentaje de oxígeno)
- Altitud (2,600 msnm)
- Tamaño de partícula (PM_{2.5} o PM₁₀)

El proceso de adecuación de los factores de emisión involucra una homologación entre la clasificación vehicular del MOBILE6 y la clasificación vehicular para el Estado de México (ver tabla 4.2). Dicha homologación trata de apearse a las especificaciones relacionadas con el peso vehicular bruto y el tipo de servicio que presta cada tipo de vehículo.

Tabla 4. 2 Homologación de la clasificación vehicular

Categorías utilizadas en el Mobile6	Correspondencia con el inventario de emisiones
Light Duty Gasoline Vehicles (LDGV)	Autos particulares y taxis a gasolina
Light Duty Gasoline Trucks 1 (LDGT1)	Pick up y combis a gasolina
Light Duty Gasoline Trucks 2 (LDGT2)	Camiones de carga a gasolina
Heavy Duty Gasoline Vehicles (HDGV2b)	Camiones de pasajeros a gasolina (Autobuses y suburbanos)
Light Duty Diesel Vehicle (LDDV)	Autos particulares a diesel
Light Duty Diesel Trucks 1 and 2 (LDDT12)	Camionetas de carga ligera, con doble rodada a diesel y Paneles de carga a diesel
Heavy Duty Diesel Vehicles (HDDV2b)	Camiones medianos y pesados para carga a diesel
Motocycles (gasolina) (MC)	Motocicletas

Respecto al bióxido de azufre, los factores de emisión se obtuvieron a través de un balance de combustibles considerando su contenido de azufre, tanto en las gasolinas como en el diesel que se venden en la zona a partir de la siguiente ecuación:

$$ESO_{2j} = (CC_j) (\rho C_j) (S_j) 2$$

Donde:

ESO_{2j} = Emisiones de bióxido de azufre del combustible j [ton/año]

CC_j = Consumo total del combustible j [metros cúbicos/año]

ρC_j = Densidad del combustible j [toneladas/metro cúbico]

S_j = Contenido de azufre en el combustible j [% en peso]

2 = Factor de conversión para cambiar de masa de azufre a masa de bióxido de azufre

El porcentaje de azufre en peso considerado para la gasolina Magna fue de 0.1%; para la gasolina Premium, de 0.05% y para el diesel, de 0.03%.

Para la estimación de emisiones para cada uno de los contaminantes provenientes de las fuentes móviles, parte de la siguiente ecuación:

$$E_i = FE_i * A$$

Donde:

E_i = Emisión total del contaminante i [toneladas/año]

FE_i = Factor de emisión del contaminante i [gramos/kilómetro]

A = Dato de actividad por tipo de transporte, [kilómetros recorridos/año]

4.3 Demanda de energía por el autotransporte

La demanda de energía para los vehículos automotores de la zona se cubre prácticamente en su totalidad con: gasolinas, gas LP, gas natural y diesel. En resumen, durante el año 2006 el consumo energético para el autotransporte, en el Estado de México fue de 239.1 Peta Joules al año.

En la tabla 4.3 se observa que los vehículos automotores consumieron 120 mil barriles a año y de éstos primordialmente se consumió gasolina Magna.

Tabla 4. 3 Consumo de combustible por el autotransporte en barriles/año para el año 2006

Combustibles	Consumo
Magna ^{a, c}	76,500
Premium ^{a, c}	12,500
Diesel ^{a, c}	26,817
Gas L. P. ^{b, c}	4,142
*Gas natural ^{a, b, c}	60,864

Fuentes: (*) En miles de barriles al año

(a) PEMEX Refinación, Gerencia Comercial Zona Centro (2006).

(b) PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Gerencias de Planeación y Negocios (2006).

(c) Perspectivas del gas licuado de petróleo

En términos porcentuales, en la tabla 4.4 se muestra que del total del consumo de energéticos que corresponde a 239.1 PJ/año del sector transporte el mayor consumo fue de 63.4% de la demanda total de combustible y corresponde a la gasolina magna.

Tabla 4. 4 Demanda de energía para el año 2006 en PJ / año

Combustibles	PJ/año
Magna	151.5
Premium	24.8
Diesel	56.7
Gas L. P.	5.7
Gas Natural	0.4

Como se puede observar del sector transporte el mayor consumidor de energía de la región, son las gasolinas las de mayor demanda energética (73.6% del consumo total de las fuentes vehiculares), mostrando con ello una alta correlación con las emisiones de contaminantes que impactan a la calidad del aire y su consumo puede incrementarse debido a factores tales como distancia recorrida por vehículo, incremento de la flota vehicular, congestión de las vías de comunicación, edad del parque vehicular y tecnologías de control de emisiones.

4.4 Inventario de emisiones de fuentes vehiculares

En las grandes ciudades el consumo de combustible por parte de los vehículos automotores representa la principal fuente de emisión de contaminantes. En el Estado de México, durante el año 2006, los vehículos automotores llegaron a consumir 120 mil barriles de combustibles líquidos, de los cuales 76.5 mil barriles correspondieron a gasolina Magna, 26.8 mil barriles a diesel, 12.5 mil barriles a gasolina Premium y el resto 4.2 mil barriles al gas lp y gas natural. En porcentaje las gasolinas estarían representando el 74.2% del consumo total, el diesel el 22.3% y el gas lp y gas natural el 3.6%.

Es importante señalar que las especificaciones técnicas de las gasolinas que se comercializan en el Estado difieren respecto a su distribución en las zonas metropolitanas. Así por ejemplo, el contenido de azufre máximo de la gasolina Magna distribuida en la ZMVT es de 0.1 %, mientras que en el Valle Cuautitlán Texcoco corresponde a 0.05%. En términos generales, la calidad de los combustibles distribuidos en estas zonas, así como en el resto del Estado cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-1994, que establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles y gaseosos que utilizan las fuentes fijas y móviles.

4.4.1 Distribución del parque vehicular

El parque vehicular del Estado de México se estimó en 2'014,916 unidades⁵. La cantidad de vehículos emplacados por tipo de zona, así como para el resto del Estado se aprecia en la siguiente tabla.

⁵ Bases de datos del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio del Departamento de Fuentes Móviles de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México.

Bases de datos del transporte particular y de carga de la Dirección General de Recaudación de la Subsecretaría de Ingresos de la Secretaría de Finanzas.

Bases de datos del transporte público y de carga de la Dirección General del Registro Estatal de Transporte Público de la Secretaría de Transporte.

INEGI (2008) Anuario Estadístico del Estado de México.

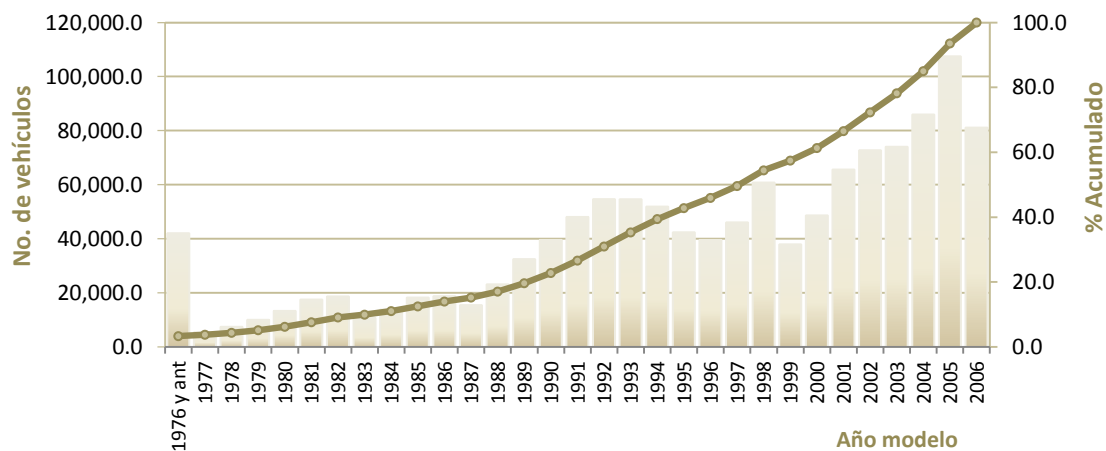
Tabla 4. 5 Número y porcentaje de vehículos que conforman el parque vehicular

No. de unidades	Particulares	Taxi	Pick-up	Combi	Transporte de pasajeros		Transporte de carga			Motocicletas	Total
					Micro	Autobús	<3 ton	Tractocamiones	>3 ton		
ZMVCT	1,120,350	43,352	87,610	23,932	12,162	12,086	53,825	14,875	36,444	14,887	1,419,523
ZMVT	313,235	24,631	21,943	1,464	5,658	3,281	4,966	554	74,087	1,592	451,410
RM	93,202	65	20,425	6,346	3,033	1,100	9,084	25	10,383	320	143,483
Total	1,526,787	68,048	129,978	31,742	20,853	16,467	67,875	15,454	120,914	16,799	2,014,916
%	75.8%	3.4%	6.5%	1.6%	1.0%	0.8%	3.4%	0.8%	6.0%	0.8%	100.0%

De la tabla anterior se deduce que el 70.5% del parque vehicular se encuentra emplacado en la Zona Conurbada del Valle Cuautitlán Texcoco, el 22.4% en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el resto de los municipios únicamente cuenta con el 7.1%.

En la gráfica 4.1, se muestra que sólo el 6.7% corresponde a vehículos 2006, el 69.4% a vehículos años modelo 1991-2005, que son aquéllos que cuentan con algún sistema de control; mientras que el 23.8% son años modelo 1990 y anteriores y carecen de sistemas de control de emisiones.

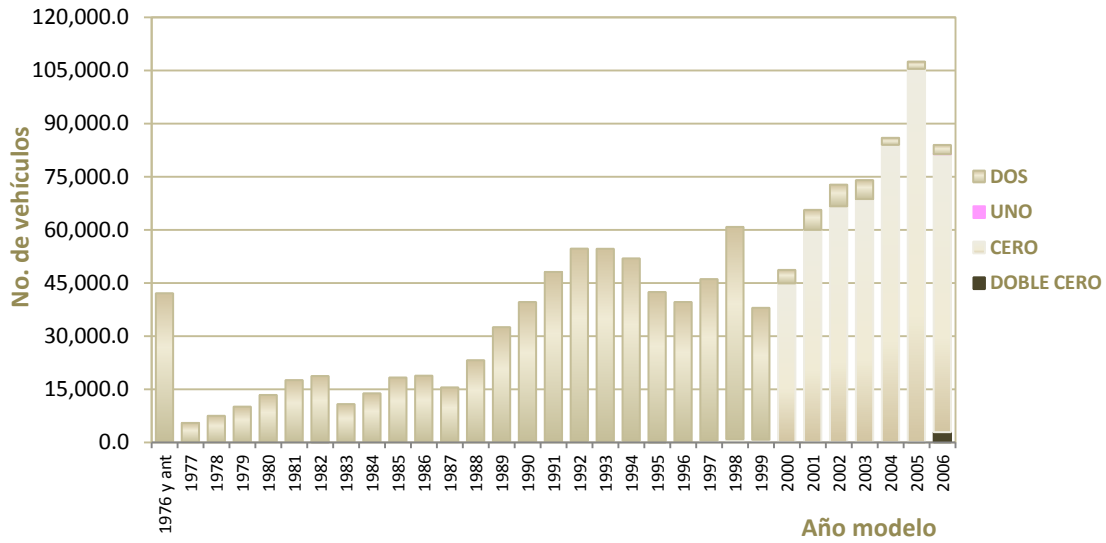
Gráfica 4. 10 Distribución porcentual del parque vehicular por año modelo



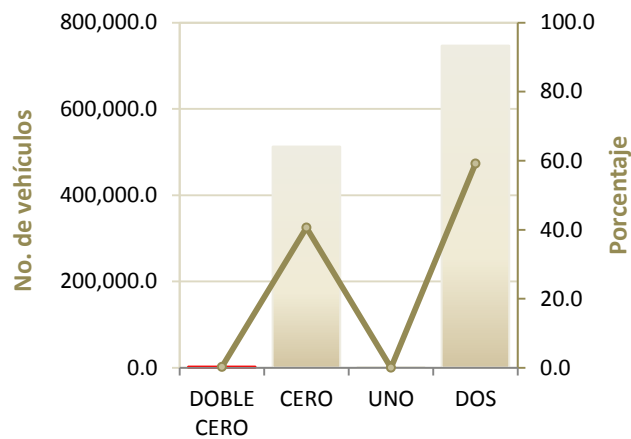
Como se puede observar en las gráficas siguientes el mayor porcentaje de vehículos emplacados en el Estado de México corresponde al holograma dos (59.2%), siendo vehículos años modelo 1990 y anteriores a 1999; seguido del holograma cero (40.6%), siendo representativo para los vehículos año modelo 2000 a 2006; y finalmente los hologramas doble cero y uno (0.2% y 0%), concentrando vehículos año modelo 2005-2006 para el primero y vehículos año modelo 2006 para el segundo. Así mismo se observa que el holograma uno es prácticamente cero,

esto debido a que cambio la normatividad referente a verificación vehicular haciendo que este desapareciera dando lugar únicamente al holograma dos. A diferencia de los municipios conurbados del Valle de México el parque vehicular tiende a ser más nuevo.

Gráfica 4. 11 Distribución del parque vehicular por tipo de holograma de verificación



Gráfica 4. 12 Número total de vehículos según holograma de verificación

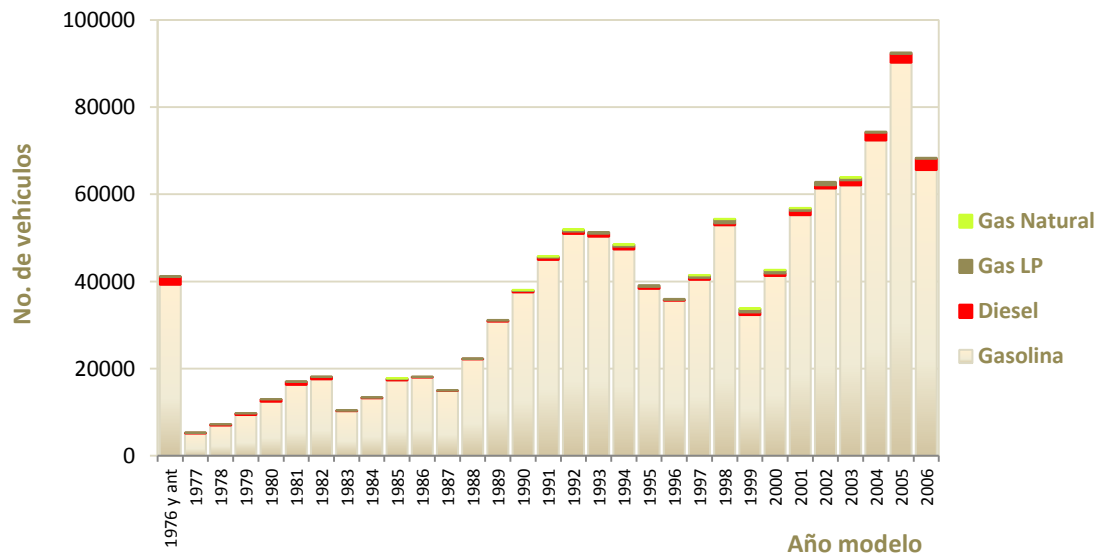


La tabla 4.6 muestra que el 95.9% del parque vehicular que circula en el Estado utiliza gasolina como combustible, mientras que el 3% utiliza diesel y el 1.0% y 0.1% utilizan gas LP y gas natural respectivamente.

Tabla 4. 6 Número de vehículos por tipo de combustible distribuidos en el Estado de México

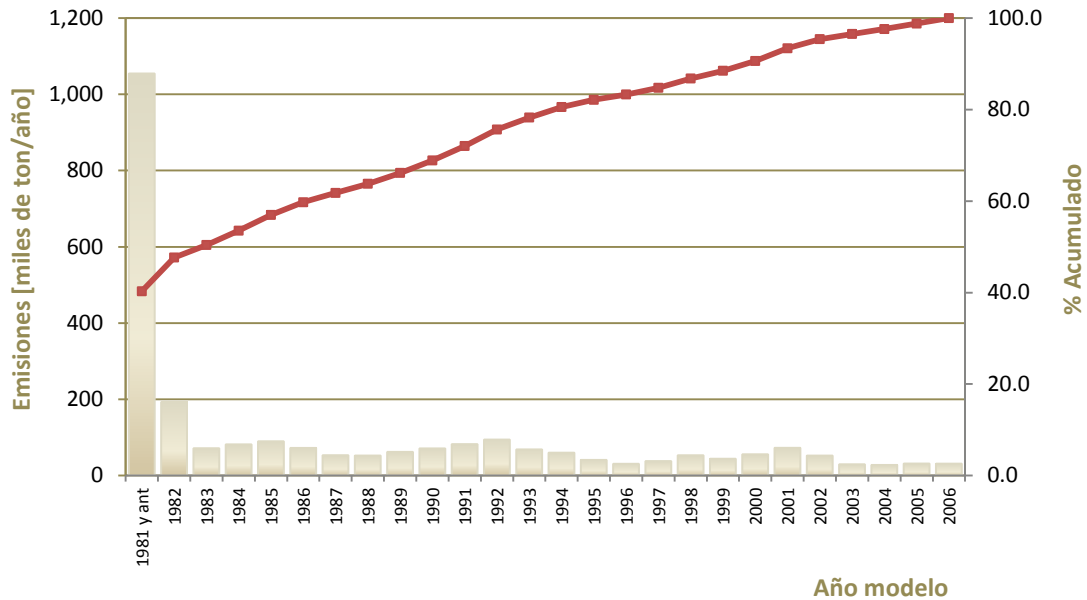
No. de unidades					Transporte de pasajeros		Transporte de carga			Motoscletas	
					Micro	Autobús	<3 ton	Tractocamiones	>3 ton		
ZMVCT	1,120,350	43,352	87,610	23,932	12,162	12,086	53,825	14,875	36,444	14,887	1,419,523
Gasolina	1,117,672	43,325	85,959	23,704	9,285	663	35,550	15	25,717	14,887	1,356,777
Diesel	1,291	27	726	228	363	6,992	14,660	14,851	8,589	0	47,727
Gas LP	1,382	0	925	0	2,480	4,431	3,602	9	2,131	0	14,960
Gas Natural	5	0	0	0	34	0	13	0	7	0	59
ZMVT	313,235	24,631	21,943	1,464	5,658	3,281	4,966	554	74,087	1,592	451,410
Gasolina	312,915	24,602	21,845	1,464	742	1,140	4,876	0	65,075	1,592	434,250
Diesel	42	0	0	0	1,199	2,141	0	554	5,652	0	9,588
Gas LP	278	29	98	0	3,717	0	90	0	1,608	0	5,820
Gas Natural	0	0	0	0	0	0	0	0	1,752	0	1,752
RM	93,202	65	20,425	6,346	3,033	1,100	9,084	25	10,383	320	143,983
Gasolina	93,200	65	20,425	6,346	3,033	35	9,059	0	8,426	320	140,909
Diesel	2	0	0	0	0	1,065	22	25	1,560	0	2,674
Gas LP	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
Gas Natural	0	0	0	0	0	0	0	0	397	0	397
Total	1,526,787	68,048	129,978	31,742	20,853	16,467	67,875	15,454	120,914	16,799	2,014,916
Gasolina	1,523,787	67,992	128,229	31,514	13,060	1,838	49,485	15	99,218	16,799	1,931,936
Diesel	1,335	27	726	228	1,562	10,198	14,682	15,430	15,801	0	59,989
Gas LP	1,660	29	1,023	0	6,197	4,431	3,695	9	3,739	0	20,783
Gas Natural	5	0	0	0	34	0	13	0	2,156	0	2,208

Gráfica 4. 13 Distribución del parque vehicular por año modelo y tipo de combustible



De acuerdo a la gráfica 4.5 la aportación de emisiones contaminantes por vehículo año modelo, se observa como sigue: los vehículos 1990 y anteriores aportan el 68.9%; los vehículos entre 1991 y 2005 aportan el 29.9%; mientras que los vehículos año-modelo 2006 sólo aportan el 1.2%.

Gráfica 4. 14 Contribución de emisiones totales por vehículo y año-modelo



4.4.2 Emisiones

Las emisiones generadas anualmente en el Estado de México por el sector transporte fueron de 2,617,170 toneladas de contaminantes, de las cuales el 61.7% (1,614,611.3 toneladas) corresponden a monóxido de carbono (CO), 23.8% (622,219.4 toneladas) a compuestos orgánicos volátiles (COV), 14.3% (373,786.7 toneladas) a óxidos de nitrógeno (NO_x), 0.1% (2,454.2 toneladas) a amoníaco (NH₃), 0.1% (2,271.4 toneladas) a partículas menores a 10 micras (PM10) y 0.1% (1,826.9 toneladas) a bióxido de azufre (SO₂) respectivamente.

En las tablas 4.7 y 4.8 se presentan los contaminantes emitidos por las fuentes móviles, tanto en toneladas por año, como en porcentaje respecto al total del contaminante.

Tabla 4. 7 Inventario de emisiones contaminantes de fuentes móviles del Estado de México

Tipo de Vehículo	Emisiones anuales [toneladas/año]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃
Particulares	186.9	196.0	874,032.6	168,654.4	863.7	285,478.5	1,740.7
Taxi	23.1	24.2	78,396.3	17,260.4	121.7	25,028.3	248.8
Combi	15.6	16.5	49,444.7	7,903.2	77.6	18,938.8	114.3
Pick up	42.5	45.2	223,012.4	34,910.8	150.3	122,313.3	208.3
Microbuses	57.2	68.8	79,228.2	15,736.3	73.2	18,736.0	23.3
Vehículos <3 ton	46.0	49.9	54,126.3	6,132.0	80.0	25,811.9	52.8
Tracto camiones	262.6	284.9	14,431.2	8,669.6	89.7	2,181.3	6.1
Vehículos >3 ton	276.3	316.5	200,518.3	66,520.2	179.2	104,299.1	43.8
Autobuses	1,126.5	1,264.3	34,219.8	47,903.0	186.7	17,437.3	13.7
Motocicletas	3.6	5.1	7,201.5	96.8	4.8	1,994.7	2.4
Total	2,040.2	2,271.4	1,614,611.3	373,786.7	1,826.9	622,219.4	2,454.2

Tabla 4. 8 Emisiones porcentuales de contaminantes por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Emisiones anuales [%]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃
Particulares	9.2%	8.6%	54.1%	45.1%	47.3%	45.9%	70.9%
Taxi	1.1%	1.1%	4.9%	4.6%	6.7%	4.0%	10.1%
Combi	0.8%	0.7%	3.1%	2.1%	4.2%	3.0%	4.7%
Pick up	2.1%	2.0%	13.8%	9.3%	8.2%	19.7%	8.5%
Microbuses	2.8%	3.0%	4.9%	4.2%	4.0%	3.0%	1.0%
Vehículos <3 ton	2.3%	2.2%	3.4%	1.6%	4.4%	4.1%	2.2%
Tracto camiones	12.9%	12.5%	0.9%	2.3%	4.9%	0.4%	0.2%
Vehículos >3 ton	13.5%	13.9%	12.4%	17.8%	9.8%	16.8%	1.8%
Autobuses	55.2%	55.7%	2.1%	12.8%	10.2%	2.8%	0.6%
Motocicletas	0.2%	0.2%	0.4%	0.0%	0.3%	0.3%	0.1%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

De las emisiones totales en la gráfica 4.6 se muestra que en el Estado de México, el 56.0% (1'466,230.3 toneladas) se emiten en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, el 25.3% (663,312.6 toneladas) en el Resto de los municipios y el 18.6% (487,627.0 toneladas) son emitidas en la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán Texcoco. En las tablas 4.9 y 4.10 se muestran las emisiones generadas por zona, por tipo de contaminante, por tipo de vehículo y sus porcentajes de emisión.

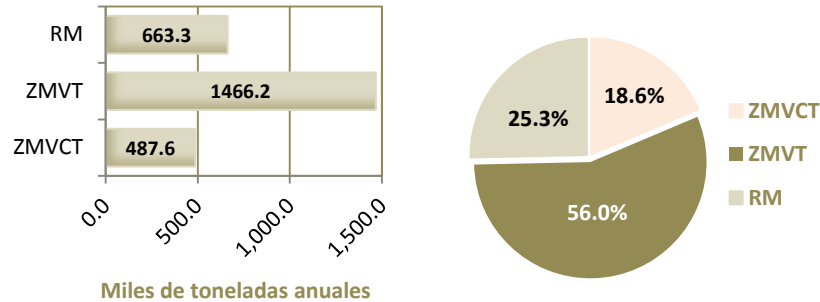
Tabla 4. 9 Emisiones de contaminantes por tipo de vehículo y zona

Tipo de vehículo	Emisiones anuales [toneladas/año]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃
ZMVCT	809.9	879.8	410,950.1	41,903.0	1,346.9	30,770.0	1,777.3
Particulares	101.3	106.2	215,298.3	15,124.7	616.1	13,483.6	1,244.3
Taxi	14.8	15.5	18,633.5	2,303.4	97.5	912.4	200.1
Combi	11.7	12.4	22,807.5	1,500.7	67.9	2,180.1	100.7
Pick up	19.8	21.1	45,605.3	2,225.4	98.1	4,670.0	138.3
Microbuses	34.0	42.1	48,338.4	2,685.6	59.7	2,696.8	19.3
Vehículos <3 ton	41.7	45.2	20,027.0	1,286.8	69.3	2,345.5	42.7
Tracto camiones	224.0	243.0	13,663.1	5,703.3	88.2	1,409.8	5.9
Vehículos >3 ton	140.5	152.2	5,415.3	3,462.9	89.0	847.0	12.7
Autobuses	218.9	237.6	15,411.8	7,530.3	156.5	1,760.8	11.0
Motocicletas	3.2	4.5	5,749.8	79.8	4.7	464.0	2.2
ZMVT	964.7	1,100.2	829,263.9	245,953.2	355.0	389,051.4	506.5
Particulares	65.5	68.6	484,093.2	118,725.6	191.0	198,102.4	382.9
Taxi	8.2	8.7	59,710.6	14,923.2	24.1	24,105.4	48.5
Combi	0.7	0.7	4,713.2	1,170.9	1.8	3,045.3	2.6
Pick up	10.8	11.5	78,247.3	16,871.7	26.9	51,095.6	37.5
Microbuses	14.5	16.1	9,034.1	7,623.6	5.6	4,714.4	1.3
Vehículos <3 ton	1.2	1.3	8,716.4	1,763.9	3.7	5,741.3	3.9
Tracto camiones	36.0	39.1	726.4	2,830.4	1.4	733.2	0.1
Vehículos >3 ton	113.9	137.9	166,991.8	53,914.5	79.0	88,268.1	27.3
Autobuses	713.4	815.7	15,979.3	28,116.9	21.4	12,171.2	2.2
Motocicletas	0.3	0.5	1,051.5	12.5	0.2	1,074.5	0.1
RM	265.5	291.4	37,439.3	85,930.5	124.9	202,398.1	170.4
Particulares	20.2	21.1	174,641.1	34,804.2	56.7	73,892.5	113.5
Taxi	0.0	0.0	52.2	33.8	0.1	10.5	0.1
Combi	3.2	3.4	21,923.9	5,231.6	7.9	13,713.5	11.0
Pick up	11.8	12.6	99,159.8	15,813.8	25.4	66,547.7	32.5
Microbuses	8.6	10.5	21,855.7	5,427.1	8.0	11,324.8	2.7
Vehículos <3 ton	3.0	3.3	25,382.9	3,081.3	7.0	17,725.0	6.2
Tracto camiones	2.6	2.8	41.7	135.8	0.1	38.3	0.0
Vehículos >3 ton	21.9	26.4	28,111.2	9,142.7	11.1	15,184.0	3.7
Autobuses	194.1	211.0	2,828.7	12,255.8	8.8	3,505.3	0.6
Motocicletas	0.1	0.2	400.2	4.5	0.0	456.3	0.0
Total	2,040.2	2,271.4	1,614,611.3	373,786.7	1,826.9	622,219.4	2,454.2

Tabla 4. 10 Emisiones porcentuales de contaminantes por tipo de zona

Tipo de vehículo	Emisiones anuales [%]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃
ZMVCT	39.7%	38.7%	25.5%	11.2%	73.7%	4.9%	72.4%
ZMVT	47.3%	48.4%	51.4%	65.8%	19.4%	62.5%	20.6%
RM	13.0%	12.8%	23.2%	23.0%	6.8%	32.5%	6.9%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Gráfica 4. 15 Total de emisiones en toneladas anuales y porcentuales por tipo de zona



Las tablas 4.11 y 4.12 muestran la emisión de contaminantes generados por tipo de combustible, como se puede apreciar el mayor aporte de emisiones lo tienen los vehículos que consumen gasolina, sin embargo para el caso de las emisiones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ también es mayor en los vehículos que utilizan el combustible diesel (derivado principalmente del transporte de pasajeros y de carga).

Tabla 4. 11 Emisiones de contaminantes por tipo de combustible en toneladas al año

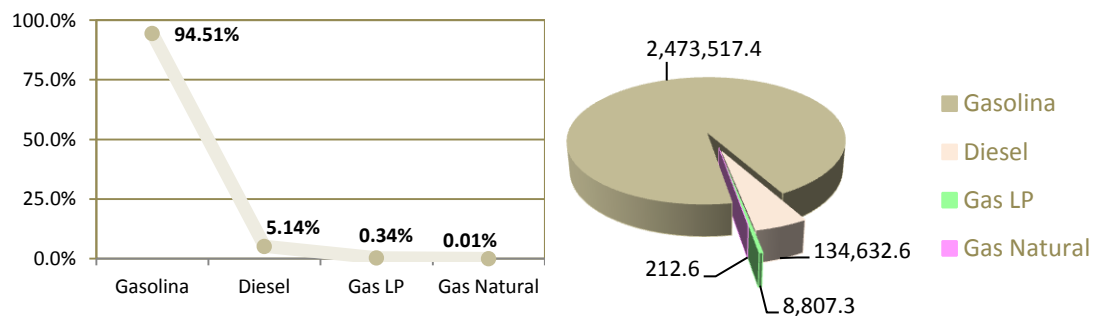
Tipo de vehículo	Emisiones anuales [toneladas]						
	$PM_{2.5}$	PM_{10}	CO	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃
ZMVCT	809.9	879.8	410,950.1	41,903.0	1,346.9	30,770.0	1,777.3
Gasolina	299.9	327.2	383,886.1	26,381.6	1,052.8	27,375.6	1,756.6
Diesel	510.0	552.6	23,650.2	13,324.8	294.1	3,394.4	20.7
Gas L.P.	0.0	0.0	3,385.2	2,180.7	0.0	0.0	0.0
Gas Natural	0.0	0.0	28.5	15.8	0.0	0.0	0.0
ZMVT	964.7	1100.2	829,263.9	245,953.2	355.0	389,051.4	506.5
Gasolina	179.7	207.3	817,015.8	198,728.1	325.3	375,963.7	503.3
Diesel	785.1	892.9	9,674.3	46,420.5	29.7	13,087.7	3.3
Gas L.P.	0.0	0.0	2,536.4	704.8	0.0	0.0	0.0
Gas Natural	0.0	0.0	37.4	99.8	0.0	0.0	0.0
RM	265.5	291.4	374,397.3	85,930.5	124.9	202,398.1	170.4
Gasolina	60.8	69.0	371,522.0	70,003.3	114.0	198,116.2	169.5
Diesel	204.7	222.4	2,866.8	15,904.5	10.9	4,281.8	0.9
Gas L.P.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Gas Natural	0.0	0.0	8.5	22.6	0.0	0.0	0.0
Total	2,040.2	2,271.4	1,614,611.3	373,786.7	1,826.9	622,219.4	2,454.2
Gasolina	540.4	603.6	1,572,423.9	295,113.0	1,492.1	601,455.5	2,429.3
Diesel	1,499.7	1,667.8	36,191.3	75,649.9	334.8	207,640.0	24.9
Gas L.P.	0.0	0.0	5,921.7	2,885.6	0.0	0.0	0.0
Gas Natural	0.0	0.0	74.4	138.2	0.0	0.0	0.0

Tabla 4. 12 Porcentaje de emisión de contaminantes por tipo de combustible

Tipo de vehículo	Emisiones anuales [%]						
	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃
ZMVCT	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Gasolina	37,0%	37,2%	93,4%	63,0%	78,2%	89,0%	98,8%
Diesel	63,0%	62,8%	5,8%	31,8%	21,8%	11,0%	1,2%
Gas L.P.	0,0%	0,0%	0,8%	5,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Gas Natural	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ZMVT	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Gasolina	18,6%	18,8%	98,5%	80,8%	91,6%	96,6%	99,4%
Diesel	81,4%	81,2%	1,2%	18,9%	8,4%	3,4%	0,6%
Gas L.P.	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Gas Natural	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
RM	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Gasolina	22,9%	23,7%	99,2%	81,5%	91,3%	97,9%	99,4%
Diesel	77,1%	76,3%	0,8%	18,5%	8,7%	2,1%	0,6%
Gas L.P.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gas Natural	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Gasolina	26,5%	26,6%	97,4%	79,0%	81,7%	96,7%	99,0%
Diesel	73,5%	73,4%	2,2%	20,2%	18,3%	3,3%	1,0%
Gas L.P.	0,0%	0,0%	0,4%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
Gas Natural	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Resumiendo y de acuerdo a la gráfica 4.23 los vehículos que utilizan gasolina emiten el 94.51% del total de las emisiones, mientras los que utilizan diesel emiten 5.14% y los que utilizan gas LP y gas natural como combustible emiten el 0.34% y 0.01% respectivamente.

Gráfica 4. 16 Contribución de emisiones totales de vehículos automotores por tipo de combustible

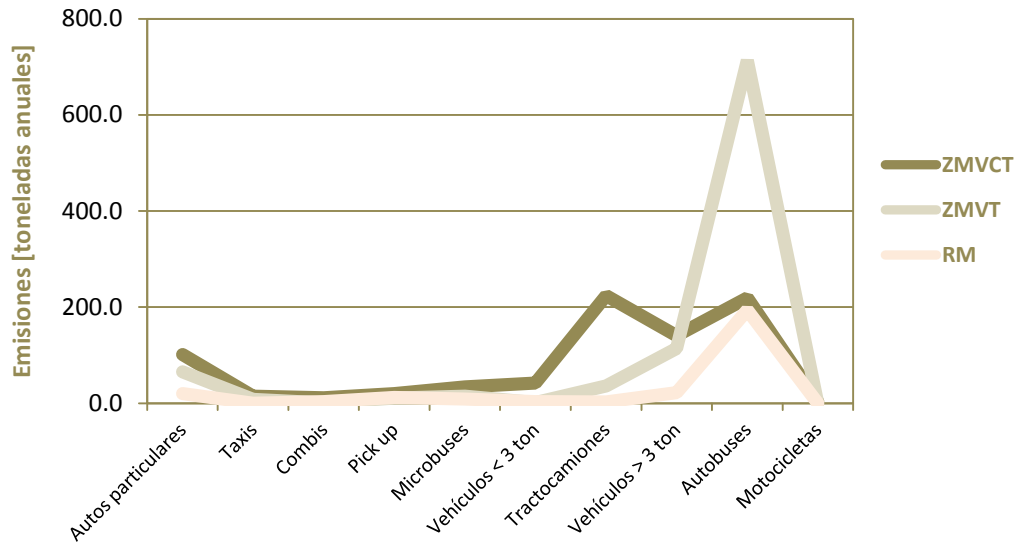


4.4.3 Contribución de emisiones por tipo de contaminante y tipo de vehículo

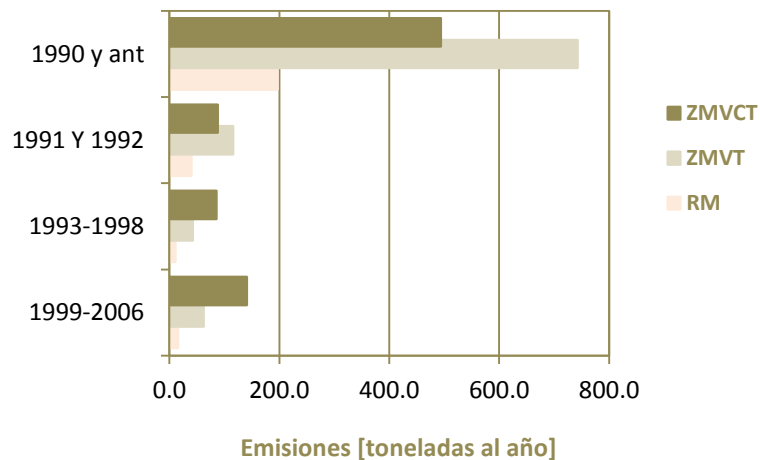
4.4.3.1 PM_{2.5} (Partículas menores a 2.5 micrómetros)

El análisis del contaminante PM_{2.5} indica que los autobuses emiten el 55.2% de las emisiones totales, los vehículos mayores a 3 toneladas el 13.5%, los tractocamiones el 12.9%, los autos particulares el 9.2% y el 9.2% al resto del parque vehicular. Y analizando por año modelo se tiene que el 70.3% es emitido por vehículos año modelo 1990 y anteriores, el 12.0% por los vehículos año modelo 1991-1992, el 10.8% lo emiten los vehículos año modelo 1999-2006 y el resto 6.9% a los vehículos año modelo 1993-1998. Gráficas 4.8 y 4.9.

Gráfica 4. 17 Emisiones de PM_{2.5} por tipo de vehículo en toneladas al año



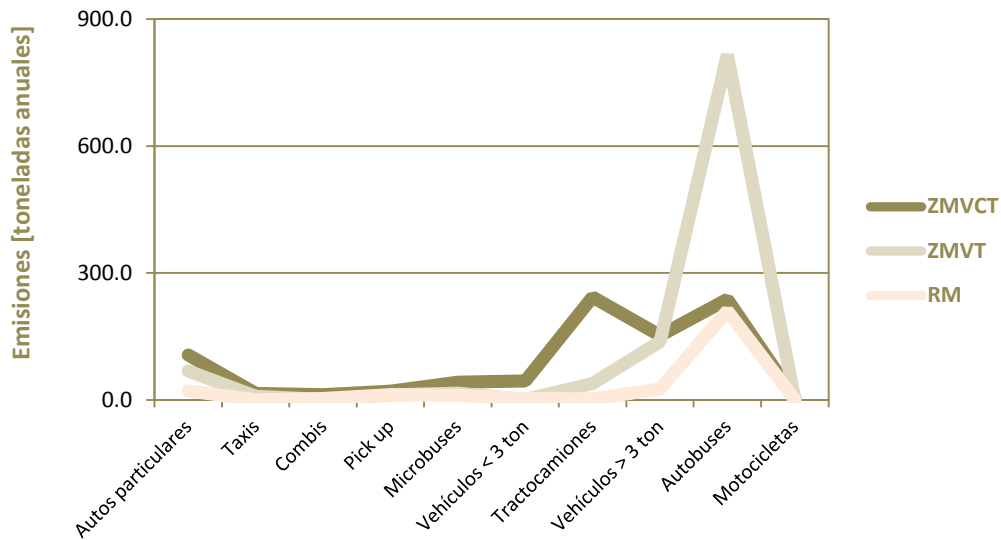
Gráfica 4. 18 Distribución de emisiones de PM_{2.5} por año modelo



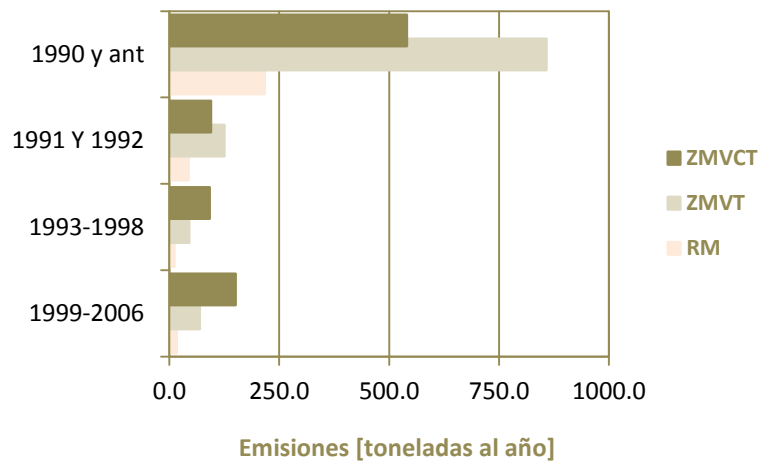
4.4.3.2 PM₁₀ (Partículas menores a 10 micrómetros)

Como se puede observar el comportamiento de las emisiones de partículas PM₁₀ es similar a las de PM_{2.5} ya que los autobuses tienen el mayor aporte de emisiones 55.7%, seguido de los vehículos mayores a 3 toneladas con el 13.9%, los tracto camiones 12.5%, los autos particulares con el 8.6% y el resto de la flota emite el 9.2%. Los vehículos año modelo 1990 y anteriores emiten el 71.2%, los año modelo 1991-1992 emiten el 11.7%, los año modelo 1999-2006 emiten el 10.5% y los autos año modelo 1993-1998 emiten el 6.6%. Gráficas 4.10 y 4.11.

Gráfica 4. 19 Emisiones de PM₁₀ por tipo de vehículo y año modelo en toneladas al año



Gráfica 4. 20 Distribución de emisiones de PM₁₀ por año modelo

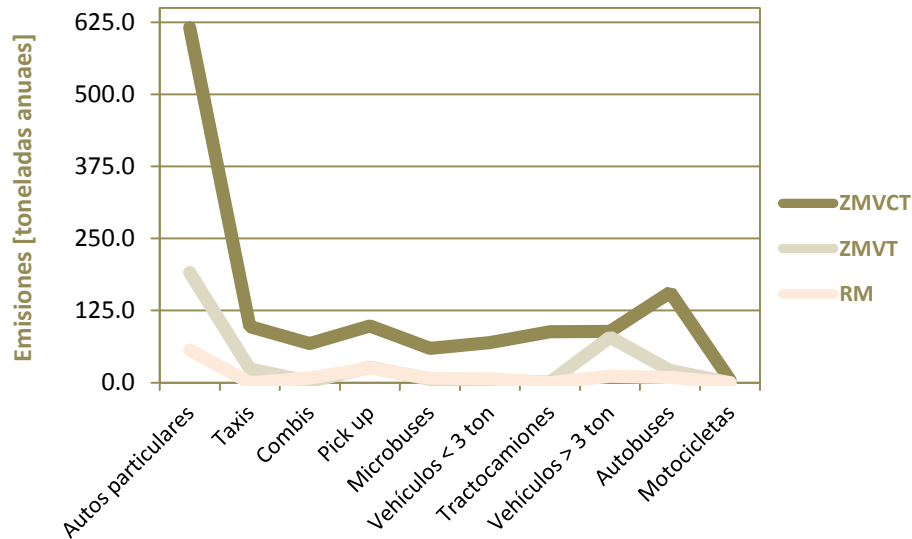


Es importante señalar que a pesar de que los autobuses y el transporte de carga representan el 0.8% y 6.8% del parque vehicular, generan más emisiones de partículas que los autos particulares, aunque éstos últimos representen el 75.8% de éste. Además de que más del 50% del transporte de pasajeros utiliza como combustible al diesel.

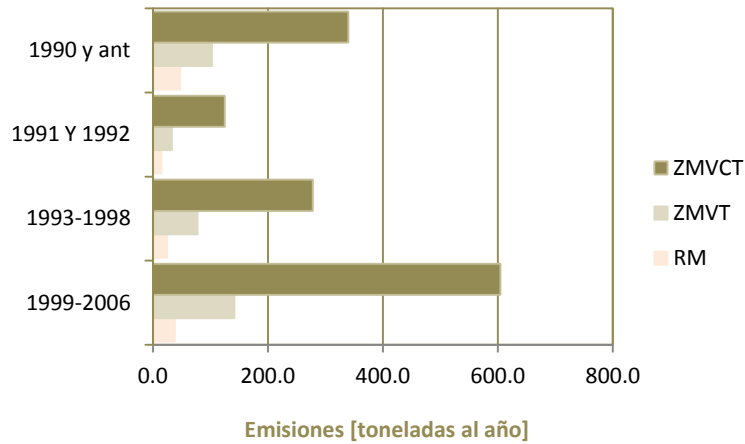
4.4.3.3 SO₂ (Bióxido de azufre)

Los autos particulares son los principales emisores de este contaminante ya que aportan el 47.3%, después los autobuses con el 10.2%, le siguen los vehículos mayores a 3 toneladas con el 9.8%, las pick up con el 8.2%, los taxis con el 6.7% y el resto de la flota aporta el 17.4%. Los vehículos año modelo 1999 al 2006 aportan el 42.9% de las emisiones, mientras que los años modelo 1990 y anteriores aportan el 26.8%, los vehículos modelo 1993 a 1998 el 20.8% y los vehículos modelo 1992 y 1993 el 9.5% . Gráfica 4.12 y 4.13.

Gráfica 4. 21 Emisiones de SO₂ por tipo de vehículo y año modelo en toneladas al año



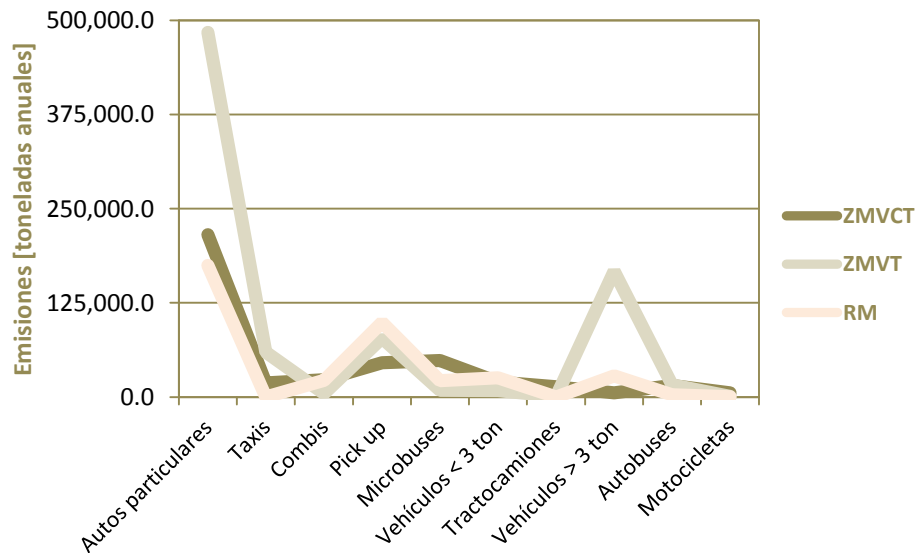
Gráfica 41. 22 Distribución de emisiones de SO₂ por año modelo



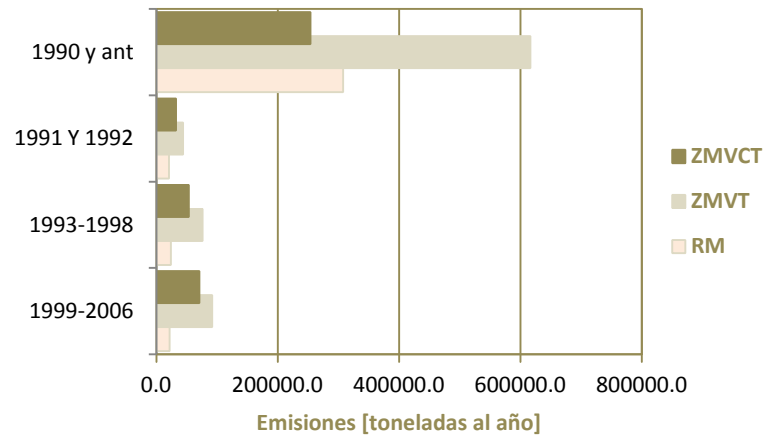
4.4.3.4 CO (Monóxido de carbono)

Respecto al CO, los autos particulares, las pick ups y los vehículos mayores a 3 toneladas son los principales emisores de este gas contaminante ya que aportan el 54.1%. 13.8% y 12.4%, los microbuses y los taxis aportan el 4.9% cada uno, mientras que el resto de la flota solo aporta el 9.9%. Su contribución porcentual por año modelo es: para los vehículos 1990 y anteriores 73.0%, para los de 1999 a 2006 es de 11.4%, los de 1993 a 1998 es de 9.5% y los vehículos modelo 1992 y 1993 es de sólo 6.0%. Ver gráficas 4.14 y 4.15.

Gráfica 4. 23 Emisiones de CO por tipo de vehículo y año modelo en toneladas al año



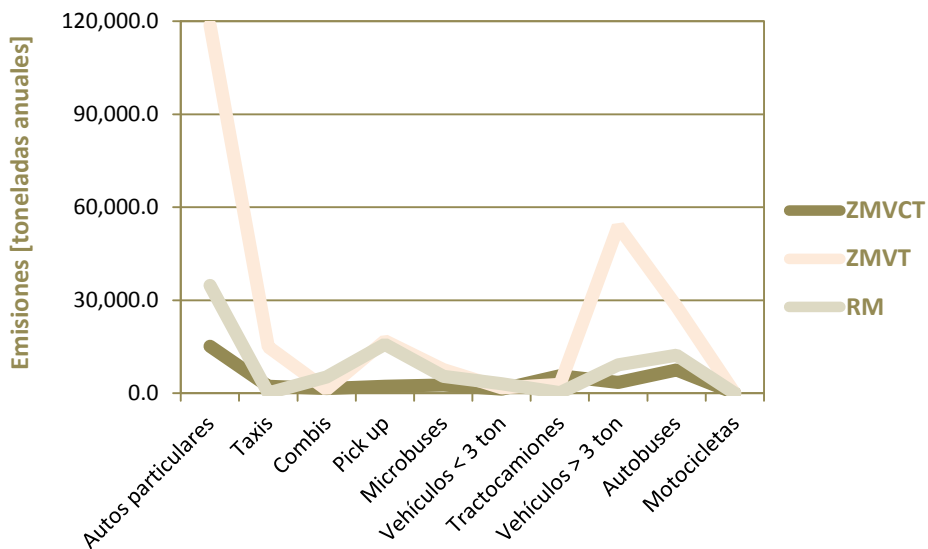
Gráfica 4. 24 Distribución de emisiones de CO por año modelo



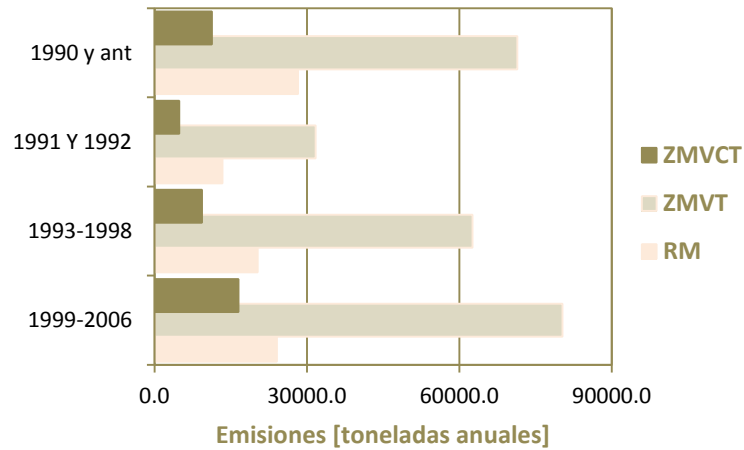
4.4.3.5 NO_x (Óxidos de nitrógeno)

Los autos particulares, los vehículos mayores a 3 toneladas y las pick ups, son los principales generadores de este contaminante debido a que emiten el 45.1%, 17.8% y 12.8%, las pick ups emite 9.3%, los taxis el 4.6%, los microbuses el 4.2% y el resto de la flota emite el 6.0%. Los autos año modelo 1991 al 2003 emiten el 58.7% de las emisiones totales, los año modelo 1990 y anteriores emiten el 26.0% y los del 2004 el 6.3%. Ver gráficas 4.16 y 4.17.

Gráfica 4. 25 Emisiones de NO_x por tipo de vehículo y año modelo en toneladas al año



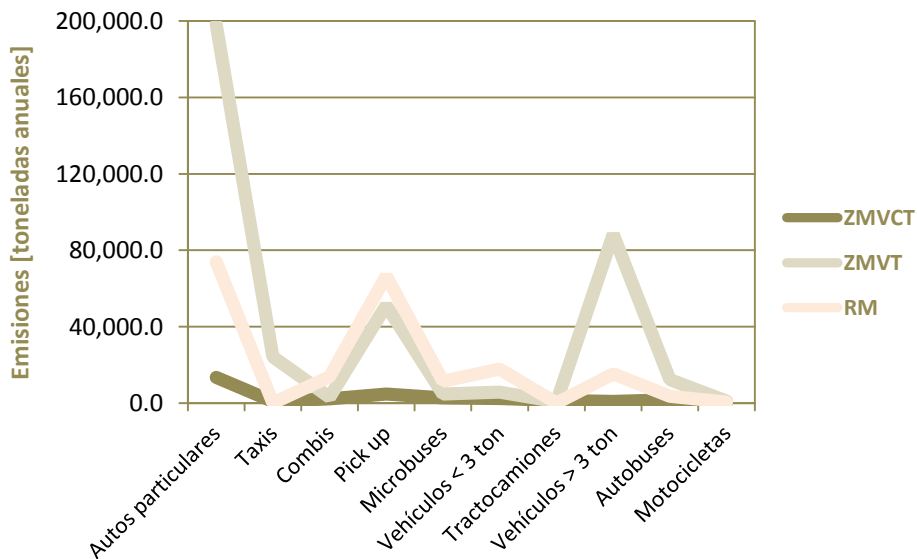
Gráfica 4. 26 Distribución de emisiones de NOx por año modelo



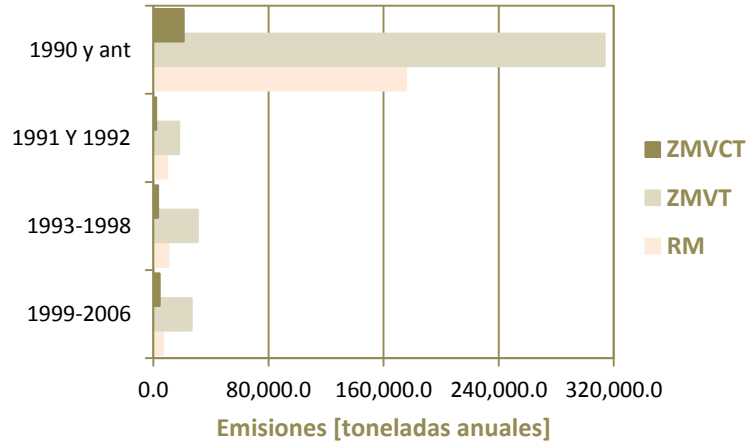
4.4.3.6 COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)

Los mayores contribuidores de este contaminante son los autos particulares con 45.9%, posteriormente las pick ups con 19.7%, los vehículos mayores a 3 toneladas con 16.8%, los vehículos menores a 3 toneladas con el 4.1%, los taxis con el 4.0% y el resto de la flota emite el 9.5%. Con respecto a las emisiones por año modelo se tiene que los vehículos 1990 y anteriores emiten el 82.0%, los año modelo 1993 a 1998 emiten el 7.2%, los años modelo 1999 a 2006 emiten el 6.1% y los año modelo 1991 y 1992 emiten tan solo el 4.7% (gráficas 1.18 y 1.19).

Gráfica 4. 27 Emisiones de COV por tipo de vehículo y año modelo en toneladas al año



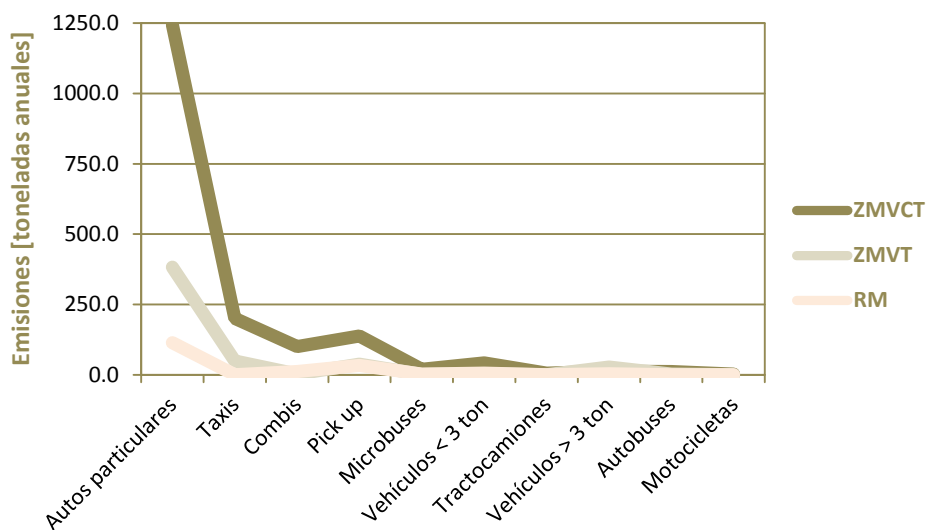
Gráfica 4. 28 Distribución de emisiones de COV por año modelo



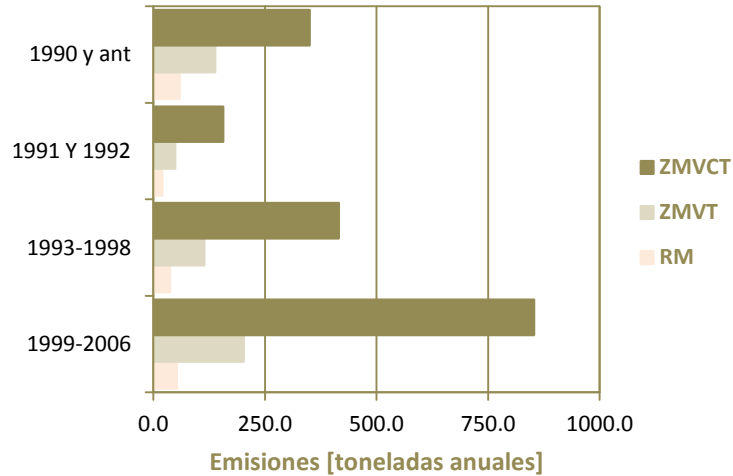
4.4.3.7 NH₃ (Amoniaco)

Finalmente para el NH₃, son los autos particulares los que mayor aportación de emisiones tienen, ya que aportan el 70.9%, los taxis el 10.1%, las pick ups 8.5% y el resto de la flota emite el 5.8%. Mientras que la contribución por año modelo es: para los vehículos 1991 a 2003 75.3%, para los de 1990 y anteriores es de 17.2% y los vehículos 2004 es de sólo 7.5%. Ver tabla 4.30 y gráfica 4.30.

Gráfica 4. 29 Emisiones de NH₃ por tipo de vehículo y año modelo en toneladas al año



Gráfica 4. 30 Distribución de emisiones de NH₃ por año modelo



4.5 Resumen de fuentes móviles

Para el 2006 que fue el año base del presente inventario se estimó que la flota vehicular fue de 2'014,916 vehículos automotores. De éstos, el 75.8% son *vehículos particulares*, el 10.1%, *transporte de carga*; el 6.5% y 3.4% corresponden a *pick ups* y *taxis*; el 1.9% al *transporte de pasajeros*; y el 2.4% a *combis* y *motocicletas*.

Respecto a la distribución por año-modelo el 6.7% corresponde a vehículos modelo 2006, el 69.4% a vehículos años modelo 1991 al 2005, y el 23.8% a modelos 1990 y anteriores.

Para el caso de la distribución por tipo de holograma se tiene que el 40.6% corresponde a vehículos que portan holograma Cero, el 59.2% a vehículos con holograma Dos y el 0.2% a vehículos con holograma doble cero.

La distribución con respecto al uso de combustibles se tiene que el 97.5% utiliza gasolina, el 1.7% diesel y el resto 0.9% utiliza gas LP.

Las fuentes móviles durante el año 2006 emitieron 2'617,170.2 toneladas de contaminantes. El principal contaminante es el CO, del cual se emitieron 1'614,611.3 ton/año (61.7%) le siguen en importancia los COV que emitieron 622,219.4 ton/año (23.8%); los NOx, con 373,786.7 ton/año (14.3%) y el resto con 6,552.5 ton/año (0.3%) corresponde al NH₃, PM₁₀ y SO₂, respectivamente.

El transporte de carga, los autos particulares, el transporte de pasajeros y las pick up son los principales emisores de PM₁₀, SO₂, CO, NOx y COV. Mientras que los autos particulares son los que principalmente emiten el NH₃,



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE

5. Fuentes erosivas

5.1 Erosión eólica

La erosión eólica es el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento.

El viento es un eficaz agente de erosión capaz de arrancar, levantar y transportar partículas, sin embargo, su capacidad para erosionar rocas compactas y duras es limitada. La velocidad determina la capacidad del viento para erosionar y arrastrar partículas, pero también influye el carácter de los materiales, la topografía del terreno, la eficacia protectora de la vegetación, etc.

La erosión eólica sucede cuando: los vientos son fuertes y frecuentes, las superficies son llanas expuestas al viento, el suelo es seco de textura fina y contiene poca materia orgánica, se presentan altas temperaturas y escasas precipitaciones, existe poca cubierta vegetal, existe un pastoreo abusivo, hay quema de residuos agrícolas, entre otras.

El movimiento de las partículas se produce por acción del viento y puede ser, en función de su tamaño, rodando ($>0,5$ mm), por saltación ($0,05-0,5$ mm), o en suspensión ($< 0,1$ mm).

Tomando en cuenta las superficies que pueden generar emisiones de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2,5}$, se consideraron las áreas susceptibles de erosión; asimismo, se incluyó el aporte por caminos no pavimentados.

Para la correcta aplicación de la metodología descrita más adelante, es muy importante conocer varios factores como los usos de suelo predominantes en la zona de estudio (bosques, pastizales, matorrales, agricultura y área urbana) (INEGI, 2004), y la edafología de la zona por lo que los tipos de suelos dominantes son: Litosol, Andosol, Solonchac, Regosol, Vertisol y Feozem, (INEGI, 2005).

Se analizaron zonas susceptibles a la erosión eólica con un Sistema de Información Geográfica utilizando las áreas agrícolas y zonas deprovistas de vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000, los Planes de Desarrollo Urbano Municipales y del INEGI, de donde se asume que las áreas agrícolas de temporal están descubiertas una gran parte del año. Las áreas agrícolas de cultivos permanentes tienen vegetación todo el año.

Las zonas con vegetación de pastizales y matorrales también se consideraron para la realización de este inventario debido a que el tipo de suelo que soporta este tipo de vegetación es también susceptible de erosión por acción del viento.

Tabla 5.1 Superficie considerada para el cálculo de fuentes erosivas

Actividad Región	Área erosionada ⁽¹⁾ (hectáreas)	Camino sin pavimentar ⁽²⁾ (km)
Zona Metropolitana del Valle Cauatlán Texcoco	1,698.7	202.9
Zona Metropolitana del Valle de Toluca	719.8	303.8
Resto de los Municipios	1,519.5	2,172.0
Total	3,938.0	2,678.7

Fuentes: (1) Panorámica Socioeconómica, GEM, 1993, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, 2007, SAGARPA, y (2) Plano Digital para SIG "Infraestructural Vial del Estado de México". CAEM, 1995 y Anuario Estadístico del Estado de México, 2007, INEGI.

5.2 Metodología

La metodología utilizada para la estimación de las emisiones de PM_{10} se basa en una versión modificada de la ecuación de erosionabilidad del suelo desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) (USEPA, 1997) (Woodruff y Siddoway, 1965) y las $PM_{2.5}$ se estimaron de acuerdo al perfil de especiación de material particulado propuesto por CEIDARS (las $PM_{2.5}$ son aproximadamente el 11% de las partículas totales).

Ecuación modificada de erosión de suelo:

$$E = fs (I', K', V, L', C')$$

Donde:

E = Factor de emisión de partículas suspendidas en [ton/acre/año]

fs = Fracción de las pérdidas totales por erosión del viento medidas como partículas suspendidas [adimensional]

I = Erosión del suelo [ton/acre/año]

C = Factor climático [adimensional]

K = Factor de rugosidad del suelo [adimensional]

L' = Factor de amplitud del campo sin protección [adimensional]

V' = Factor de cobertura vegetal [adimensional]

- *La erosionabilidad eólica del suelo, I'*: representa el potencial de pérdida de suelo y depende de la granulometría de éste. Se expresa en ton/acre/año y se determina clasificando el suelo dentro de un grupo de erosionabilidad (8 posibles) según las propiedades de la superficie del suelo, y a partir del porcentaje de agregados del suelo seco mayores de 0,8 mm. Las propiedades más importantes del suelo, en relación a la erosión eólica, son: 1) textura del suelo, 2) contenido en materia orgánica, 3) contenido en carbonato cálcico, 4) estado de humedad del suelo, y, 5) estabilidad estructural. El índice toma un valor mínimo de 0 (suelos con alto contenido en elementos gruesos en la superficie o húmedos) y un valor máximo de 310 (suelos arenosos, y con porcentaje de agregados del suelo seco mayores de 0,8 mm del 1 %).
- *Rugosidad del suelo, K'*: cualquier irregularidad de la superficie del suelo (macrorelieve o microrelieve) representa un obstáculo para la circulación del aire.
- *Longitud del terreno, L'*: hace referencia a la longitud efectiva recorrida por el viento.
- *Factor de vegetación, V*: se obtiene considerando tres subfactores: el porcentaje de residuos superficiales del suelo, la clase de cobertura vegetal (densidad, superficie y altura); y, la orientación, uniformidad, distribución y ancho de la vegetación.
- *El factor climático, C'*: el factor climático según el modelo planteado por Woodruff y Siddoway se cuantifica según la expresión:

$$C = \frac{(0.345) V^3}{[115 \sum_{i=1}^{12} P_{mi} / (T_{mi} - 10)^{10/9}]^2}$$

V: *Velocidad promedio del viento* corregida a una altura de 9,1 metros [millas por hora]

P: *Precipitación media mensual* [pulgadas]

T: *Temperatura promedio mensual* [grados Fahrenheit].

Los datos de velocidad del viento, precipitación y temperatura para el cálculo del factor C por región, fueron tomados de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) y de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) y los datos de precipitación fueron consultados por internet (<http://www.cna.gob.mx>) del Servicio Meteorológico Nacional.

5.3 Emisiones

Una vez que se determinaron las zonas y aplicando la metodología descrita anteriormente con la información debidamente analizada y validada se obtiene que en el Estado de México se emitieron 3938.0 toneladas anuales de partículas fracción respirable menores a 10 micras (PM₁₀) y 433.2 toneladas anuales de PM_{2,5}; de las cuales la

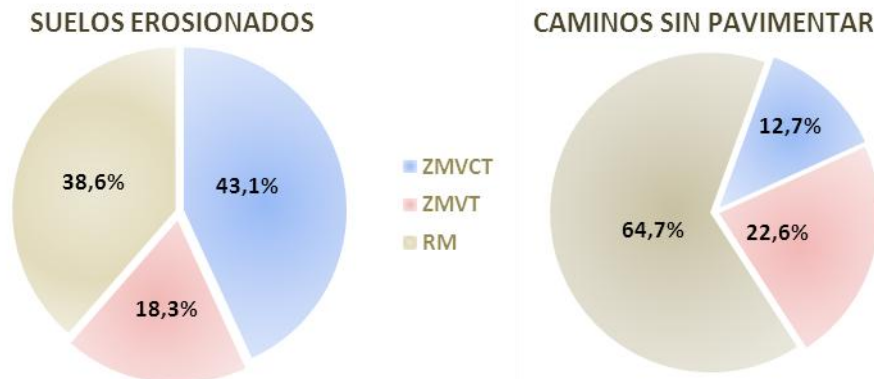
Zona Conurbada del Valle Cuautitlán Texcoco aporta el 43.1%, el resto de los municipios el 38.6% y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca el 18.3%.

Mientras que para los caminos sin pavimentar el 64.7% de las emisiones las aportan el resto de los municipios, el 22.6% es emitido por la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y el resto 12.7% lo emite la Zona Conurbada del Valle Cuautitlán Texcoco. Ver tabla 5.1 y gráfica 5.1.

Tabla 5.2 Emisiones en toneladas anuales de PM₁₀ de fuentes erosivas por región

Región	Emisiones [ton/año]			
	Áreas erosionadas		Caminos sin pavimentar	
	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}
Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán Texcoco	1.698,7	186.9	66.8	7.4
Zona Metropolitana del Valle de Toluca	719,8	79.2	119.4	13.1
Resto de los Municipios	1.519,5	167.2	341.6	37.6
Total	3.938,0	433,2	527.8	58.1

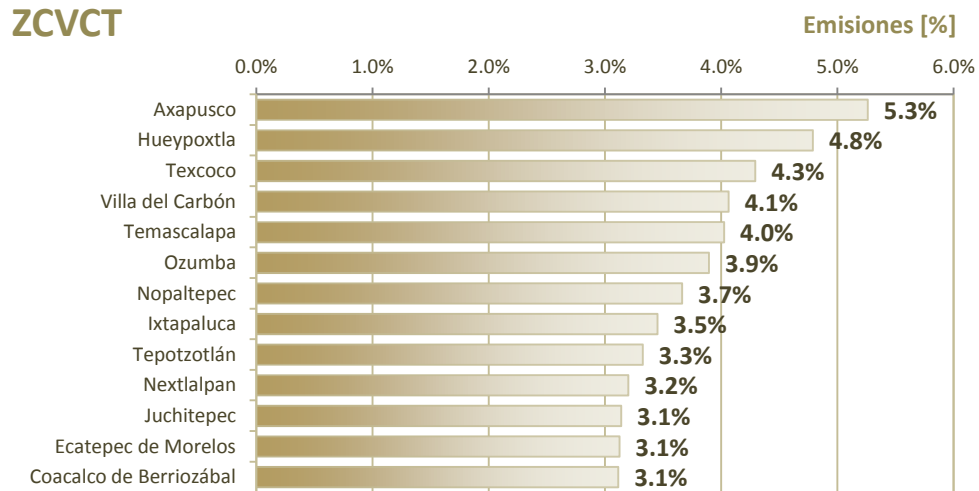
Gráfica 5.31 Emisiones porcentuales de PM₁₀ para suelos erosionados y caminos sin pavimentar por región



En las siguientes gráficas, se puede observar a los municipios que más aporte de emisiones tienen en la categoría de suelos erosionados.

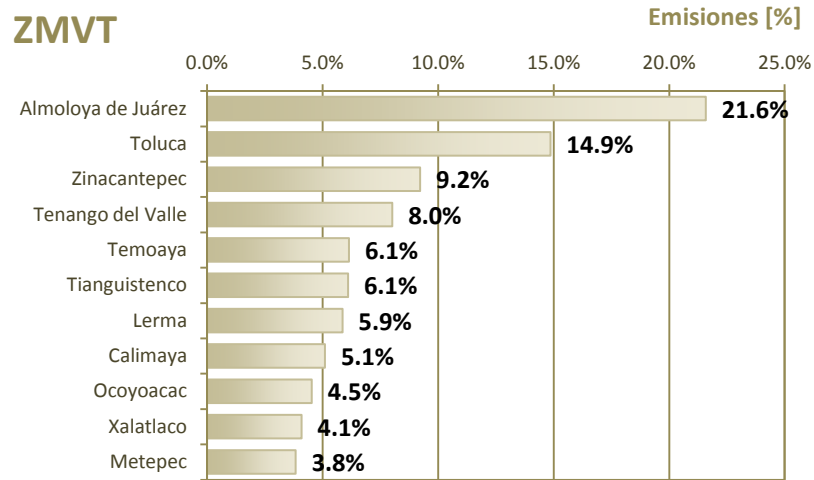
Para el caso de la Zona Conurbada del Valle Cuautitlán Texcoco, los municipios que emiten más de 80 toneladas anuales de PM₁₀ son los municipios de Axapusco y Hueypoxtla, con más de 70 toneladas Texcoco, con más de 60 toneladas Villa del Carbón, Temascalapa, Ozumba y Nopaltepec y el resto de los municipios Ixtapaluca, Tepotzotlán, Nextlalpan, Juchitepec, Ecatepec y Coacalco generan más de 50 toneladas al año.

Gráfica 5.32 Emisiones porcentuales de PM10 para suelos erosionados de la ZCVCT



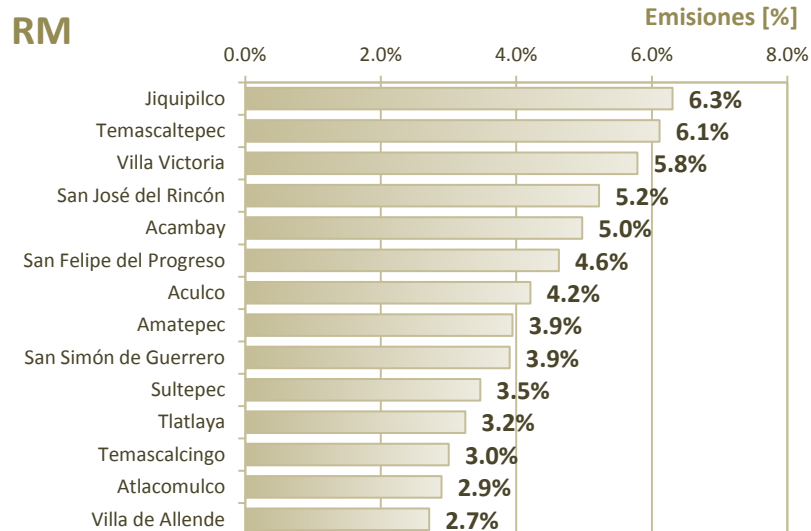
En la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, los municipios que emiten más de 100 toneladas de PM₁₀ son Almoloya de Juárez y Toluca, mas de 60 toneladas Zinacantepec, más de 50 toneladas Tenango del Valle, mas de 40 toneladas Temoaya, Tianguistenco y Lerma, mas de 30 toneladas Calimaya y Ocoyoacac y más de 20 toneladas Xalatlaco y Metepec.

Gráfica 5.33 Emisiones porcentuales de PM10 para suelos erosionados de la ZMVT



Finalmente para el resto de los municipios, los que más aporte de emisiones de PM₁₀ tienen son: Jiquipilco y Temascaltepec más de 90 toneladas anuales, Villa Victoria con más de 80 toneladas, San José del Rincón, Acambay y San Felipe del Progreso con más de 70 toneladas, Aculco con más de 60 toneladas, Amatepec, San Simón Guerrero y Sultepec con más de 50 toneladas, y con más de 40 toneladas Tlatlaya, Temascalcingo, Atlacomulco y Villa de Allende.

Gráfica 5.34 Emisiones porcentuales de PM10 para suelos erosionados del RM



Bibliografía

- California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), 2000. Particulate Matter (PM) Speciation Profiles. Summary of overall size fractions and reference documentation.
- Center for Environmental Research and Technology, University of California, 2001. Investigation of Emission Rates of Ammonia and Other Toxic and Low-Level Compounds Using FTIR.
- Eastern Research Group, Inc. (ERG), October 2003. Mobile6-Mexico Documentation and user's guide. Prepared for: Western Governor's Association Denver, Colorado and Binational Advisory Committee.
- ENVIRON International Corporation, November, 2007. Final Report, Development of GLOBEIS – A State of Science Biogenic Emissions Modeling System, Greg Yarwood, Gary Wilson and Stella Shepard, California.
- ENVIRON International Corporation, November, 2007. User's Guide to the Global Biosphere Emissions and Interactions System (GloBEIS3), Version 3.2, Greg Yarwood, Gary Wilson and Stella Shepard, California.
- Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente, 2005. Diagnóstico Ambiental del Estado de México por regiones hidrológicas.
- Gobierno del Estado de México, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. (Municipios del Estado México).
- <http://www.conapo.gob.mx/>
- <http://www.energia.gob.mx/>
- <http://www.inegi.gob.mx/>
- <http://www.pemex.com/>
- <http://www.siem.gob.mx/>
- INEGI, 2006 / 2007. Anuario Estadístico del Estado de México.
- INEGI, 2000. Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000. México, DF.
- INEGI, 1997. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP), Censos Económicos 1994.
- INEGI, 2002. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) 2002, 2ª Edición, México.
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 2006. Distribución de GLP por entidad federativa. Consulta por internet, <http://www.gas.pemex.com> y <http://www.ptq.pemex.com>.
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 1997. Efectos de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Memoria técnica del estudio.
- Robert Perry, 1991. Manual del Ingeniero Químico. Vol. I, 2ª Ed. en español.
- Secretaría de Energía, 2007. Balance Nacional de Energía 2006, México.
- Secretaría de Energía, 2006. Prospectiva del mercado del gas licuado de petróleo 2006-2015, 1ª Edición, México.
- Secretaría de Energía, 2006. Prospectiva del gas natural 2006-2015, 1ª Edición, México.
- Secretaría de Energía, 2006. Prospectiva de petrolíferos 2006-2015, 1ª edición, México.
- SEMARNAT, 2000. Inventario Nacional Forestal 2000. Cartografía digital, escala 1:250,000.

- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1996. México Emission Inventory Program Manual. Volume III. Basic Emission Estimating Techniques.
- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1997. Cuaderno de trabajo para la capacitación avanzada en la metodología para el proyecto del inventario de emisiones de México.
- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1997. Mexico Emission Inventory Program Manual. Volume IV. Point Source Inventory.
- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals. Volume V. Area Source Inventory Development.
- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1996. Mexico Emissions Inventory Program Manual, Volume VI. Motor Vehicle Inventory Development.
- SEMARNAT, 2000. Inventario Nacional Forestal 2000. Cartografía digital, escala 1:250,000.
- SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, 2004. Emisiones Biogénicas. VELASCO, Erick y BERNABÉ, Rosa M., Primera Edición. México D. F.
- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1996. Mexico Emission Inventory Program Manual. Volume III. Basic Emission Estimating Techniques.
- SEMARNAT, RADIANT Internacional, 1996. Mexico Emissions Inventory Program Manual, Volume VI. Motor Vehicle Inventory Development.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Copilation of Air Pollutant Emission Factors, volume I. Stationary Point and Area Sources. AIRCHIEF V.10. Fifth Edition, Cap. 1.3 Fuel Oil Combustion, 1.4 Natural Gas Combustion, 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion
- U.S. Environmental Protection Agency, agosto 1996. Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods for Estimating Air Emissions. Vol. III, Chapter 5. Reserch Triangle Park, North Carolina. Air Chief Vol.10.
- U.S. Environmental Protection Agency, diciembre 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, Source Classification Codes. 454/C-00-003.
- U.S. Environmental Protection Agency, diciembre 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, FIRE emission factors. 454/C-00-003.
- U.S. Environmental Protection Agency, diciembre 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, Especiate 3.1.
- U.S. Environmental Protection Agency, diciembre 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, Development and selection of ammonia emission factors Sec. 5: Ammonia emissions from combustion. 454/C-00-003.

