



# Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México



2006

---

---

D.R. © Secretaría del Medio Ambiente  
Gobierno de Distrito Federal

Primera edición 2008

Coordinador editorial: Patricia Camacho Rodríguez.  
Diseño de portada: Patricia Camacho Rodríguez, Ana L. López Pablos  
Fotografías de portada: Soberón Mobarak F.  
Corrección y edición: Patricia Camacho Rodríguez, Ana L. López Pablos

---

---

## **DIRECTORIO**

MARCELO LUÍS EBRARD CASAUBON  
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

MARTHA DELGADO PERALTA  
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL

J. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA  
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

JORGE SARMIENTO RENTERÍA  
DIRECTOR DE PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE E INVENTARIO DE EMISIONES

---



---

# CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b>	3
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	7
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>2 ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO</b>	17
2.1 Aspectos fisiográficos	19
2.2 Aspectos socioeconómicos	27
2.3 Consumo energético	32
<b>3 INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO DE LA ZMVM</b>	35
3.1 Distribución temporal	37
3.2 Distribución espacial	40
3.3 Emisiones anuales de la ZMVM	48
3.4 Emisiones por contaminante	52
3.5 Emisiones por entidad federativa	57
3.6 Emisiones por jurisdicción	64
<b>4 EMISIONES POR TIPO DE FUENTE</b>	67
4.1 Fuentes puntuales	69
4.2 Fuentes de área	89
4.3 Fuentes móviles	99
4.4 Fuentes naturales	123
<b>5 EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LAS EMISIONES 1990-2006</b>	133
5.1 Evolución de las emisiones	135
5.2 Tendencia y concentración de emisiones	137
<b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	141
6.1 Conclusiones	143
6.2 Recomendaciones	144
<b>7 BIBLIOGRAFÍA</b>	147

---

---

---

# **PRESENTACIÓN**

---



El inventario de emisiones de contaminantes criterio, así como el monitoreo y los modelos de calidad del aire, forman parte fundamental de las herramientas básicas de que dispone el Gobierno del Distrito Federal para fortalecer la toma de decisiones para la gestión de la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). El inventario de emisiones además, es un insumo básico para desarrollar medidas y programas dirigidos a evitar y reducir la generación de emisiones de contaminantes atmosféricos. Asimismo, los resultados del presente inventario de emisiones son esenciales para el desarrollo y análisis de nuevas medidas para controlar los contaminantes atmosféricos que tienen mayor afectación a la salud de la población (ozono y partículas finas).

Este inventario contiene los insumos necesarios para que operen los modelos de trayectoria, de predicción y simulación de la calidad del aire (Multiscale Climate Chemistry Model-MCCM y Flexpart), que indiscutiblemente son un componente esencial para jerarquizar e identificar con más precisión las fuentes emisoras o sectores responsables del deterioro de la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, con lo cual se podrán implementar medidas de reducción de emisiones a un mejor costo-efectividad.

Por otra parte, les será útil a las autoridades ambientales encargadas de coordinar la gestión de la calidad del aire, así como a los investigadores y profesionistas dedicados a desarrollar proyectos ambientales, y finalmente a la ciudadanía interesada en conocer acerca del aire que respiramos y los factores que lo deterioran, contribuyendo así al cumplimiento de la transparencia y el acceso a la información pública del Gobierno del Distrito Federal.

Es importante destacar que los productos del presente inventario de emisiones y de sus futuras actualizaciones retroalimentarán y proporcionarán directrices para que se cumplan y evalúen las estrategias y acciones de calidad del aire y movilidad incluidas en el Plan Verde.

Para una mayor comprensión y estudio, su contenido está estructurado de la siguiente manera: una introducción, en la cual se describe brevemente la historia y utilidad del desarrollo de los inventarios de emisiones en la ZMVM; el capítulo 2, incluye los aspectos generales de la ZMVM, delimita el área geográfica, menciona las principales características fisiográficas, climáticas y socioeconómicas de la zona, y presenta un análisis del consumo energético de 1990 al 2006. En el capítulo 3 se reporta el inventario de emisiones del año 2006, se incluyen la distribución temporal y espacial de las emisiones, así como las emisiones por contaminante y por entidad; el capítulo 4 detalla las emisiones generadas por sector o fuente emisora. En el capítulo 5 se realizó un análisis de la tendencia y evolución de las emisiones desde 1990 a 2006. Por último, se incorpora un apartado de conclusiones y recomendaciones.

Esperamos que esta publicación, contribuya a la retroalimentación de experiencias, y que promueva una gestión ambiental eficaz para el mejoramiento de la calidad del aire y la salud de los habitantes del Distrito Federal y de la ZMVM.

MARTHA DELGADO PERALTA  
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE



---

## **AGRADECIMIENTOS**

---



La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal agradece el apoyo brindado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal así como a la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, y a todas las instituciones que con su valiosa información, hicieron posible elaborar y actualizar este Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio para la Zona Metropolitana del Valle de México del año 2006.

- Secretaría de Transporte y Vialidad.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Delegación Distrito Federal-Centro de Estadística Agropecuaria.
- Comisión Nacional Forestal – Regional Estado de México.
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal - Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural.
- Secretaría de Energía - Dirección de Enlace, Estadística y Asuntos Especiales de la Dirección General de Gas LP.
- PEMEX Refinación-Gerencia de Comercialización de Gas LP en la ZMVM /Subgerencia de Operación y Mantenimiento /Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial.
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, del Gobierno del Distrito Federal.
- Dirección General del Heroico Cuerpo de Bomberos del Gobierno del Distrito Federal.
- Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal.
- Aeropuertos y Servicios Auxiliares - Dirección General Adjunta de Finanzas y Operación–Subdirección de Operaciones ASA/Gerencia de Informática y Estadística de ASA.
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México AICM-Gerencia de Sistemas-Comunicaciones e Información de la Subdirección de Finanzas y Administración.
- Cámara Nacional de la Industria de Baños y Balnearios (CANAIBAL).
- Cámara Nacional de la Industria de Artes Gráficas (CANAGRAF).
- Red de Transporte de Pasajeros del Gobierno del Distrito Federal.

- A todas las personas que se unieron al esfuerzo de enriquecer el inventario de emisiones aportando sus valiosas sugerencias y comentarios.

---

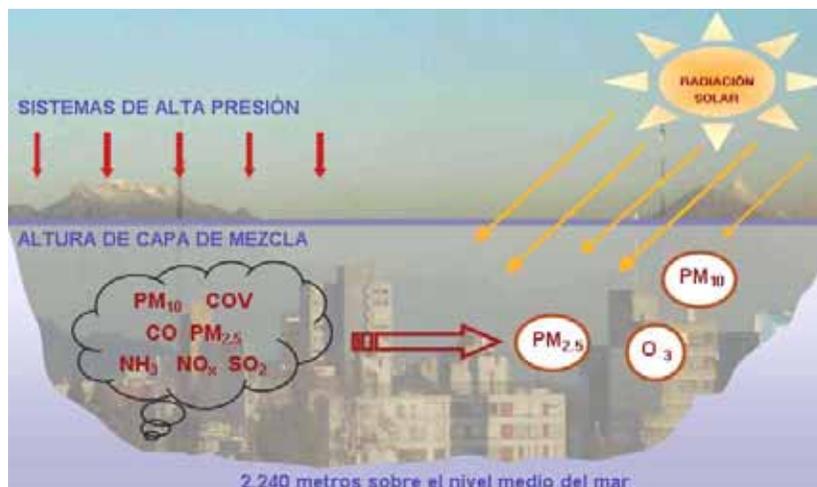
# 1. INTRODUCCIÓN

---





La contaminación atmosférica de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), aunque está influenciada por una serie de características fisiográficas y climáticas propias de la zona, depende principalmente de las emisiones contaminantes que se generan en ella, como consecuencia del crecimiento poblacional que impulsaron las actividades urbanas e industriales en el Valle de México a partir de los años cuarenta.



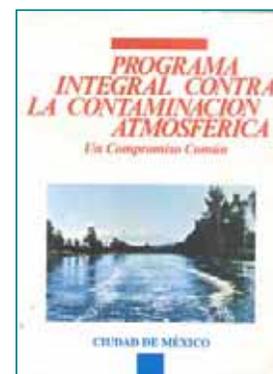
**Figura 1.1 Emisión de contaminantes en el Valle de México**

Para enfrentar esta problemática y dar respuesta a los altos niveles de contaminación, las autoridades ambientales, además de monitorear en forma permanente y continua las concentraciones de los contaminantes atmosféricos, desarrolla los inventarios de emisiones para conocer el origen de la contaminación e implementar medidas de mitigación.

El desarrollo de los inventarios de emisiones en la ZMVM, datan del año 1972, con la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, y aún cuando se sabe que desde esta fecha se han realizado estos documentos, pocos fueron publicados oficialmente. En esas fechas se reportaba que los vehículos automotores eran responsables del 70% de la contaminación, la industria contaminaba con el 25% y el restante 5% era resultado de las fuentes naturales, principalmente las tolvaneras al oriente de la Ciudad.

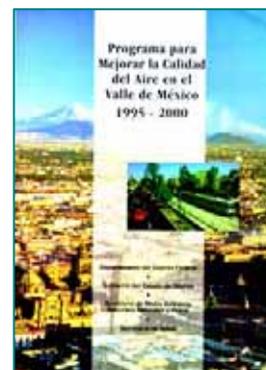
A falta de información ambiental de la problemática de la calidad del aire, en los años ochenta, los inventarios de emisiones se constituyeron en la base para la elaboración de los Programas para el Mejoramiento de la Calidad del Aire.

Así mismo, con el Inventario de Emisiones de la ZMVM 1988, se elaboró el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA).



Consecutivamente en el año 1995, se elaboró el primer inventario de emisiones de forma desagregada, con información disponible para el año 1994, siendo éste la base, para diseñar el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (ProAire 1995-2000).

El ProAire 1995-2000, incluyó una medida en la que se estableció el actualizar cada dos años el inventario de emisiones, así como crear la plataforma para constituir el inventario de emisiones en un sistema de información geográfica (SIG), que proporcionara la información requerida para utilizar modelos de simulación de la calidad del aire, y así poner en marcha un sistema completo e integral de información<sup>1</sup>. No obstante, aunque el inventario para el año de 1996 fue publicado oficialmente, éste no fue posible utilizarlo en la aplicación de modelos de calidad del aire, ni contenía el suficiente soporte técnico de sus estimaciones, existiendo la incertidumbre en la metodología de realización de los cálculos y de las fuentes de información de los datos.



Por otra parte, se trató de comparar las emisiones de esas fechas con las actuales, desafortunadamente los inventarios de emisiones que hasta el momento se habían desarrollado no pudieron ser comparables en términos absolutos, debido principalmente a que se utilizaron en su desarrollo distintas metodologías.

Actualmente, en nuestro país se han desarrollado una serie de metodologías nacionales que han guiado el desarrollo de los inventarios de emisiones que se elaboran en la Zona Metropolitana del Valle de México.

La aplicación de los modelos de calidad del aire utilizados actualmente, fue posible a partir del desarrollo del Inventario de Emisiones del año 1998. Con base en este inventario de emisiones, se modeló la proyección de las emisiones al año 2010; escenario cuyos resultados indicaban, que de no realizarse ninguna medida de control y/o reducción de emisiones, se incrementarían en más del 20% los contaminantes precursores de ozono y de las partículas PM<sub>10</sub> para ese año.

En la Figura 1.2 se ilustran los escenarios modelados: el caso base que corresponde a las emisiones de 1998 y el caso que corresponde a las emisiones esperadas para el año 2010, este último se realizó sin contemplar ninguna medida de control y/o reducción de emisiones, y se pudo observar, que las concentraciones de ozono se distribuían en una área mayor.

---

1 Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (Proaire). DDF, GEM, SEMARNAP, SS. Agosto de 1997. Estrategia 31 incluida en la meta Nuevo Orden Urbano y Transporte Limpio del Proaire.

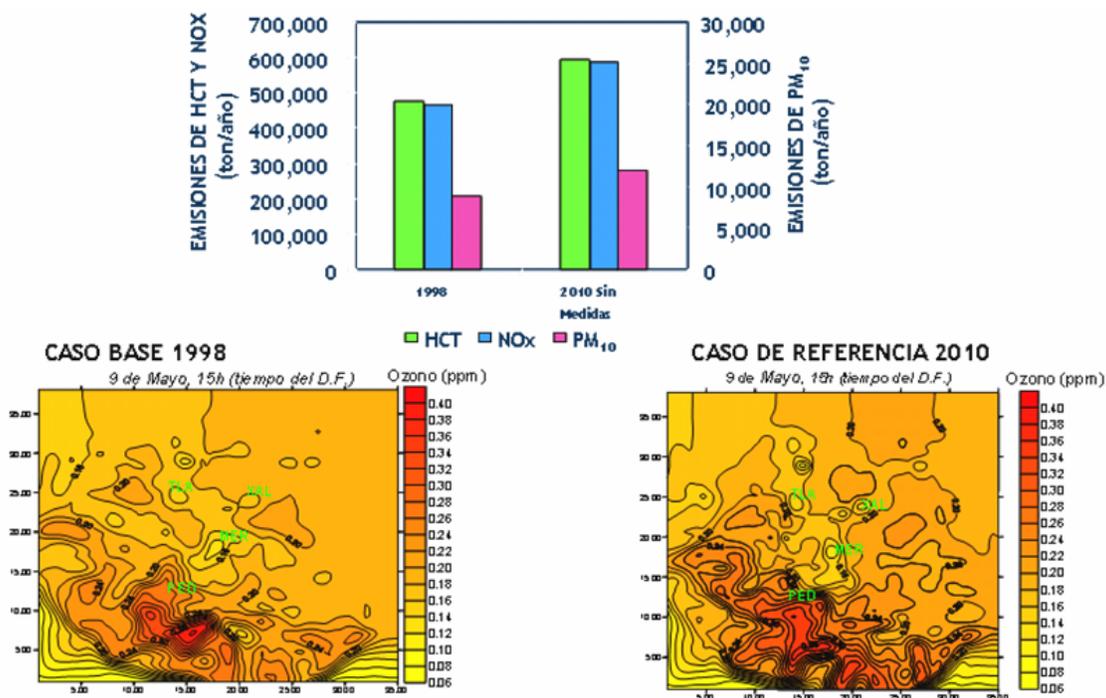
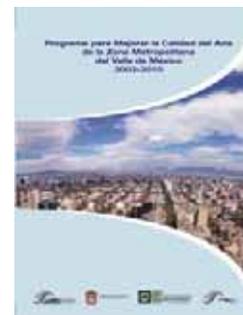


Figura 1.2 Proyección y resultados de la modelación de emisiones de los niveles de ozono al año 2010 (sin medidas).

El inventario de emisiones de 1998, en conjunto con los resultados de la calidad del aire proporcionado por la modelación de emisiones, sirvió de base para desarrollar el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (Proaire 2002-2010), actualmente vigente.



En este documento Metropolitano se incluyen medidas diseñadas para reducir las emisiones a través de la: modernización y mejoramiento del transporte; regulación ambiental del crecimiento urbano, producción más limpia de bienes y servicios; modernización tecnológica y control de emisiones en termoeléctricas; así como la preservación, restauración y conservación de recursos naturales. Asimismo, el Inventario 1998, fue el primer documento desarrollado con base en las metodologías de estimación que recomienda la Autoridad Ambiental Federal<sup>2</sup>.



Figura 1.3 Metodología para desarrollar inventarios de emisiones para México

<sup>2</sup> Manuales del Programa de Inventario de Emisiones de México; elaborado para: La Asociación de Gobernadores del Oeste, Denver Colorado y para el Comité Asesor Binacional; preparados por Radian Internacional y Eastern Research Group; elaborados en el periodo de 1996 al 2003.

Para tener respuestas de las causas que ocasionan los incrementos en los niveles de contaminación del aire, es necesario actualizar y validar periódicamente el inventario de emisiones, tanto de la información básica que se requiere para desarrollarlo, como en lo que se refiere a los métodos de estimación de las emisiones contaminantes.

Por tal motivo, el Gobierno del Distrito Federal desarrolló, además del presente inventario, los correspondientes a los años de 1998, 2000, 2002 y 2004. En éstos se han incorporado gradualmente, recomendaciones nacionales e internacionales para reducir el grado de incertidumbre de la estimación de los inventarios, resaltan las emitidas por el Doctor Mario Molina y su grupo de investigadores<sup>3</sup>, así como los comentarios de la evaluación y auditoría al inventario de emisiones del año 1998 realizada por la compañía Eastern Research Group Inc.<sup>4</sup>

Debido a la existencia de mejores fuentes de información y al uso de tecnologías informáticas como el Internet y los sistemas de información geográfica, la información y conocimiento sobre la generación de emisiones se ha venido ampliando y actualmente, nuestros inventarios cuentan con datos más confiables de los sectores de mayor contribución por tipo de contaminante, así mismo, se identifican las fuentes contaminantes, en las cuales deben aplicarse medidas de control; cabe mencionar, que con esta información, pueden realizarse análisis de costo-efectividad de las medidas de control y evaluar los programas de mejoramiento de la calidad del aire vigentes en la ZMVM.

Actualmente, los inventarios incorporan, además de las emisiones de los contaminantes criterio ( $PM_{10}$ , CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>) las emisiones de  $PM_{2.5}$ , COT, COV y NH<sub>3</sub>, al mismo tiempo se han venido representando espacialmente en la metrópoli, en una malla de 1km por 1km, además de hacerlo en forma temporal (horas de mayor o menor emisión durante el día); es importante mencionar que éstos son los insumos para la aplicación del modelo de calidad del aire “*Multiscale Climate Chemistry Model-MCCM*”.

A partir del inventario de emisiones de 1998, a diferencia de inventarios anteriores, se han venido incorporando en los textos que lo conforman, las memorias de cálculo de las emisiones, además de publicarlos en la página web de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (<http://www.sma.df.gob.mx>).

Debido a las necesidades actuales de Gestión de la Calidad del Aire del Gobierno de la Ciudad de México, decidió ampliar el área de estudio del Inventario de Emisiones, se integraron otros 41 municipios para el cálculo de las emisiones del presente inventario.

---

3 Análisis y Diagnóstico del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México. M.J. Molina, L.T. Molina, G. Sosa, J. Gasca y J. West. Instituto Tecnológico de Massachusetts. Agosto 2000.

4 Evaluation of the 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico. Prepared for Western Governors' Association. Denver, Colorado. May 7, 2003.

---

## **2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZMVM**

---

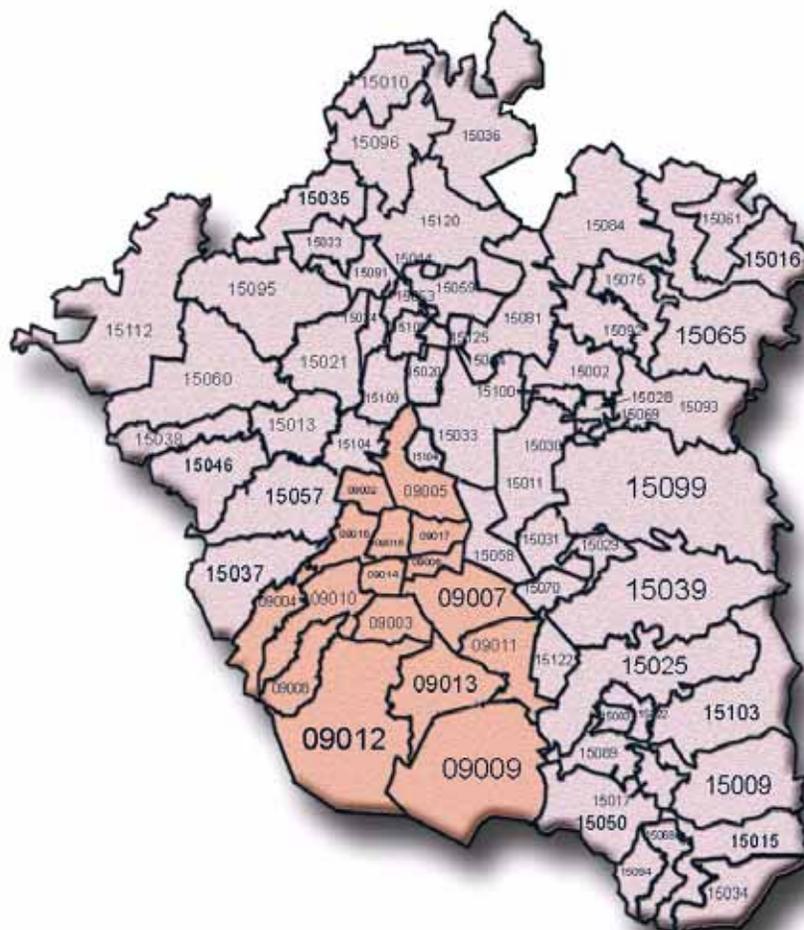


## 2.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

### 2.1.1 Zona de estudio

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) forma parte de una cuenca endorreica<sup>1</sup>, con una altitud promedio de 2,240 msnm<sup>2</sup>, abarca la totalidad del Distrito Federal y parte del Estado de México. En el contexto geográfico, la zona de estudio, se ubica en la parte Este de la región conocida como Sistema Neovolcánico Transversal, formando parte del ecosistema de Bosque Templado y de la región fisiográfica del Eje Neovolcánico. Se sitúa entre los 19° 03´-19° 54´ de latitud Norte, y los 98° 38´-99° 31´ de longitud Oeste.

Por las características de crecimiento, dinámica social, económica y ambiental, en el año 2006, se publicó el decreto mediante el cual se amplía la ZMVM, quedando integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México<sup>3</sup>; ésta nueva superficie representa 0.25% de la superficie total<sup>4</sup> del país.



**Mapa 2.1.1 Zona Metropolitana del Valle de México, 2006 (INEGI, 2007)**

1 Área geográfica donde las aguas bajan de las montañas para llegar a un lago y no son vertidas a otro río, lago o mar.

2 Metros sobre el nivel del mar.

3 Gaceta Oficial del Distrito Federal, diciembre de 2006.

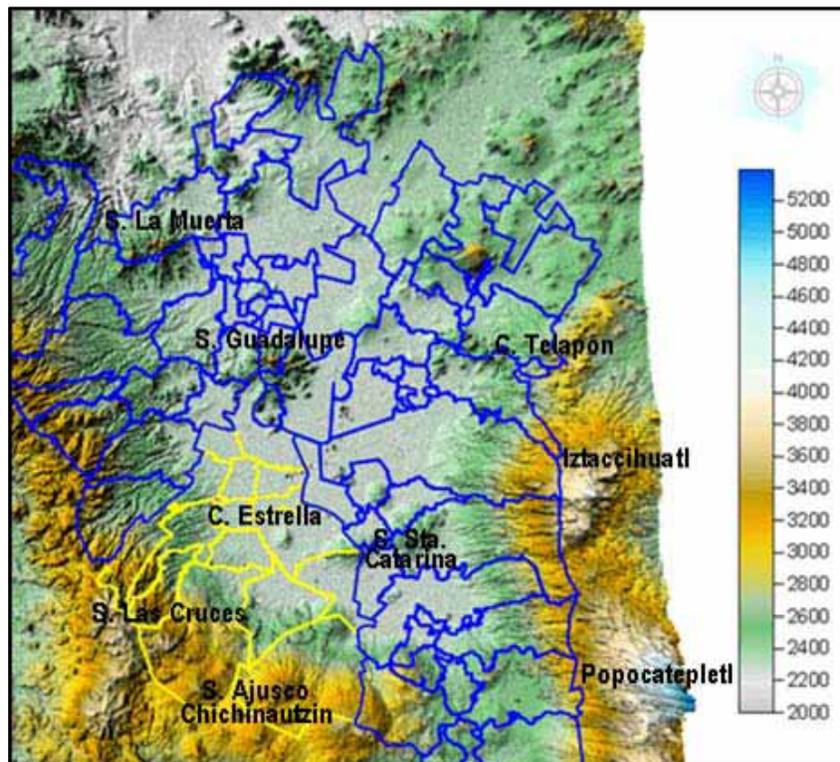
4 INEGI, 2002. Marco Geoestadístico Municipal 2000.

**Tabla 2.1.1 Delegaciones y municipios de la ZMVM, 2006**

Cve	Delegación	Cve	Municipio	Cve	Municipio	Cve	Municipio
09010	Álvaro Obregón	15002*	Acolman	15035*	Huehuetoca	15083*	Temamatla
09002	Azcapotzalco	15009*	Amecameca	15036*	Hueyoxtla	15084*	Temascalapa
09014	Benito Juárez	15010*	Apaxco	15037	Huixquilucan	15089*	Tenango del Aire
09003	Coyoacán	15011*	Atenco	15038*	Isidro Fabela	15091*	Teoloyucán
09004	Cuajimalpa	15013	Atizapán de Zaragoza	15039	Ixtapaluca	15092*	Teotihuacán
09015	Cuauhtémoc	15015*	Atlautla	15044*	Jaltenco	15093*	Tepetlaoxtoc
09005	Gustavo A. Madero	15016*	Axapusco	15046*	Jilotzingo	15094*	Tepetlixpa
09006	Iztacalco	15017*	Ayapango	15050*	Juchitepec	15095*	Tepozotlán
09007	Iztapalapa	15020	Coacalco de Berriozábal	15070	La Paz	15096*	Tequixquiac
09008	M. Contreras	15022*	Cocotitlán	15053*	Melchor Ocampo	15099*	Texcoco
09016	Miguel Hidalgo	15023*	Coyotepec	15057	Naucalpan de Juárez	15100*	Tezoyuca
09009	Milpa Alta	15024	Cuautitlán	15059*	Nextlalpan	15103*	Tlalmanalco
09011	Tláhuac	15121	Cuautitlán Izcalli	15058	Nezahualcóyotl	15104	Tlalnepantla de Baz
09012	Tlalpan	15025	Chalco	15060	Nicolás Romero	15125*	Tonanitla
09017	Venustiano Carranza	15028*	Chiautla	15061*	Nopaltepec	15108*	Tultepec
09013	Xochimilco	15029	Chicoloapan	15065*	Otumba	15109	Tultitlán
		15030*	Chiconcuac	15068*	Ozumba	15122	Valle de Chalco Solidaridad
		15031	Chimalhuacán	15069*	Papalotla	15112*	Villa del carbón
		15033	Ecatepec de Morelos	15075*	San Martín de las Pirámides	15120*	Zumpango
		15034*	Ecatzingo	15081	Tecámac		

\*Municipios agregados a la ZMVM (2006). Para fines del presente Inventario los citaremos como Región 2 (R2).

La cuenca donde se ubica la ZMVM, presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco. También se encuentran prominencias topográficas aisladas, como el Cerro de la Estrella y algunas sierras (ver Figura 2.1.1).



**Figura 2.1.1 Altitud del área de estudio**



La gran altitud a la que se encuentra la ZMVM, ocasiona que los procesos de combustión operen deficientemente y emitan una mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera; esto como consecuencia del bajo contenido de oxígeno del aire, el cual es aproximadamente 23%<sup>5</sup> menor que al nivel del mar, así mismo, la cadena montañosa que la rodea, propicia el estancamiento de los contaminantes.

Asociado a esto, su posición latitudinal ocasiona que reciba una radiación solar intensa que acelera la formación fotoquímica de contaminantes atmosféricos como el ozono y las partículas secundarias. Aunado a esto, su ubicación en el centro del país permite que a lo largo del año, la ZMVM resulte afectada por sistemas anticiclónicos, los cuales mantienen el cielo despejado y aumentan la capacidad fotoquímica de la atmósfera; además, estos sistemas también inducen a que la velocidad de los vientos disminuya cerca de la superficie del suelo, situación que inhibe el movimiento vertical y horizontal del aire, dificultando la dispersión de los contaminantes.

## 2.1.2 Rasgos geoclimáticos

Las características geográficas y climáticas de la ZMVM se consideran como unos de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes, generados fundamentalmente por procesos antropogénicos. Así mismo, el clima y el estado del tiempo en pequeña escala o microclima de la ZMVM, tiene considerables influencias que afectan el aire y el comportamiento de los contaminantes.

De acuerdo con datos climatológicos del área de estudio, se presentan tres subtipos de climas, como resultado de las diferencias de elevación y relieve del terreno; y cabe mencionar que estos subclimas, influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. En la ZMVM, se presenta un clima templado con lluvias en verano, templado húmedo y subhúmedo con lluvias en verano y un clima seco (ver Figura 2.1.2.).

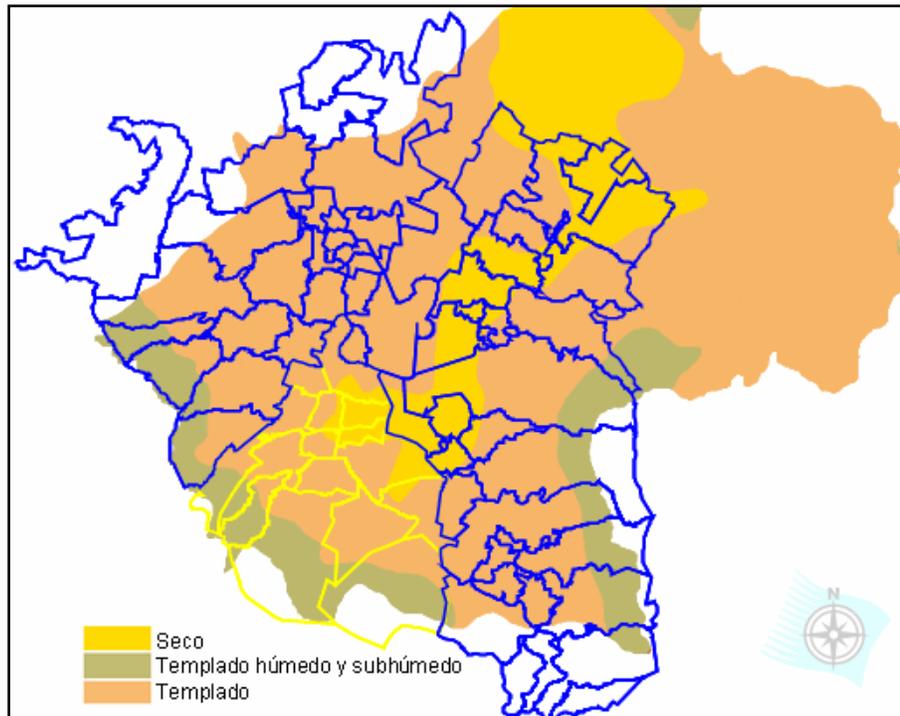
En los últimos años las condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México han cambiado, provocando que casi no se distingan los cambios estacionales, aún se puede reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación seca que se caracteriza por presentar contenidos de humedad baja; sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15 °C que se presentan en esta última estación, permiten dividirla en dos estaciones: Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero.

Por otro lado la temporada de lluvias y humedad relativa alta, se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, ocasionando que descendan los niveles de algunos contaminantes por la inestabilidad atmosférica. Los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (nororiental principalmente) (INEGI, 2007)<sup>6</sup>.

---

5 Molina y Molina, 2002.

6 <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/dfd.html>, 1998.



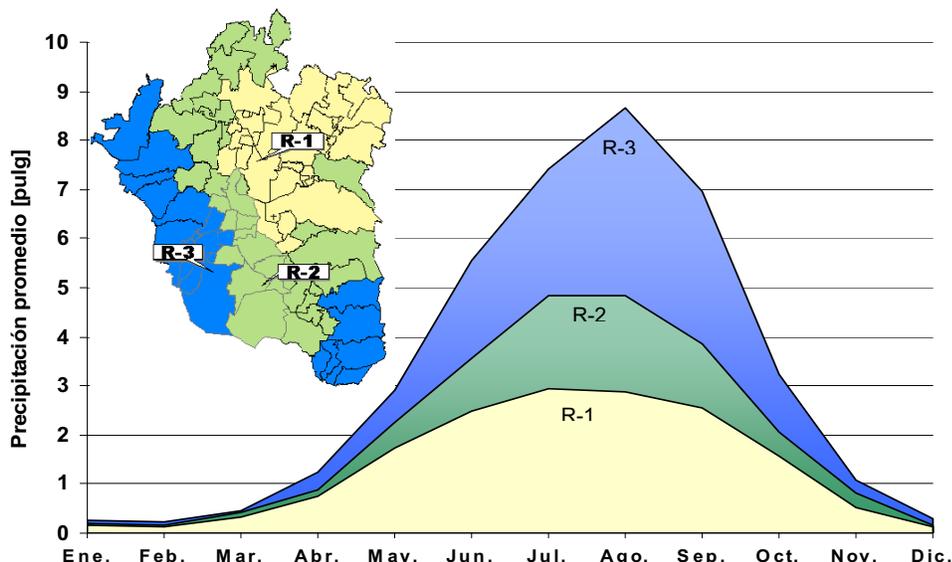
**Figura 2.1.2 Climas de la Zona Metropolitana del Valle de México**

***Precipitación pluvial y humedad relativa***

El promedio de precipitación pluvial, indica que la mayor cantidad de lluvia se presenta en la parte occidental del Distrito Federal, al pie de la sierra Ajusco-Chichinautzin. Esta situación se presenta por el flujo de viento de verano, durante las lluvias más intensas y reforzada por el levantamiento mecánico del aire que golpea una montaña, rebota y asciende. Debido a la humedad suficiente, ésta se condensa formando nubes y produce la precipitación. El incremento de la precipitación pluvial propicia un efecto de “lavado troposférico”, lo cual favorece una mejor calidad del aire de la zona, puesto que mitiga la generación de partículas.

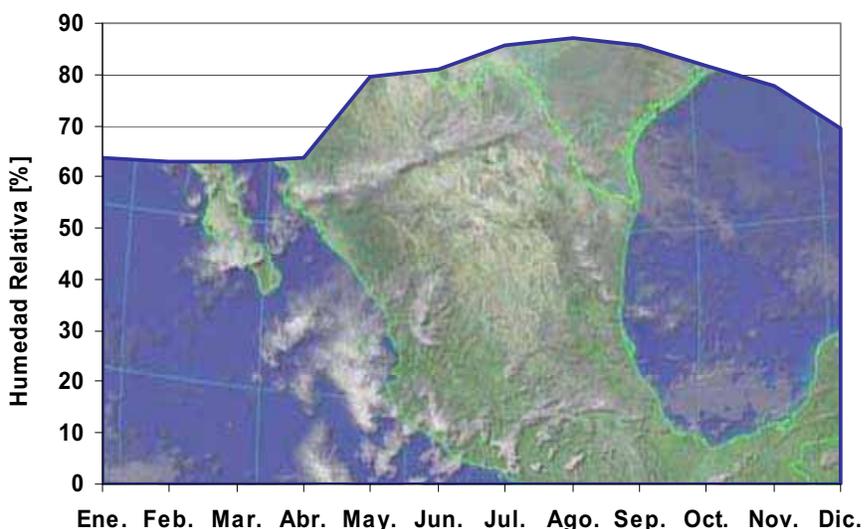
El aumento de las lluvias en la ZMVM de junio a septiembre, se asocia a la entrada de aire tropical, con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México. Durante estos meses se registra un periodo conocido como canícula donde hay un intenso calor, con lluvias escasas y normalmente se da en agosto (aunque no siempre se presenta).

Es importante mencionar que dentro de la ZMVM se presentan diferentes patrones de intensidad de lluvias; debido a lo anterior y para fines del presente Inventario de Emisiones, la ZMVM se caracterizó en tres regiones con base en la intensidad de la precipitación pluvial; cabe mencionar que la región 3 es la que recibe la mayor cantidad de precipitación y la región 1 es la más seca (ver Gráfica 2.1.1).



**Gráfica 2.1.1 Precipitación mensual promedio por región, 2006**

Con respecto a la humedad relativa, tenemos que en un mismo día pueden registrarse valores muy variados, sin que necesariamente tengan un patrón definido durante el día. La tendencia anual, es que el periodo de mayor humedad se enmarque durante la temporada de lluvias. Para el año 2006, los valores altos se presentan durante los meses de julio a septiembre.



**Gráfica 2.1.2 Promedios mensuales de humedad relativa máxima en el año 2006**

Los promedios mensuales indican una diferencia aproximada del 24% entre el mes más húmedo (agosto) y el mes más seco (marzo); esto está influenciado fundamentalmente por las masas de aire que afectan el interior del país y Valle de México durante la temporada mencionada, ya que al ser de tipo marítimo y cálidas, es decir, de tipo tropical, presentan un alto contenido de humedad, lo que propicia la formación de nubes, reduce la insolación y a su vez contribuye a disminuir la formación de ozono. Además de provocar las lluvias que dan lugar al “lavado atmosférico”.

## Viento

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, el viento es uno de los factores más importantes, ya que a partir de su *dirección*, se identifican los sistemas meteorológicos que afectan a determinado lugar. Así mismo, la *intensidad* es una de las variables que determina, si los contaminantes en capas cercanas a la superficie, se acumulan o se dispersan. Cabe mencionar que la dispersión vertical de los gases contaminantes en la atmósfera, dependen en gran manera de la estabilidad y turbulencia de la zona, así como del calor y la fricción producida por los vientos y la superficie del suelo.

En el Valle de México, la entrada principal del viento se ubica en la zona norte, región donde el terreno es más plano. Dependiendo de la época del año, la influencia de sistemas meteorológicos hacen que exista una segunda entrada del viento por la región noreste del Valle; incluso, puede darse que el flujo del viento sea de sur a norte, cuando el viento en capas medias de la troposfera es suficientemente intenso como para que, a pesar de la barrera montañosa, se imponga esa dirección, sobre todo en los meses invernales. Es necesario remarcar que las dos últimas direcciones descritas normalmente se presentan en un porcentaje bajo, de tal forma que estos comportamientos no siempre se detectan (INEGI, 2007).

Adicional, y en conjunto con los rasgos orográficos del Valle, se forman remolinos, líneas de confluencia y zonas de convergencia del viento, mismos que tienden a incrementar la acumulación de los contaminantes.

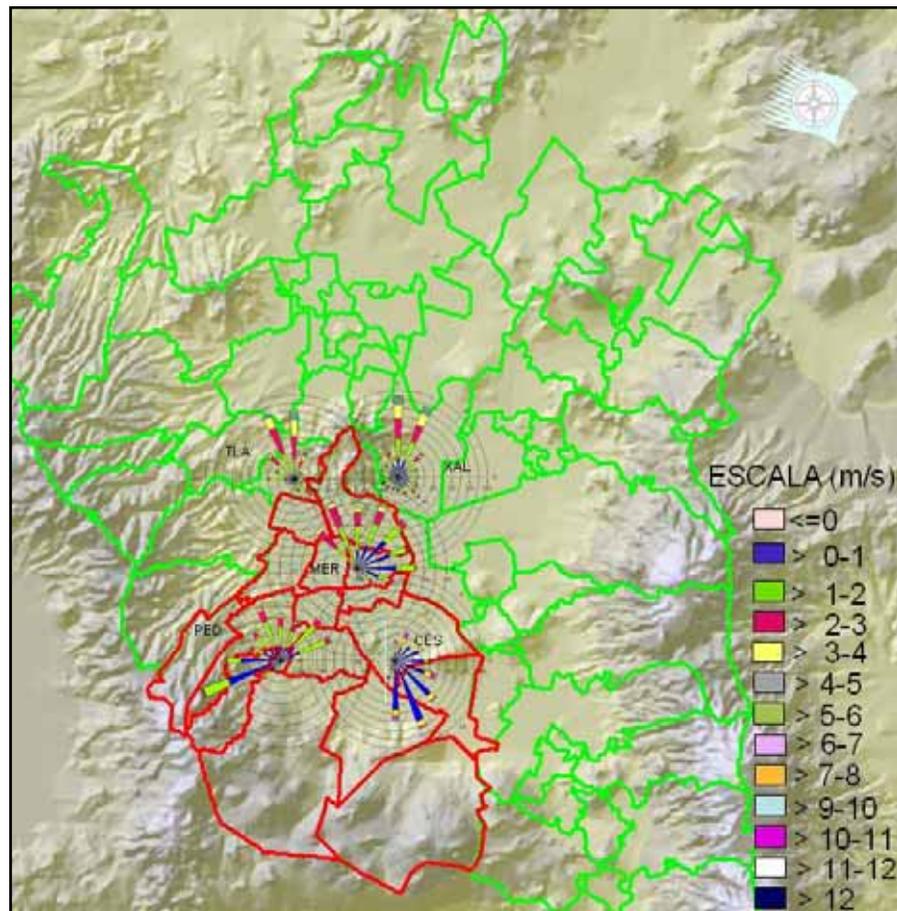


Figura 2.1.3 Rosas de viento promedio anual ZMVM, 2006



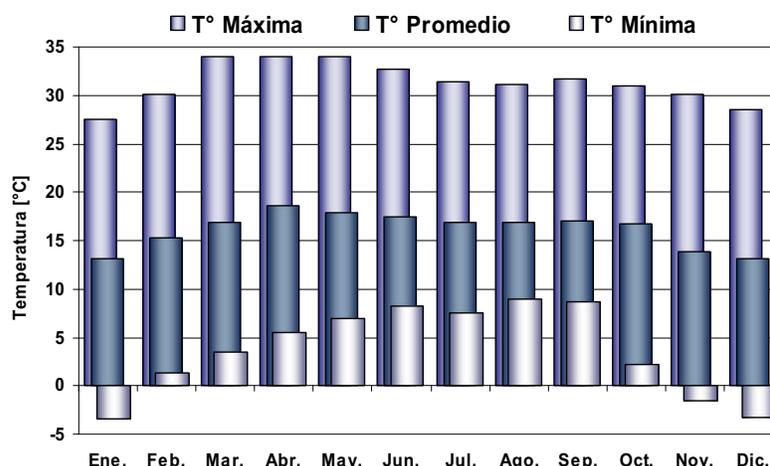
La Figura 2.1.3 muestra las rosas de viento con datos promedio de 5 estaciones meteorológicas de la Red Meteorológica en el año 2006. Al centro de la ZMVM (Tlalnepantla-TLA, Xalostoc-XAL, Merced-MER), se observa una dirección de viento variable, sin embargo, la componente principal es del norte. Así mismo, las velocidades de viento en esta zona, llegan a alcanzar los 6 m/s en su componente principal. En las estaciones del sur, como la del Cerro de la Estrella (CES), los vientos dominantes provienen del sureste y en el caso del Pedregal (PED), la dirección predominante es del suroeste. La velocidad del viento de dichas estaciones, se mantuvieron en el rango de 1-4 m/s.

En cuanto a la dispersión vertical del viento a través del día, prevalece la dirección del norte en las horas de la mañana, con baja velocidad; se va incrementando a lo largo del día y presenta los máximos en la tarde. Después de medio día y durante las siguientes tres horas, la dirección del viento comienza a ser más variable, coincidiendo con la máxima altura de la capa de mezclado, dicha mezcla es producida por el calor almacenado en las capas inferiores.

### **Temperaturas e inversiones térmicas en el Valle de México**

Normalmente en la ZMVM, la temperatura máxima, mínima y promedio mensual tienden a presentar un patrón estacional como reflejo de la época del año; de esta manera, los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente, así mismo, los valores moderados se presentan durante la época de lluvias, cuando la formación de nubes es significativamente mayor y la insolación es interceptada por éstas.

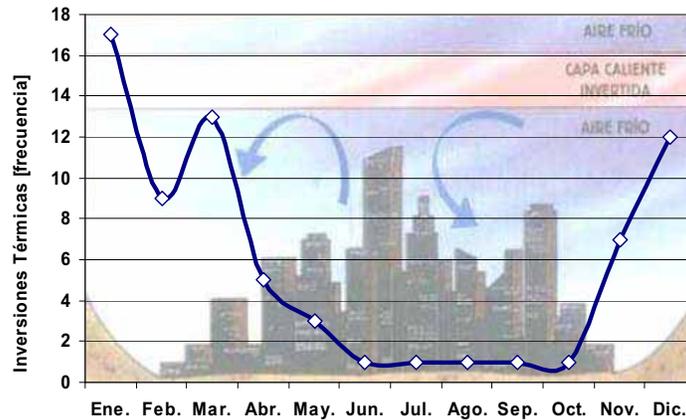
La gráfica de temperaturas muestra la variación mensual de la temperatura máxima, promedio y mínima mensual, durante el año 2006. Y como se mencionó anteriormente, se observa un patrón estacional a lo largo del año, en particular con las temperaturas mínimas en la época fría y con las máximas para la época seca.



**Gráfica 2.1.3 Temperatura máxima, mínima y promedio mensual, 2006**

Las inversiones térmicas se presentan con el aumento de la temperatura en ciertas capas de la atmósfera que frenan los movimientos del aire, puesto que el aire frío y denso de las capas bajas, no puede elevarse. Son sinónimo de estabilidad atmosférica de tipo temporal y por lo tanto, favorecen el estancamiento de las emisiones contaminantes.

En la ZMVM son de tipo radiativas, ocasionadas por la presencia de sistemas de alta presión, provocando cielo despejado durante la noche y la fuga de calor del suelo. Debido a esta fuga de calor durante la noche, las capas inferiores registrarán temperaturas más bajas y estancamiento de aire. En el año 2006, las inversiones térmicas se presentaron con mayor frecuencia en el mes de enero. Su origen, es el resultado de la posición geográfica y morfológica del Valle, asociado a los sistemas de alta presión, cuando se ubican hacia el norte del territorio en la época de invierno, ya que desplazan aire frío hacia el centro del país.

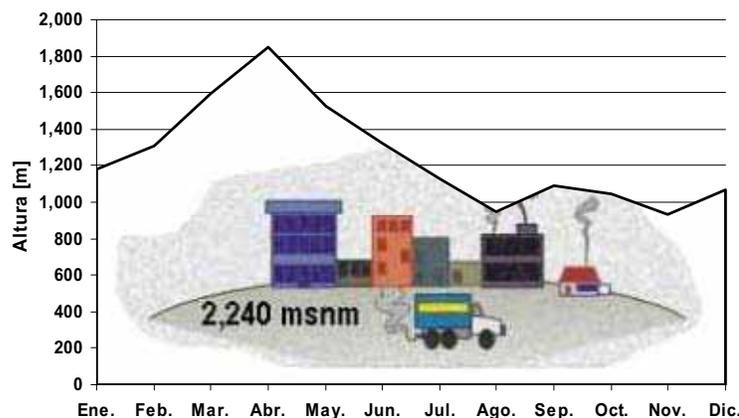


**Gráfica 2.1.4 Frecuencia de inversiones térmicas en el año 2006**

### Capa de mezclado

La capa de mezclado, por definición, es la región de la atmósfera en la cual se dispersan los contaminantes; su altura varía constantemente dependiendo de las condiciones de calentamiento del aire y de la velocidad del viento, por lo tanto, está en función de la estabilidad de la atmósfera. Al igual que muchas variables meteorológicas, la capa de mezclado presenta una evolución a través del día y a lo largo del año. El valor de este parámetro es muy importante, ya que nos da una idea del volumen de aire en el que se está llevando a cabo la mezcla de contaminantes, a causa de la turbulencia atmosférica en las capas bajas.

La Gráfica 2.1.5 muestra la altura promedio mensual de la capa de mezclado para el año 2006; se puede observar que desde marzo, hasta finales de mayo se alcanzan las alturas de mezclado más elevadas, presentando un máximo en el mes de abril; a partir de agosto se tienen las más bajas y cabe mencionar que la mínima se presentó en el mes de noviembre.



**Gráfica 2.1.5 Altura promedio mensual de la capa de mezclado del año 2006**



En cuanto a la dispersión vertical a través del día, se menciona que la capa de mezclado de la ZMVM no presenta un comportamiento típico como en otros lugares, donde la altura máxima ocurre pocas horas después de la salida del sol (Arya, 2001 en E. Velasco, C. Márquez, *et al*, 2007), sino que el máximo ocurre tres o cuatro horas después del mediodía (A. Soler, 2007<sup>7</sup>).

## 2.2 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

### 2.2.1 Población

En las últimas dos décadas, el país ha experimentado un importante proceso de reestructuración, el cual ha modificado las tendencias tanto de la distribución territorial de las actividades económicas como de la población. No obstante a dichas tendencias, el patrón de distribución territorial de la población continúa siendo polarizado: se mantiene una alta concentración de población en un número reducido de ciudades, y presenta una gran dispersión de la población en miles de localidades pequeñas (CONAPO, 2001<sup>8</sup>).

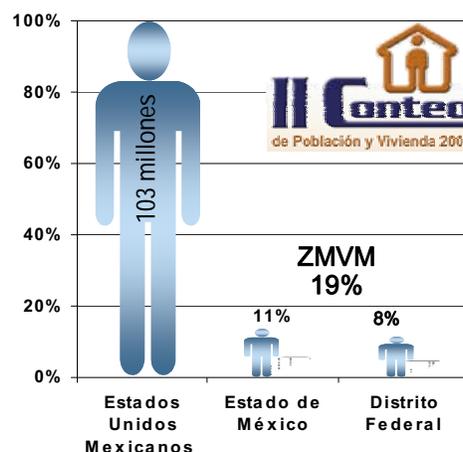


Figura 2.2.1 Población de la ZMVM por entidad

La ZMVM es el principal escenario económico y social del país y lo será al menos, por unos años más, pues cabe mencionar que el Estado de México es la entidad más poblada, seguida por el Distrito Federal. Así mismo, la alta densidad de población y concentración de actividades productivas, implica la presencia de factores de presión ambiental y es, por tanto, un ecosistema crucial para la sustentabilidad.

Según datos del II Censo de Población y Vivienda 2005, la ZMVM registró para este año, alrededor de 20 millones de habitantes, cifra que representa el 19% del total nacional. De ellos, el 44% vive en las 16 delegaciones del DF, el 56% en los 59 municipios del Estado de México. Además, cabe mencionar que más de la mitad de la población de la ZMVM, vive aglutinada en 5 delegaciones del Distrito Federal y 5 municipios del Estado de México.

La población del Estado de México presentó una tasa de crecimiento media anual del 1.19% durante el período 2000-2005<sup>9</sup>, en el quinquenio anterior la tasa fue del 2.66%. En lo que se refiere al Distrito Federal, dicha población creció a una tasa media anual de 0.24%, cuando cinco años antes fue de 0.32%.

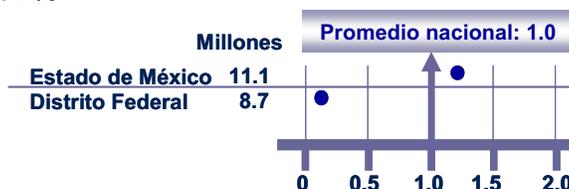


Figura 2.2.2 Tasa de crecimiento poblacional de la ZMVM 2000-2005

7 Subdirección de Meteorología de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

8 CONAPO, 2001. La distribución territorial de la población en México.

9 Boletín Metrópoli 2025. Nov. 2006. <http://www.metropli.org.mx>. Con datos de INEGI.

## 2.2.2 Vivienda

La vivienda tiene un lugar relevante en el desarrollo urbano de la ciudad, constituye uno de los principales satisfactores sociales, capaz de promover el crecimiento económico, pero sobre todo, es uno de los bienes fundamentales del desarrollo social, no se entiende la vida de una persona si no tiene acceso a una vivienda digna. Según el II Censo de Población y Vivienda 2005, hay más de 24 millones de viviendas particulares a nivel nacional, de éstas, el 19% se concentra en la ZMVM. De las viviendas de la ZMVM, que son aproximadamente cinco millones, el 52% se ubica en los municipios conurbados del Estado de México.



Figura 2.2.3 Tasa de crecimiento de la vivienda en la ZMVM 2000-2005

En promedio, de las viviendas ubicadas en la ZMVM, aproximadamente el 98% cuenta con electricidad, el 96% tiene agua entubada y un 94% con drenaje. En general las condiciones de vivienda de las ZMVM son mejores a los promedios nacionales y en particular, el Distrito Federal presenta mayor nivel de equipamiento que las viviendas del Estado de México. Ver Figura 2.2.4.

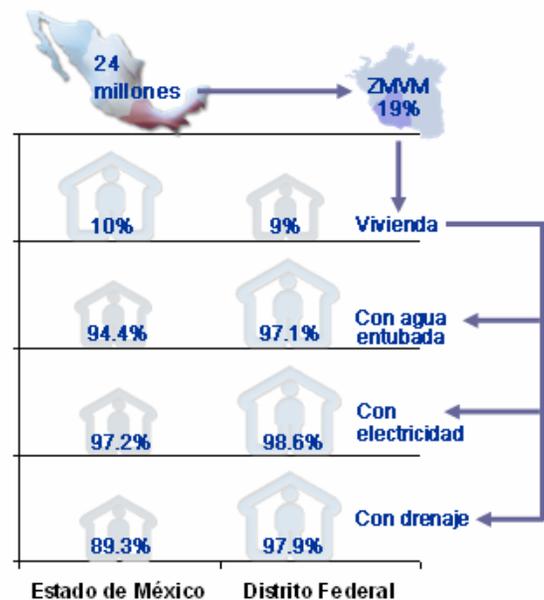


Figura 2.2.4 Nivel de equipamiento de viviendas por entidad en la ZMVM

## 2.2.3 Industria

De acuerdo al Censo Económico 2004 realizado por el INEGI<sup>10</sup>, existen más de 328 mil industrias manufactureras a nivel nacional, y el 16% se encuentra ubicado en la ZMVM, principalmente en grandes parques industriales.

En el Distrito Federal existen 28,025 establecimientos del sector manufacturero, por lo cual, ocupa el segundo lugar a nivel nacional. El subsector correspondiente a la producción de alimentos, bebidas y tabaco, es el giro de mayor representación con un 36%, le siguen las manufacturas de productos metálicos con el 23% y la producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales con el 15%.

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.



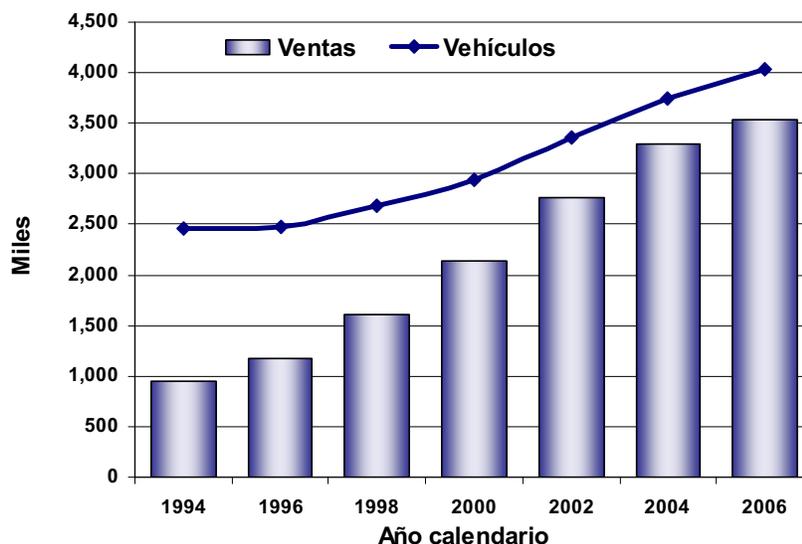
El comportamiento que tiene la industria manufacturera a nivel delegacional, es que sólo cuatro delegaciones concentran el 53% de las manufacturas (Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero e Iztacalco).

Estadísticamente en 13 de las 16 delegaciones predomina la manufactura de productos alimenticios, bebidas y tabaco. Para el caso de las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez predomina la producción de productos de papel, imprentas y editoriales, y para la delegación Azcapotzalco la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo. En las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, la producción de alimentos, bebidas y tabaco. Finalmente de acuerdo con el tamaño de la industria, los establecimientos manufactureros ubicados en el Distrito Federal se distribuyen de la siguiente manera: el 92% corresponde a la industria micro, el 5 % a la pequeña, el 2.6% a la mediana y sólo el 0.4% a la industria grande.<sup>11</sup>

En el caso del Estado de México, la actividad industrial se concentra en los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan y Ecatepec; los principales subsectores son: productos alimenticios, bebidas y tabaco, seguido de los productos metálicos, maquinaria y equipo. Además, en esta entidad se encuentran ubicadas las plantas generadoras de energía eléctrica.

## 2.2.4 Transporte

Debido al crecimiento poblacional de la ZMVM, la mancha urbana ha seguido creciendo en forma horizontal sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Asimismo, la falta de un transporte público metropolitano masivo y eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente (ver Gráfica 2.2.1).



**Gráfica 2.2.1 Crecimiento de la flota vehicular en circulación y ventas acumuladas de autos**

Por otro lado, los autos particulares en el año 2006, representan el 80% de las unidades destinadas al transporte de personas y sólo captan cerca del 20% de los viajes por persona

<sup>11</sup> Gestión Ambiental de Aire en el Distrito Federal 2000-2006 SMA-GDF 2006.

por día que se realizan en la ZMVM, en contraste con las combis y microbuses que representan menos del 2% y en ellos se realizan cerca del 60% de los viajes por persona por día. Ver Tabla 2.2.1.

**Tabla 2.2.1 Vehículos destinados al transporte de pasajeros y viajes-persona-día**

Tipo de Vehículo	Vehículo para el transporte de personas		Porcentaje de Viajes- persona - día*
	Número	%	%
Autos particulares	2,967,893	93.6	19.9
Taxis <sup>1</sup>	118,634	3.7	4.4
Combis	19,485	0.6	58.6
Microbuses	33,051	1.0	
Autobuses	32,565	1.0	1.9
<b>Total</b>	<b>3,171,628</b>	<b>100.0</b>	<b>84.8**</b>

Fuente: Elaborada con datos de SETRAVI y PVVO.

\*Porcentaje de viajes de 1998

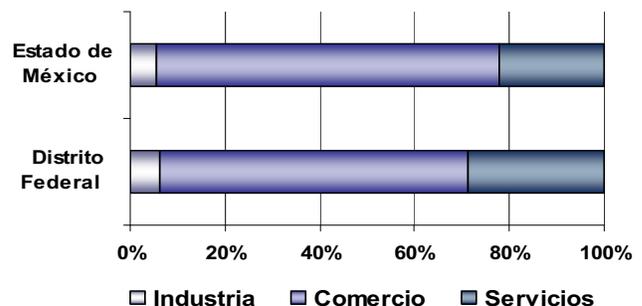
\*\*El metro, tren ligero y trolebuses representan el 15.2% faltante

## 2.2.5 Servicios

Las actividades de servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional y se han concentrado en regiones, como en la Zona Metropolitana del Valle de México. Parte de su explicación proviene de los flujos migratorios campo-ciudad y ciudad-ciudad, entre cuyos destinos está el de la ZMVM que continúa siendo un polo de atracción, aunque con menos fuerza que en décadas anteriores. Asimismo, debe destacarse la débil capacidad de respuesta de las actividades industriales para absorber la sobreoferta de mano de obra. El resultado entonces, viene siendo la terciarización de esta economía urbana y con un gran sector informal en constante crecimiento, en el cual no hay prestaciones salariales, ni contribuciones fiscales.

A diferencia de los procesos industriales, en el caso específico de la ZMVM, la importancia de los servicios radica no sólo en su dimensión y lo caprichoso de la diversificación de su oferta, sino también en los impactos ambientales que pueden derivarse de dichas actividades. Los patrones de consumo, en su caso, están determinando la intensidad a la que se somete el aprovechamiento de los recursos naturales y los volúmenes y grado de contaminación. Con base en información del SIEM (Sistema Empresarial Mexicano<sup>12</sup>, 2007), la ZMVM concentra aproximadamente 200 mil establecimientos registrados, de los cuales el 94% se dedica al comercio y servicios; además, el 93% de ellos se ubican como micro empresas.

La participación de la ZMVM al PIB nacional es muy significativa, debido al tamaño y cantidad de actividades comerciales y de servicios que concentra, al ser la metrópoli más importante del sistema urbano nacional, y cabe mencionar que generó el 31%<sup>13</sup> del PIB del país.



**Gráfica 2.2.2 Establecimientos registrados en el SIEM para la ZMVM**

12 <http://www.siem.gob.mx/portalsiem/>

13 INEGI, 2007. Participación porcentual al PIB.

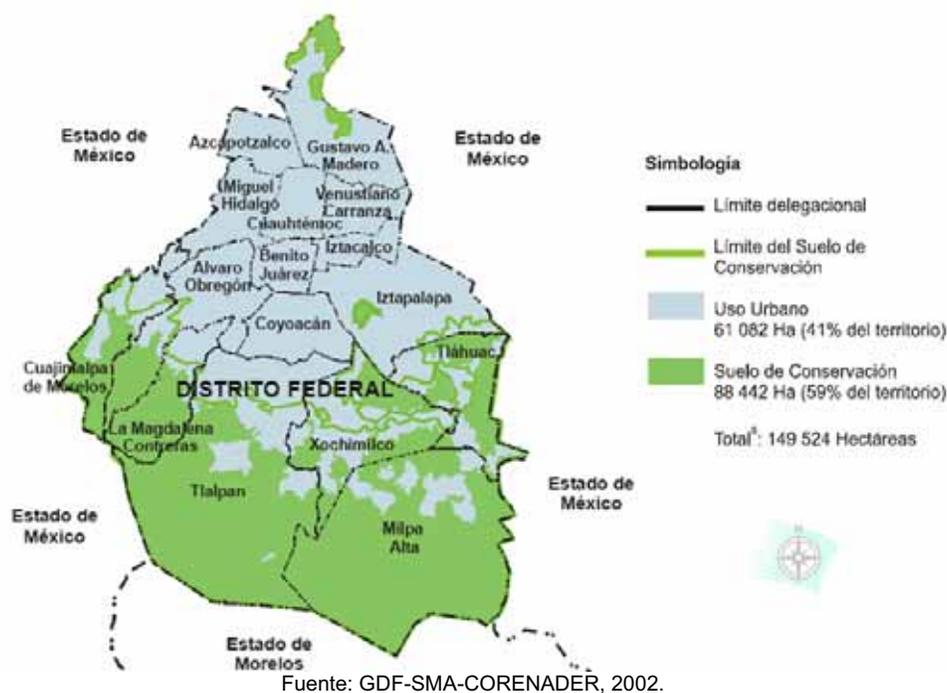


## 2.2.6 Uso de suelo y vegetación

Estudios importantes respecto a la flora en la ZMVM, revelan que se identificaron 1,500 especies de plantas vasculares aproximadamente. Actualmente se presentan 7 tipos de vegetación que responden a los climas templado frío y semiárido, estos tipos de vegetación forman parte, principalmente, de las zonas de conservación y son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, asociaciones de matorral, asociaciones de pastizal, agrupaciones halófilas y vegetación acuática. Mientras que en la zona urbana, la vegetación original se encuentra modificada o incluso ha desaparecido.

Los usos del suelo que predominan en la ZMVM, se pueden clasificar en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y zona urbana. En particular, con respecto a la agricultura, las tierras de temporal son las que ocupan mayor superficie y se localizan desde las llanuras hasta las altas sierras.

El Suelo de Conservación Ecológica del Distrito Federal está definido y caracterizado en el Programa General de Desarrollo Urbano y los Programas Delegacionales; la Declaratoria determina la línea limítrofe entre el área de desarrollo urbano y el área de conservación ecológica, el destino de su zona de protección y los usos y destinos para el área de conservación ecológica y para los poblados del Distrito Federal. De acuerdo con éstos, cubre una superficie de 88,442 hectáreas. (INEGI, 2002).



**Figura 2.2.5 Uso de Suelo del Distrito Federal**

La superficie del suelo de conservación constituye poco más del 59% de la superficie total del Distrito Federal, limitando al norte, este y oeste con el Estado de México y al sur con Morelos. Lo compone principalmente el área rural del Distrito Federal en su región sur y surponiente; se localiza en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, así como una pequeña área al norte de la Ciudad de México en la delegación Gustavo A. Madero.

## 2.2.7 Actividad Agropecuaria

Dentro del Distrito Federal esta actividad se concentra principalmente en las delegaciones Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac, aunque abarca extensiones menores en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos y La Magdalena Contreras. Existen poco más de 30,000 hectáreas de uso agrícola y 8,000 hectáreas de pastizales. En dicha superficie, laboran alrededor de 40,000 campesinos dedicados a actividades agrícolas, pecuarias y agroindustria (INEGI, 2002).

La Zona Metropolitana del Valle de México cuenta con 4,184<sup>14</sup> km<sup>2</sup> de suelo destinado a la agricultura (430 km<sup>2</sup> en el Distrito Federal y 3,754 km<sup>2</sup> en el Estado de México), generalmente se producen bienes de consumo familiar, no obstante, algunos cultivos representan una fuente significativa de ingresos, como es el caso de Milpa Alta, en donde el volumen de producción de nopal tiene asegurado un mercado amplio y suficiente. En el suelo agrícola se siembran principalmente cultivos de temporal (avena forrajera y el maíz principalmente), así como cultivos permanentes, entre los que destaca el nopal y los frutales.

La obtención de los diferentes productos pecuarios se caracteriza por su proclividad hacia la explotación extensiva, así como el predominio de los animales de traspatio, destinados preferentemente al autoconsumo. Esta actividad se observa especialmente en las delegaciones con mayor tradición agropecuaria como son Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta.

Así mismo, es importante destacar que en la ZMVM, la especie animal mayoritaria es el ave de corral, existiendo también la cría de cerdos, ovejas y borregos; debido a su capacidad de adaptación y desarrollo en espacios reducidos, la explotación de porcinos está presente en casi todas las áreas rurales mismas que se han convertido en las áreas habitacionales periféricas de bajos ingresos que no son ni urbanas ni rurales; se trata más bien de espacios degradados tanto para la producción agrícola como para un razonable uso habitacional.

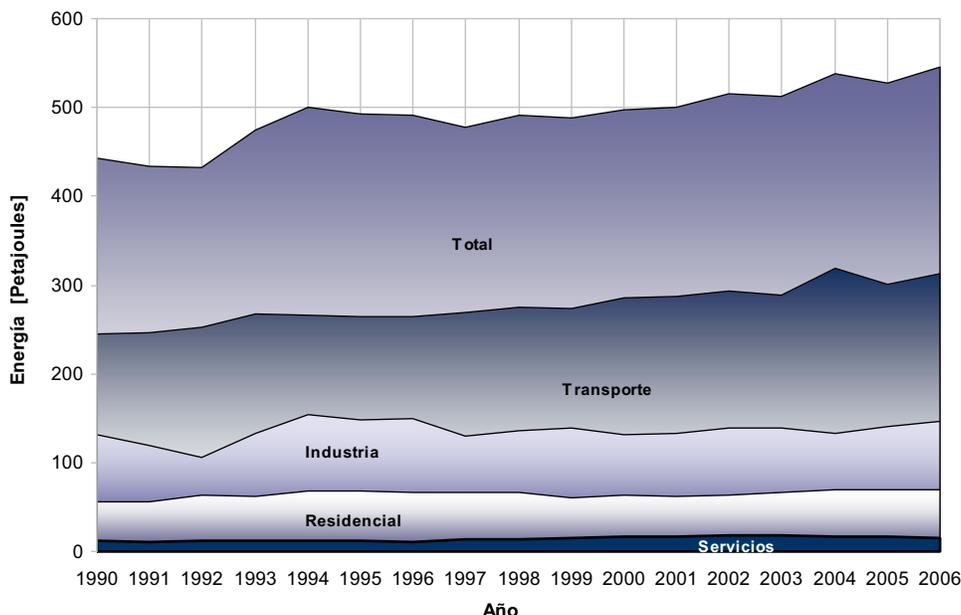
## 2.3 CONSUMO ENERGÉTICO

A continuación, el consumo energético de la ZMVM presenta las estadísticas del destino de la energía primaria, es decir, nos da un panorama de la oferta y demanda de la energía, desde 1990 al año 2006. La energía destinada al consumo final de la ZMVM para el año 2006, se contabilizó en 545 PJ, con un ligero aumento del 1% con respecto al Inventario de Emisiones 2004.

Los sectores más importantes por su demanda de energía en el periodo, es el sector transporte, el cual ha tenido una participación promedio de 57% del consumo energético, así como el sector industrial con 27% (ver Tabla y Gráfica 2.3.1). El incremento en el consumo por parte del sector transporte es un reflejo del constante crecimiento de la flota vehicular, sin embargo, el resto de los sectores se han mantenido relativamente constantes, excepto el caso del sector residencial, el cual ha presentado una ligera disminución, atribuida esencialmente al uso de electrodomésticos, en particular calentadores y estufas de encendido electrónico.

---

14 Con información cartográfica del Inventario Nacional Forestal, 2000



**Gráfica 2.3.1 Consumo energético histórico por sector, ZMVM 1990 -2006**

**Tabla 2.3.1 Consumo energético histórico de la ZMVM, 1990-2006**

Año	Consumo total [Petajoules]	Consumo [%]			
		Transporte	Industria	Residencial	Servicios
1990	443	55.2	29.6	12.7	2.6
1991	433	56.9	27.5	13.0	2.6
1992	433	58.2	24.3	14.7	2.8
1993	475	56.5	28.0	13.1	2.5
1994	501	53.0	30.8	13.7	2.5
1995	493	53.8	30.0	13.8	2.5
1996	491	53.8	30.3	13.5	2.3
1997	478	56.3	27.1	13.8	2.8
1998	491	56.0	27.7	13.5	2.8
1999	488	56.1	28.4	12.5	3.0
2000	497	57.5	26.4	12.9	3.2
2001	500	57.6	26.6	12.4	3.4
2002	515	57.0	27.1	12.2	3.7
2003	513	56.3	27.1	13.1	3.5
2004	539	59.1	24.7	13.0	3.1
2005	527	56.9	26.7	13.2	3.1
2006	545	57.3	27.0	12.8	2.9

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Refinación Gas y Petroquímica y SENER.

El consumo promedio diario de los combustibles en la ZMVM para el año 2006, se estimó en 306 mil barriles equivalentes de gasolina; es decir 49 millones de litros por día.

En la Tabla 2.3.2 se presenta el consumo por tipo de combustible y se observa que la demanda energética de la ZMVM es cubierta principalmente por gasolina la cual representó el 43% de la demanda.

En segundo lugar se tiene al gas natural, el cual participó con el 24%, es importante mencionar que el consumo de gas natural es abundante, debido a que produce 6 MJ por barril, a diferencia de los demás combustibles, que generan alrededor de 5,000 MJ por barril de combustible.

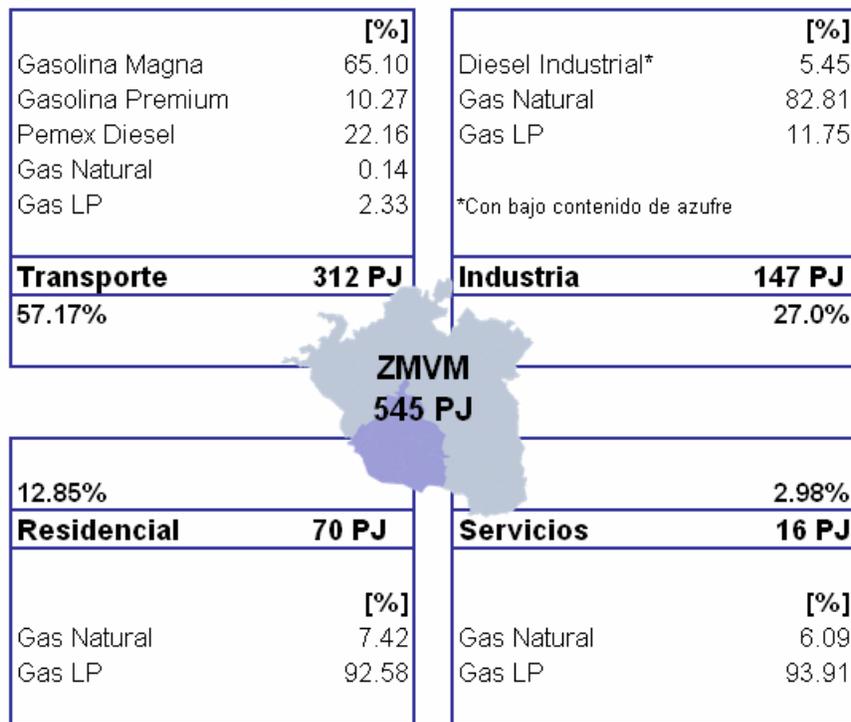
**Tabla 2.3.2 Consumo energético por tipo de combustible en la ZMVM, 2006**

Tipo de combustible	Consumo anual [millones de barriles]	Energía disponible	
		[PJ]	[%]
Gasolina Premium	6.6	32.0	5.9
Gasolina Magna	41.6	202.8	37.2
Diesel Industrial bajo Azufre	1.5	8.0	1.5
PEMEX Diesel	12.7	69.0	12.7
Gas Natural	21,204.3	128.5	23.6
Gas LP	27.8	104.6	19.2
<b>Total ZMVM</b>	<b>21,294</b>	<b>545</b>	<b>100</b>

Nota: No incluye turbosina, ya que la mayoría se consume fuera de la ZMVM Y por arriba de la altura de capa de mezclado.

Los sectores más importantes por su demanda de energía es: el sector transporte, el cual tuvo una participación del 57% del consumo energético total, teniendo a la gasolina como el principal combustible utilizado; mientras que el sector industrial consumió el 27%, utilizando en su mayoría gas natural.

Para satisfacer los requerimientos de cocción, iluminación, calentamiento, uso comercial y de servicios, la ZMVM utilizó gas licuado de petróleo y gas natural, sin embargo, los principales requerimientos los cubrió el GLP con una participación del 93% y 94% del consumo en el sector residencial y de servicios, respectivamente.



**Gráfica 2.3.2 Demanda de energía por sector, ZMVM 2006**

---

### **3. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVM**

---



Los inventarios de emisiones que se han elaborado para la Zona Metropolitana del Valle de México han mejorado en su calidad, actualmente, incluyen, además de la cuantificación desagregada de las emisiones por tipo de fuente, categoría o subsector, la variación temporal y distribución espacial de las emisiones contaminantes. Con estos inventarios, es posible clasificar de forma más precisa a los sectores de mayor contribución por tipo de contaminante, e identificar a las fuentes en las cuales deben aplicarse medidas de control y/o reducción de emisiones contaminantes.

## 3.1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

Para contar con un análisis más detallado del comportamiento de las emisiones que se generan en la ZMVM y tener los insumos necesarios para desarrollar escenarios de emisiones para analizar mediante la utilización de modelos fotoquímicos los impactos posibles en la calidad del aire, se realizó su distribución temporal y espacial. Con esta información se conoce la cantidad de contaminantes liberados cada día, cada hora, así como la localización puntual de las fuentes o zonas donde se generan las emisiones.

### 3.1.1 Distribución temporal diaria

Se realizó la distribución de las emisiones semanales diferenciando las emisiones de un día hábil (lunes a viernes), las del día sábado y las del día domingo. En la Tabla 3.1.1, podemos observar que las emisiones de casi todos los contaminantes en un día sábado son ligeramente mayores a las de un día hábil y a las del domingo, sólo para el caso de las emisiones de partículas menores a 10 micras y el bióxido de azufre, las emisiones de un día hábil y las del sábado son iguales, pero mayores a las del domingo.

**Tabla 3.1.1 Inventario de emisiones por día de la semana de la ZMVM, 2006**

Contaminante		Emisiones [ton/semana]	Emisiones [ton/día]		
			Día hábil	Sábado	Domingo
Partículas menores a 10 micras	<b>PM<sub>10</sub></b>	424	61	61	59
Partículas menores a 2.5 micras	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	113	16	17	16
Bióxido de azufre	<b>SO<sub>2</sub></b>	133	19	19	18
Monóxido de carbono	<b>CO</b>	38,248	5,435	5,806	5,268
Óxidos de nitrógeno	<b>NO<sub>x</sub></b>	3,743	534	560	513
Compuestos orgánicos volátiles	<b>COV</b>	10,884	1,561	1,574	1,506

Nota: No se incluyen las emisiones de los incendios forestales y estructurales, así como las emisiones de partículas de la erosión eólica del suelo.

### 3.1.2 Distribución temporal horaria

La distribución temporal horaria, permitió conocer el comportamiento de los contaminantes a través del día. Debido a que los contaminantes no se emiten homogéneamente durante todas las horas del día, en la Tabla 3.1.2, se observa la distribución horaria promedio de los contaminantes de mayor importancia, durante un día hábil.

Tabla 3.1.2 Inventario de emisiones horario promedio del año 2006, ZMVM

Hora	Emisiones [ton/hora]					
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV
0	1.4	0.3	0.5	107.7	11.2	25.9
1	1.2	0.3	0.4	83.6	9.1	23.3
2	1.1	0.3	0.4	72.8	8.2	21.6
3	1.0	0.3	0.4	69.9	7.9	21.2
4	1.1	0.3	0.4	78.0	8.6	21.5
5	1.6	0.4	0.5	136.3	13.8	35.8
6	2.6	0.7	0.6	239.4	22.6	51.4
7	2.9	0.8	0.8	256.3	25.2	60.6
8	3.1	0.8	0.9	268.7	26.4	65.3
9	3.3	0.9	1.0	290.8	28.7	82.6
10	3.4	0.9	1.0	300.2	29.3	95.2
11	3.4	0.9	1.0	300.0	29.3	112.8
12	3.3	0.9	1.0	296.5	29.2	118.2
13	3.2	0.9	1.0	285.3	28.4	123.0
14	3.1	0.9	1.0	277.4	27.7	117.4
15	3.1	0.8	1.0	270.7	26.8	99.5
16	2.9	0.8	0.9	270.2	26.6	85.8
17	3.0	0.8	0.9	278.9	26.8	80.5
18	2.9	0.8	0.9	276.7	26.6	74.3
19	2.9	0.8	0.9	276.3	26.4	57.1
20	2.9	0.8	0.9	272.7	26.2	53.6
21	2.9	0.8	0.9	277.5	26.4	51.3
22	2.6	0.8	0.8	260.6	24.5	46.6
23	2.0	0.5	0.7	188.2	18.1	35.9
<b>Total al día</b>	<b>61</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>5,435</b>	<b>534</b>	<b>1,561</b>

Nota: No se incluyen las emisiones de los incendios forestales y estructurales, así como las emisiones de partículas de la erosión eólica del suelo.

En la Gráfica 3.1.1, se observa que las tendencias de las emisiones horarias de los contaminantes son similares entre si, debido a la influencia que tienen las fuentes móviles sobre ellos; éstas comienzan a incrementarse desde las 6:00 A.M. y los máximos se presentan alrededor de las 11:00 horas, excepto en el caso de los COV, donde las principales contribuciones están dadas por las fuentes de área y su emisión máxima se presenta entre las 12:00 y las 13:00 horas.

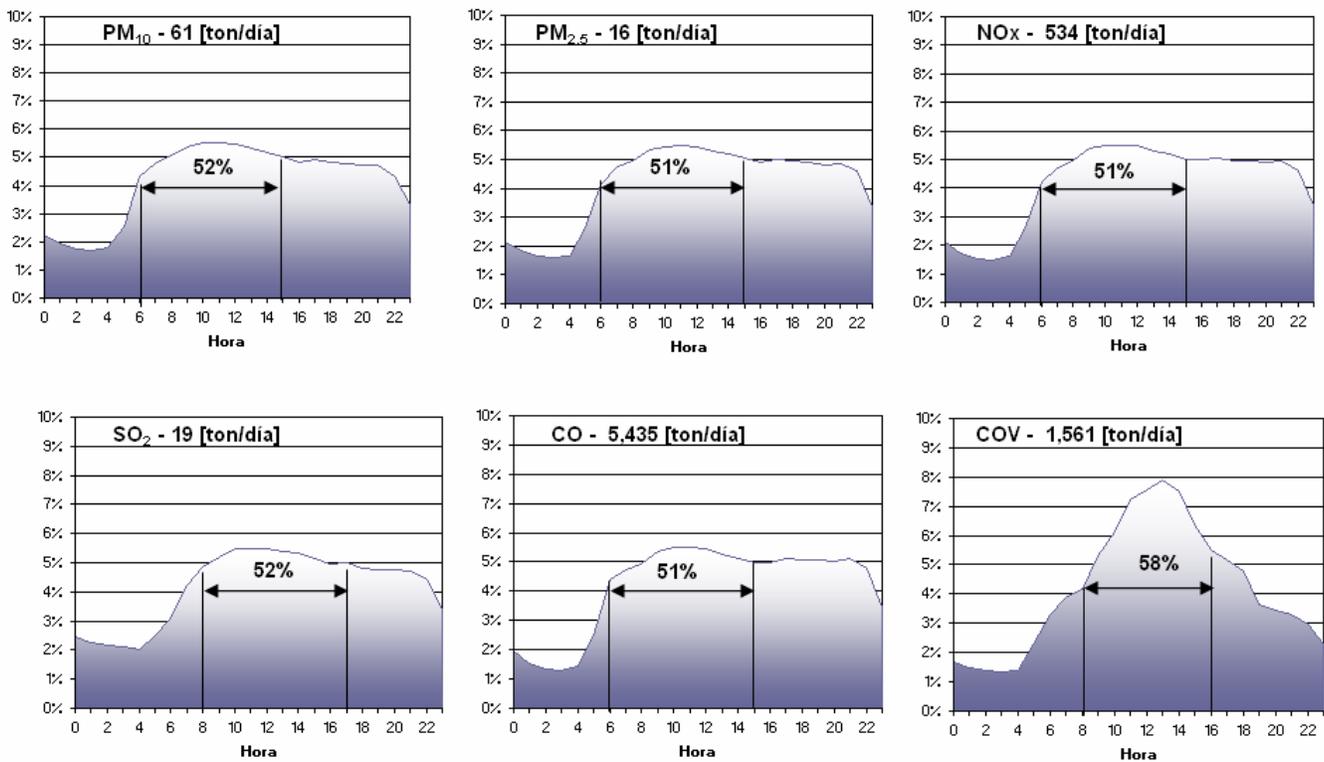
Después de las 9:00 horas, la tendencia de la contribución total horaria disminuye ligeramente y se mantiene con poca variación hasta las 21 horas, posteriormente decrece rápidamente a partir de las 10:00 P.M.

Un comportamiento similar se tiene al analizar las estadísticas publicadas por la SETRAVI<sup>1</sup>, donde aproximadamente el 33% de los viajes inician de las 6:00 a las 9:00 A.M., dando lugar a que las emisiones se incrementen a partir de las 6 de la mañana. Las emisiones comienzan a disminuir a partir de las 22:00 horas, después de que gran parte de la población ha regresado a sus hogares.

Por otro lado, las mediciones de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, realizadas durante las campañas MCMA 2002-2003<sup>2</sup>, indican que éstas se incrementan a partir de las 6:00 A.M. y los máximos se presentan antes de que la capa de mezclado comience a elevarse.

<sup>1</sup> Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006. Ver distribución horaria de Fuentes Móviles.

<sup>2</sup> Campañas de medición de concentración de COV en la ZMVM, 2002-2003 y reportadas en E. Velasco, B. Lamb *et al*, 2007.



**Gráfica 3.1.1 Emisiones horarias de la ZMVM por contaminante, 2006**

### 3.1.3 Distribución diaria por temporada climática

Debido a que las emisiones difieren entre los días del año, en la Tabla 3.1.3 se presenta el promedio diario de las emisiones por cada temporada climática, en ella se observa que las emisiones presentan un comportamiento diferente dependiendo del contaminante.

Tomando los valores más bajos y los más altos, se tiene que las emisiones de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> difieren en cerca del 14% y 5% respectivamente, los demás contaminantes entre el 1% y el 3%. En la temporada seca fría (noviembre a febrero) se emiten las mayores emisiones promedio diarias de partículas, CO y NO<sub>x</sub>, en el caso del SO<sub>2</sub> y COV, la mayor emisión se presenta en la temporada seca caliente (marzo a mayo); lo anterior como reflejo de las condiciones meteorológicas de cada temporada.

**Tabla 3.1.3 Inventario de emisiones diario por temporada climática de la ZMVM, 2006**

Temporada	Emisiones [ton/día]					
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV
Seca fría	70.0	17.6	18.6	5,545.0	535.6	1,546.3
Seca caliente	61.3	17.6	19.2	5,409.3	531.8	1,555.9
Lluvias	61.2	16.7	19.0	5,410.1	532.6	1,551.3

## 3.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Para diseñar Programas de Gestión de la Calidad del Aire de la ZMVM, se requiere contar con la distribución espacial de las emisiones, ya que esto permite identificar los sectores con mayor aporte de emisiones, ubicar las áreas de mayor atención, evaluar los sitios con problemas de la calidad del aire, diseñar las redes de monitoreo atmosférico, así como coadyuvar a la planeación del uso del suelo en el establecimiento, y/o reubicación de fuentes emisoras de contaminantes.

La distribución espacial de las emisiones anuales de los contaminantes, se realizó en una malla de 1km x 1km, donde se ubican 7,826 fuentes puntuales (2,809 de jurisdicción local y 5,017 de jurisdicción federal). Las fuentes de área se distribuyeron con base en los AGEBS<sup>3</sup>, y las fuentes móviles se localizaron sobre las principales calles y avenidas en dicha malla. Por último, las fuentes naturales se distribuyeron con respecto al uso de suelo y tipo de vegetación que se localiza en cada celda. Es importante mencionar que la distribución espacial de todas las fuentes contaminantes se realizó con cartografía digital<sup>4</sup> sobre de un sistema de información geográfica. La distribución espacial de contaminantes criterio se muestra en los Mapas 3.2.1 a 3.2.8.

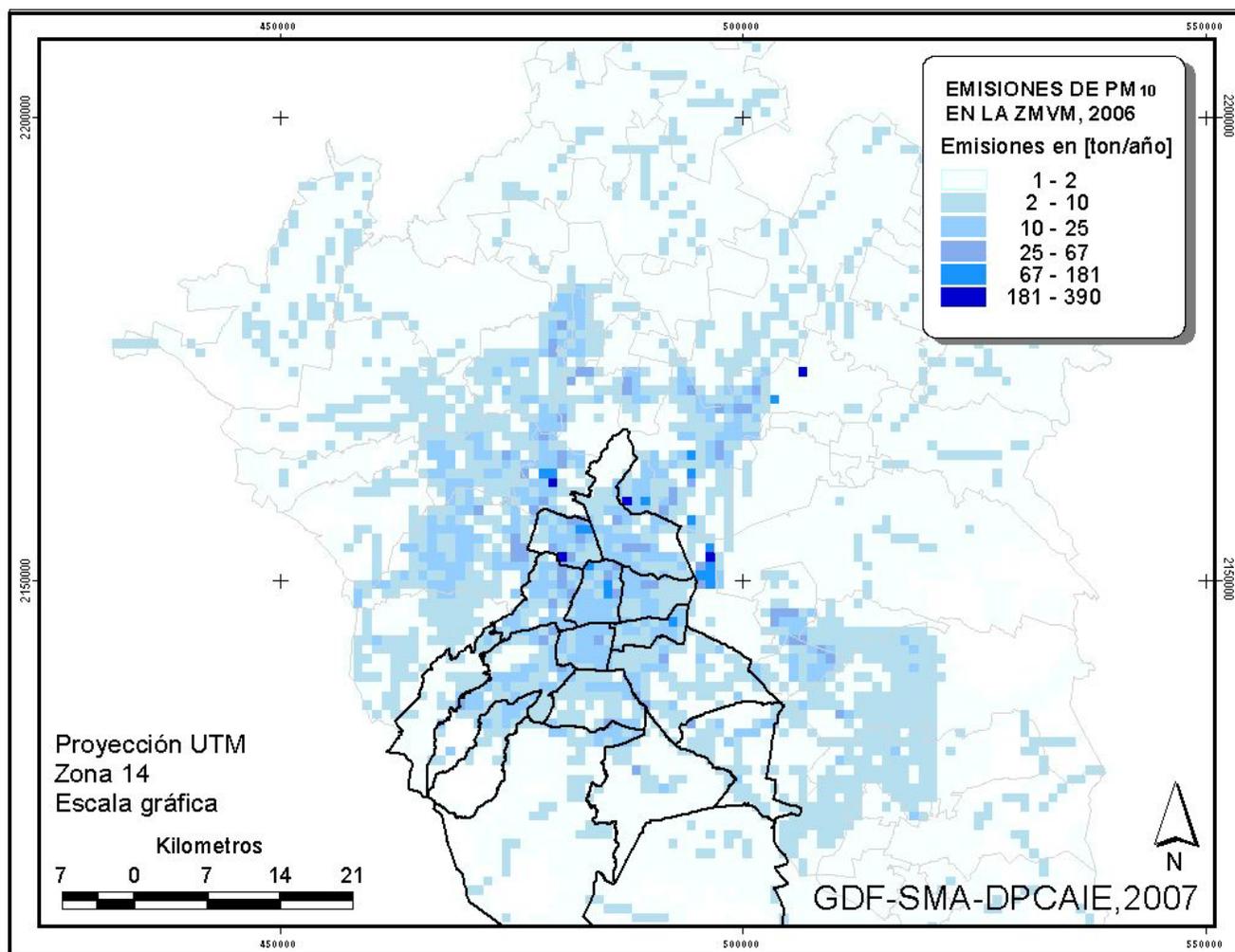
La distribución espacial de las emisiones de PM<sub>10</sub> que se presenta en el mapa 3.2.1, nos muestra que en la región central de la ZMVM, estas emisiones son generadas principalmente por las fuentes móviles y en la periferia por las vialidades sin pavimentar. Por otro lado, en municipios cercanos al norte del D.F. se tienen emisiones de origen industrial.

En el municipio de Tlalnepantla, donde se ubica un gran número de industrias, la fabricación de materiales para la construcción y la industria del hierro generan aproximadamente 400 toneladas de este contaminante al año. En el municipio de Ecatepec las emisiones más significativas son generadas por la fundición y moldeado de metales y en el municipio de Acolman por la generación de energía eléctrica.

---

3 Área Geoestadística Básica del INEGI

4 Cartografía digital de INEGI, SEMARNAT y cartografía creada en la propia Secretaría del Medio Ambiente del GDF.

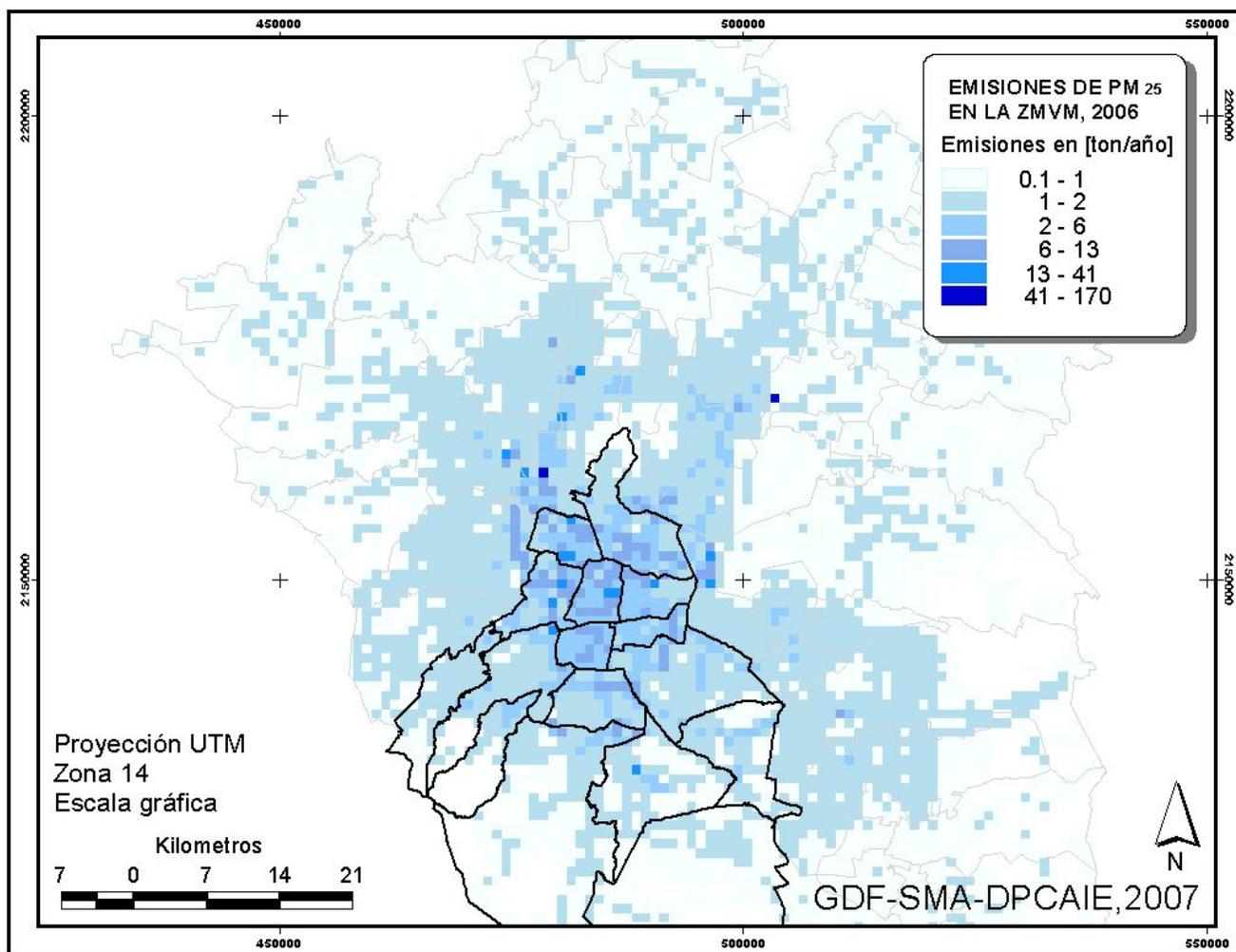


**Mapa 3.2.1 Distribución espacial de PM<sub>10</sub>**

Las delegaciones del centro y norte del D.F. presentan emisiones de PM<sub>10</sub> que pueden llegar hasta 80 toneladas al año, las cuales son generadas principalmente por la intensa actividad vehicular y en algunos casos, se conjunta con la actividad industrial; como sucede en las delegaciones de Azcapotzalco, Cuauhtémoc e Iztacalco, delegaciones en las que existe una gran variedad de giros industriales, como el del hierro y acero, fundición, textil y químico, así como el de la fabricación de materiales para la construcción, por mencionar los más contaminantes.

Como se mencionó anteriormente, las emisiones de las delegaciones del sur del Distrito Federal y municipios conurbados del Estado de México son generadas principalmente por las vialidades sin pavimentar, las cuales son abundantes en la periferia del área urbana.

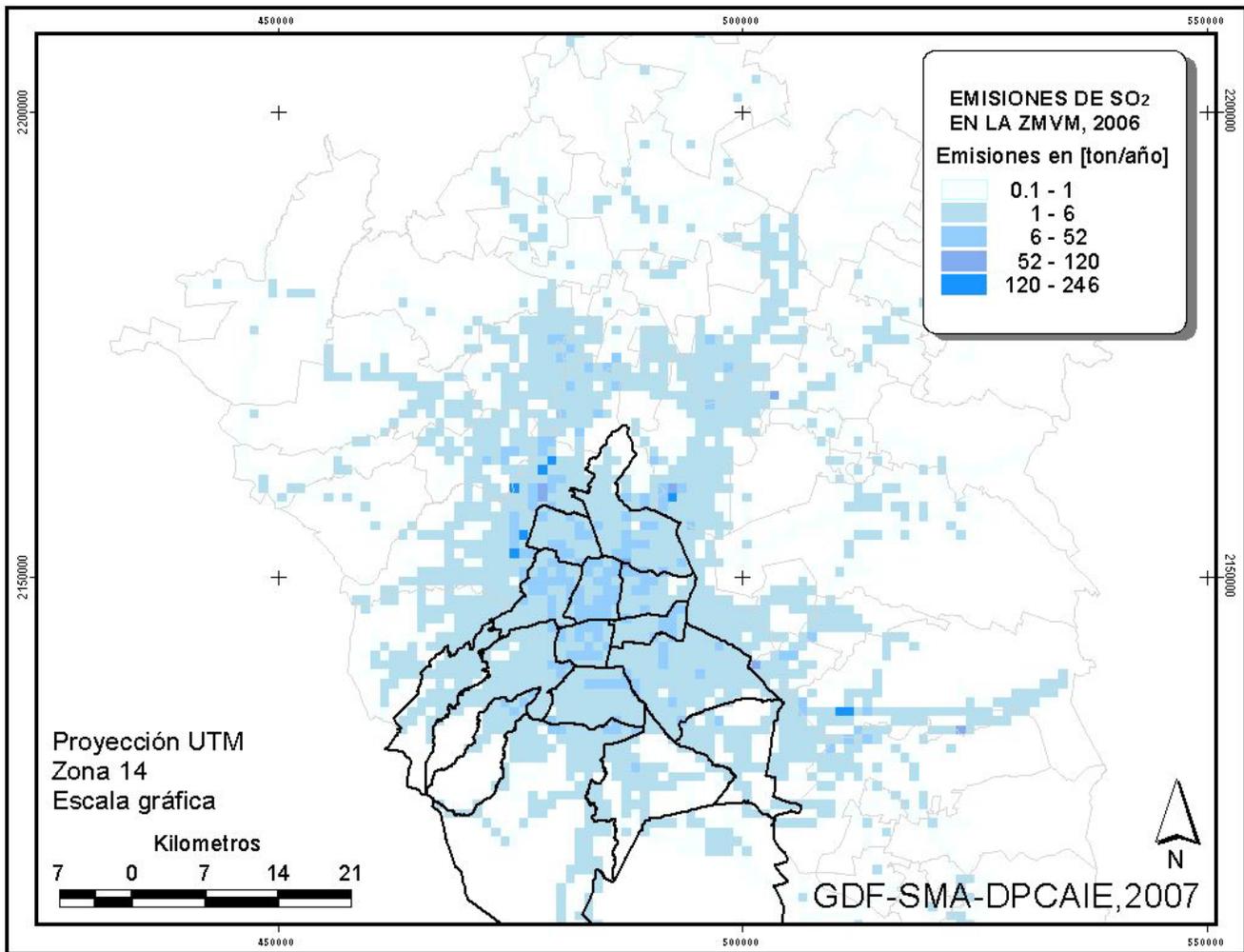
El patrón de distribución de las emisiones de partículas PM<sub>2.5</sub> (Mapa 3.2.2) es similar al de PM<sub>10</sub>, las emisiones del centro de la zona son debidas a las fuentes móviles; las zonas de alta emisión en municipios cercanos al norte del Distrito Federal corresponden a las fuentes puntuales, presentándose las emisiones más altas en Acolman y Tlalnepantla, debido a la generación de energía eléctrica y a la industria del hierro respectivamente.



**Mapa 3.2.2 Distribución espacial de PM<sub>2.5</sub>**

En lo que se refiere a las emisiones de SO<sub>2</sub>, en el Distrito Federal, las fuentes puntuales y las móviles son las que contribuyen en mayor proporción a la generación de este contaminante, dado que la zona urbana es la que presenta mayor afluencia vehicular. Esto se observa principalmente en las delegaciones del centro y norte del Distrito Federal y en menor proporción en la periferia, siguiendo el patrón de las vialidades principales.

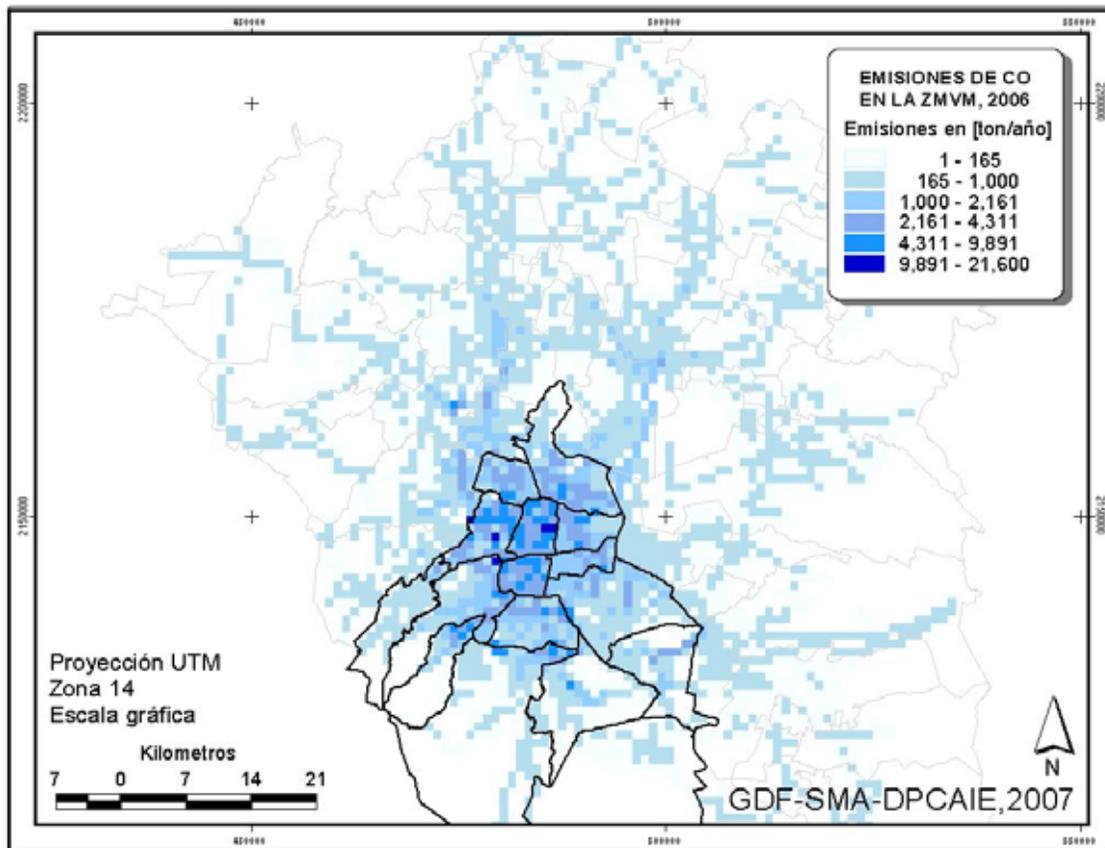
Los valores elevados en la Gustavo A. Madero y Miguel Hidalgo son debidos a la industria del hierro y acero, siendo unos de los principales sectores de generación de SO<sub>2</sub> en la ZMVM (Mapa 3.2.3). En el Estado de México, las altas emisiones de SO<sub>2</sub>, se atribuyen a la actividad industrial de algunas zonas; en los municipios de La Paz e Ixtapaluca, el SO<sub>2</sub> es producido por la industria del papel y de la madera principalmente, a diferencia de los municipios de Tlalnepantla y Ecatepec, donde existe una gran variedad de giros industriales, como el del hierro y acero, fundición, fabricación de cemento, textil y químico, por mencionar los más emisores; este último también es de importancia por sus emisiones en el municipio de Naucalpan.



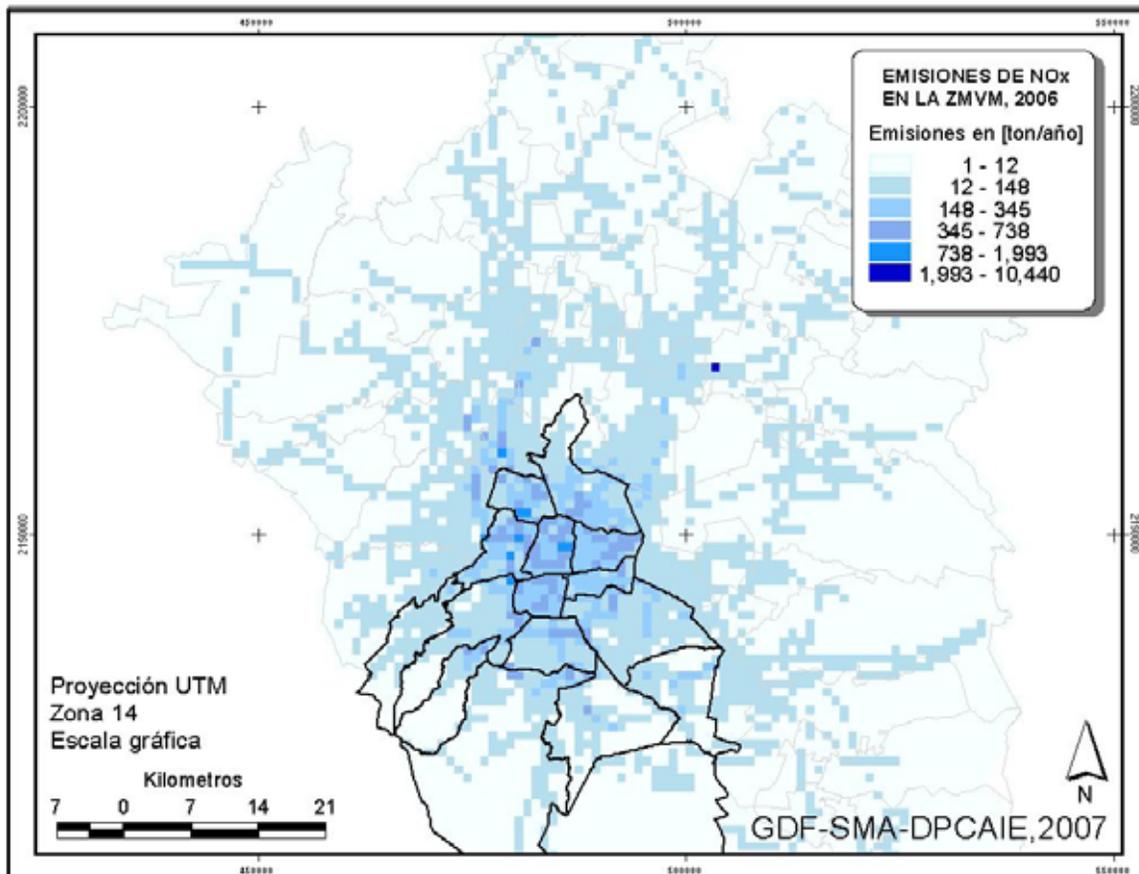
**Mapa 3.2.3 Distribución espacial de SO<sub>2</sub>**

Debido a que el CO es producto de la combustión de los hidrocarburos utilizados como combustible y a que el 99% es generado por la combustión vehicular, su distribución está relacionada a la actividad de los vehículos. Con base en lo anterior, se puede mencionar que el CO sigue una distribución conforme a las principales calles y avenidas de mayor tránsito; teniendo así que las mayores emisiones se localizan en las delegaciones del centro de la ZMVM, como son Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán y Miguel Hidalgo, disminuyendo la emisión conforme se avanza hacia los extremos de la ZMVM (Mapa 3.2.4).

Los óxidos de nitrógeno al igual que el CO, básicamente son producto de la combustión en las fuentes móviles, por lo tanto, la distribución espacial de los NO<sub>x</sub> varía de acuerdo a la actividad del parque vehicular de la ZMVM, concentrándose en la zona urbana, donde el tránsito es intenso y sigue un patrón de distribución conforme a la red vial de la Ciudad. El municipio de Acolman destaca por las emisiones resultantes de la generación de energía eléctrica, giro que representa el 6% de los NO<sub>x</sub> de la ZMVM (Mapa 3.2.5).



Mapa 3.2.4 Distribución espacial de CO

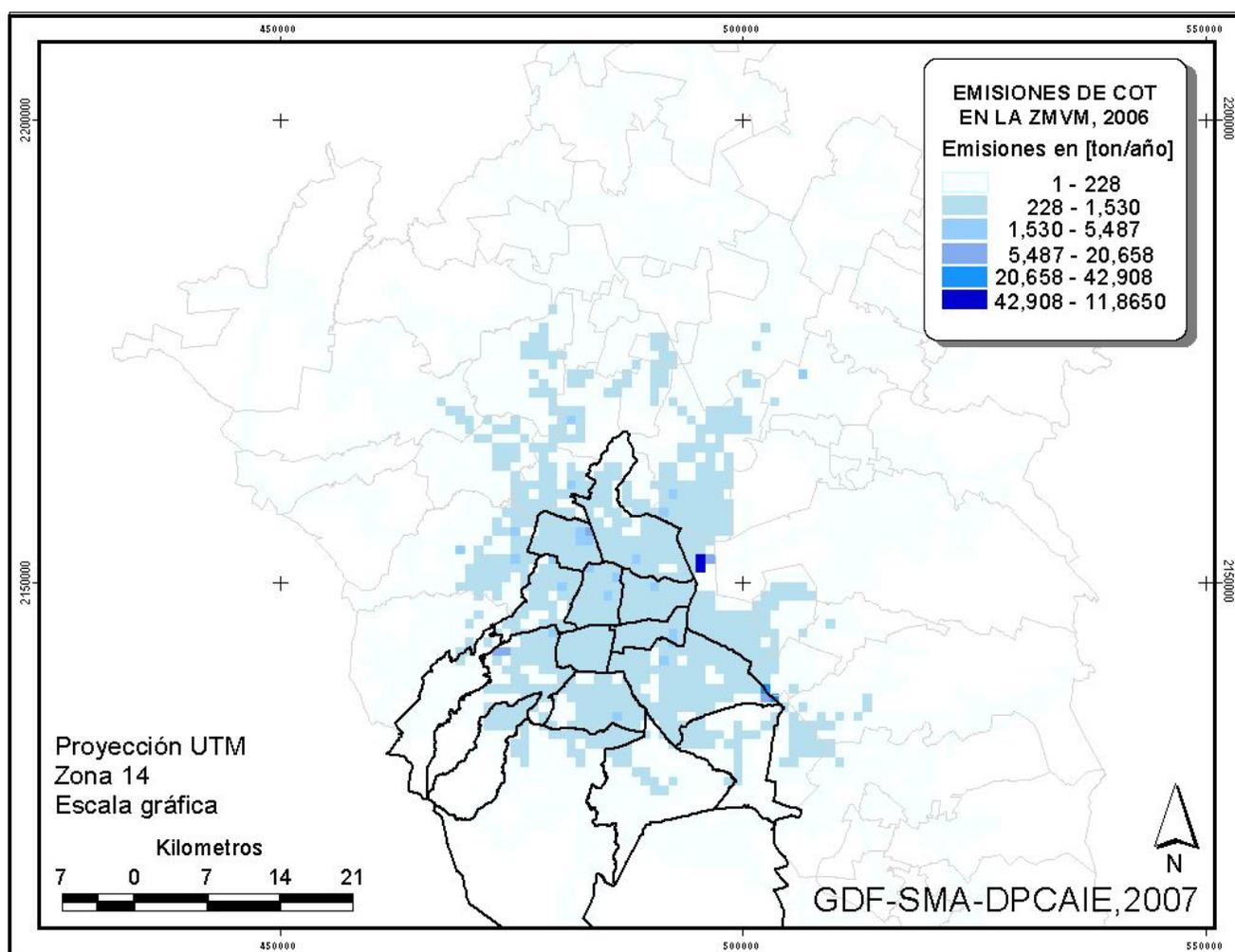


Mapa 3.2.5 Distribución espacial de NOx

Los COT son generados en su mayoría por las fuentes de área y móviles. Dentro de las fuentes de área, el 29% de los COT es emitido como metano por los rellenos sanitarios; debido a esto, los municipios de La Paz y Nezahualcóyotl, muestran zonas de elevada emisión, así mismo, en menor proporción la delegación Álvaro Obregón.

En general, los COT son emitidos por la actividad vehicular; sin embargo, las zonas de gran emisión en ciertas delegaciones, son debidas a la actividad industrial, en particular, a los sectores de fabricación de plástico y de productos metálicos, así como a la manufactura de celulosa y papel.

En el caso del Estado de México, los principales sectores generadores de COT en los municipios de Tlalnepantla, Ecatepec y Naucalpan son: el químico, el de la fabricación de plástico, así como el de celulosa y papel (Mapa 3.2.6).



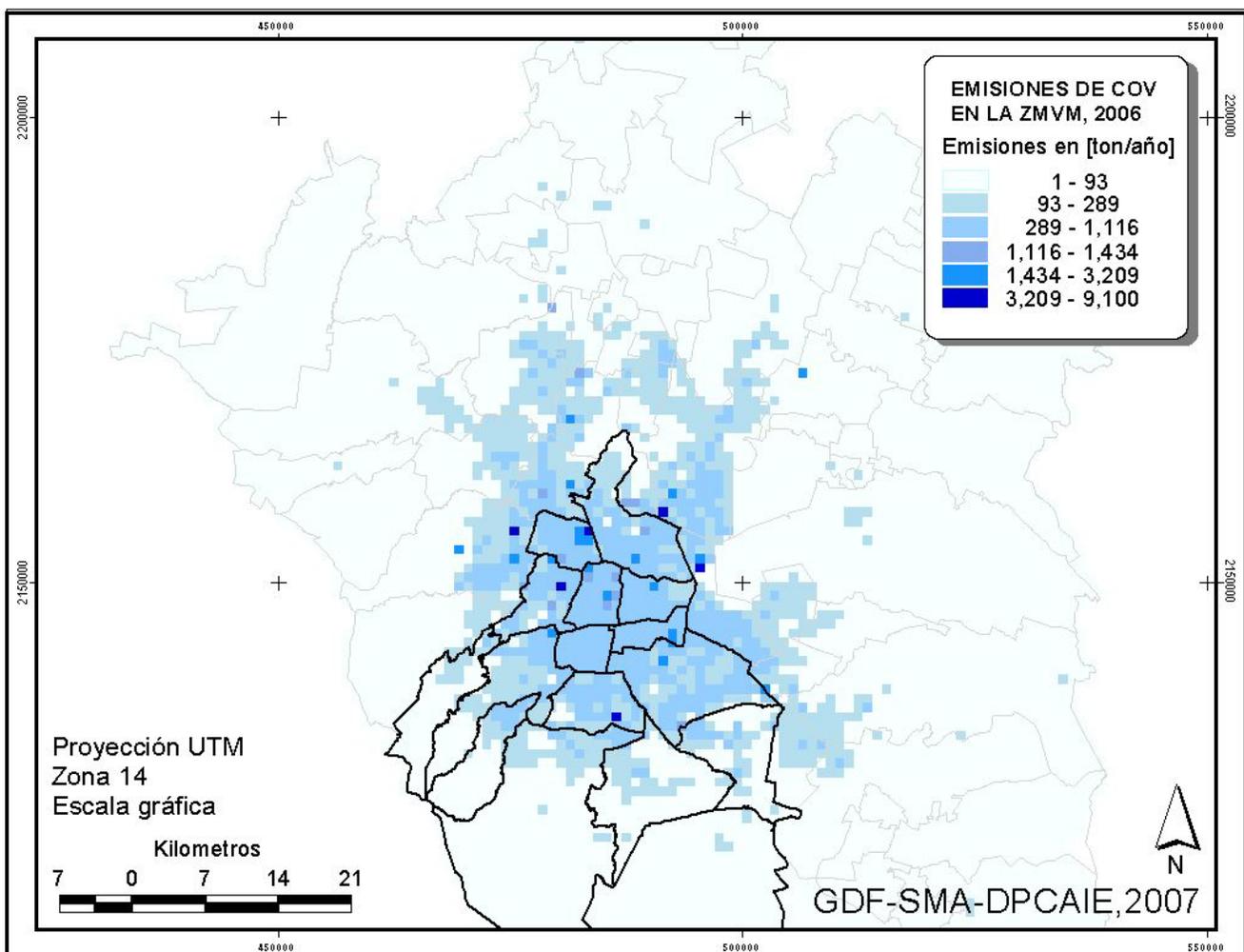
Mapa 3.2.6 Distribución espacial de COT

Los compuestos orgánicos volátiles participan junto con los NOx en la formación de ozono troposférico, de aquí la importancia de su estimación; en la ZMVM el patrón de distribución de este contaminante es atribuido principalmente a la actividad de los vehículos, y a las actividades donde se utilizan solventes y se tienen fugas de gas L.P.

La parte central de la ZMVM, se caracteriza por tener una intensa circulación vial y alta densidad de población, emitiéndose grandes cantidades de este contaminante; sin embargo, existen pequeñas zonas aisladas donde la actividad industrial es la responsable de dicha emisión.

En las delegaciones Benito Juárez e Iztapalapa, las altas emisiones en algunas zonas que presentan más de 1,500 toneladas anuales, son ocasionadas por la fabricación de plásticos, así mismo, en Azcapotzalco y Coyoacán se tiene a la industria farmacéutica y en Miguel Hidalgo la manufactura de celulosa y papel.

En lo que respecta al Estado de México, en Atizapán de Zaragoza y Naucalpan se tienen emisiones de COV generadas por la producción de plásticos, y en el caso de en Tlalnepantla y Tultitlán, se deben a la industria química, de conserva de alimentos e impresión (Mapa 3.2.7).

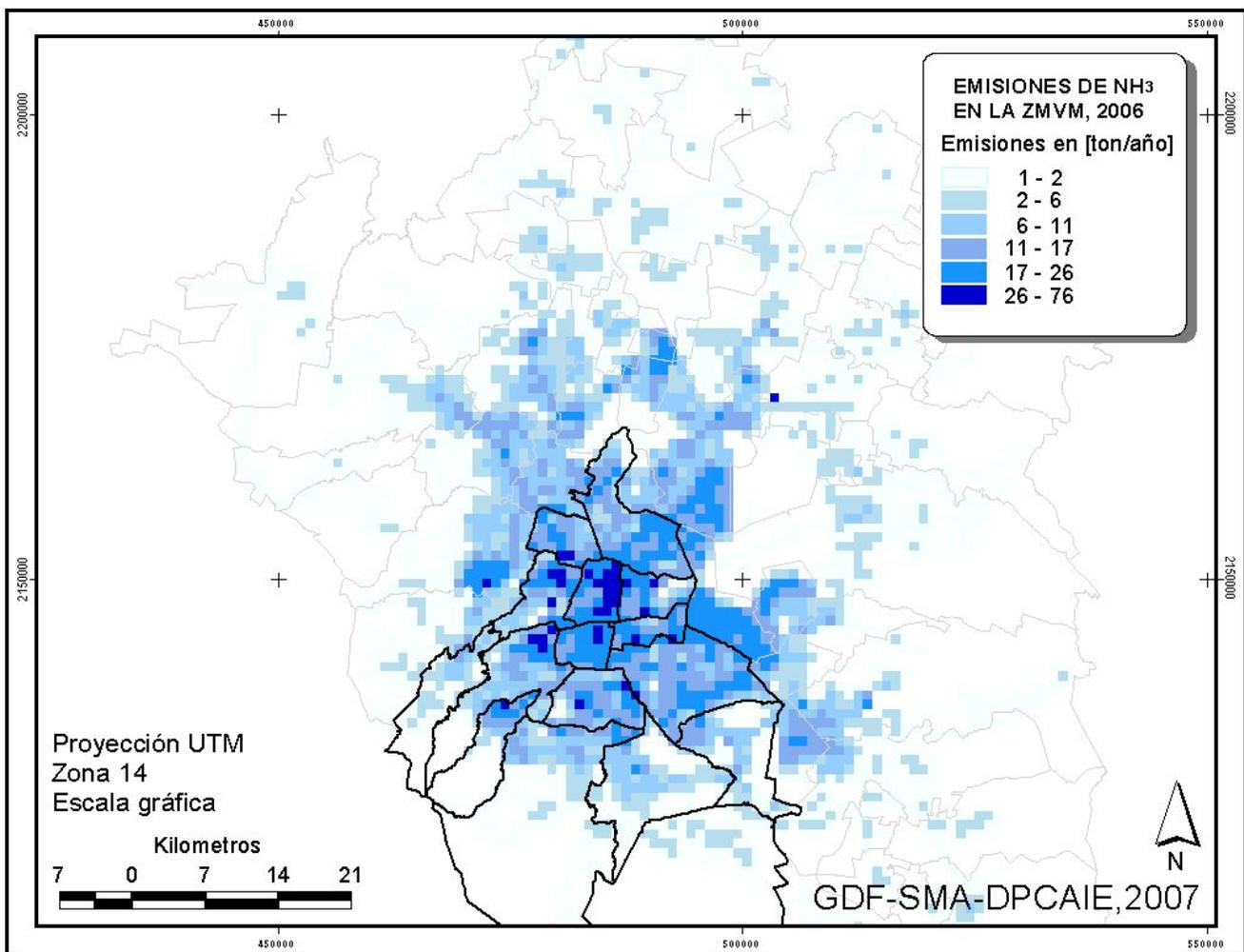


Mapa 3.2.7 Distribución espacial de COV

El amoniaco es parte del ciclo del nitrógeno y es uno de los principales participantes en la formación de aerosoles<sup>5</sup> en la atmósfera; así mismo, reacciona rápidamente con el ácido sulfúrico y el ácido nítrico para formar partículas. Debido a que la concentración de partículas es uno de los principales problemas de calidad del aire de la ZMVM, se hace importante la cuantificación del amoniaco como precursor de las mismas.

Considerando que el amoniaco estimado proviene fundamentalmente de las emisiones domésticas, así como del transporte; la distribución espacial de este contaminante, se relaciona directamente con la densidad de población y las áreas de gran actividad vehicular.

Por lo tanto, las delegaciones del centro de la ZMVM son las que presentan las emisiones más altas. El municipio de Acolman presenta un área con alta emisión, consecuencia de la generación de energía y el sector químico en segundo término.



**Mapa 3.2.8 Distribución espacial de NH<sub>3</sub>**

5 Dispersión de partículas microscópicas, sólidas o líquidas, en medios gaseosos (Wark y Warner 1994)

### 3.3 EMISIONES ANUALES DE LA ZMVM

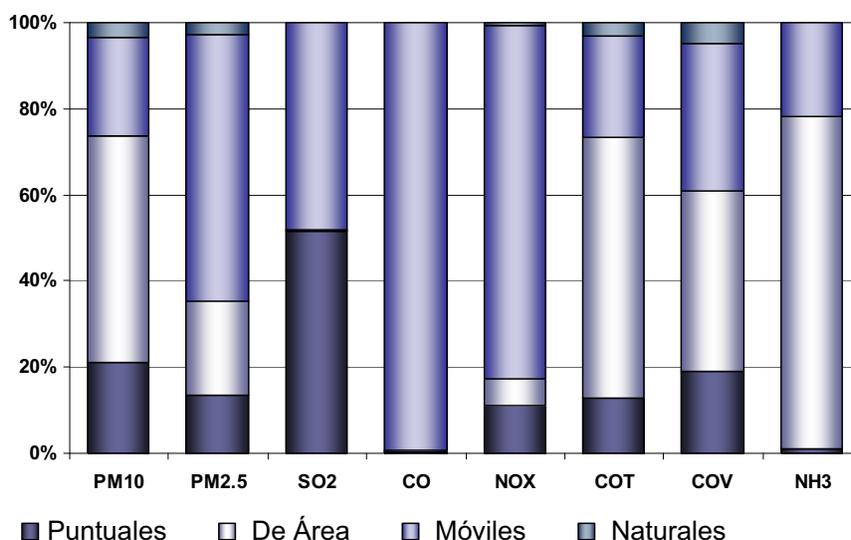
A los contaminantes que ocasionan efectos adversos y que se les ha establecido un límite de concentración para proteger la salud, se les llama contaminantes criterio. Es sabido que los contaminantes criterio están asociados con la mortalidad prematura, en el caso del CO, es conocida su característica intoxicante y su influencia en la disminución de la actividad cardiovascular; en específico, los compuestos orgánicos volátiles y los óxidos de nitrógeno, son de importancia por ser precursores de ozono; en lo que se refiere a las partículas, es conveniente mencionar que se tiene evidencia de las propiedades carcinogénicas de las partículas generadas por las emisiones de los vehículos a diesel<sup>6</sup>.

Las emisiones de contaminantes criterio (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, COV, NO<sub>x</sub>, COT y NH<sub>3</sub>), estimadas para el año 2006, por tipo de fuente, en peso y porcentaje, se presentan en la Gráfica y Tabla 3.3.1.

**Tabla 3.3.1 Inventario de emisiones anuales de la ZMVM, 2006**

Sector	Emisiones															
	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2.5</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>x</sub>		COT		COV		NH <sub>3</sub>	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Fuentes puntuales	4,869	21.1	826	13.3	3,555	51.4	6,637	0.3	21,255	10.9	112,209	12.7	106,992	18.9	204	1.0
Fuentes de área	12,133	52.6	1,366	22.1	34	0.5	7,370	0.4	12,645	6.5	537,032	60.6	238,294	42.1	15,381	77.2
Fuentes móviles	5,248	22.8	3,835	61.9	3,324	48.1	1,976,799	99.3	159,541	81.9	208,843	23.6	193,294	34.1	4,351	21.8
Vegetación y suelos	803	3.5	164	2.6	N/A	N/A	N/A	N/A	1,248	0.6	27,481	3.1	27,481	4.9	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>23,053</b>	<b>100</b>	<b>6,191</b>	<b>100</b>	<b>6,913</b>	<b>100</b>	<b>1,990,806</b>	<b>100</b>	<b>194,689</b>	<b>100</b>	<b>885,565</b>	<b>100</b>	<b>566,061</b>	<b>100</b>	<b>19,936</b>	<b>100</b>

N/A: No Aplica



**Gráfica 3.3.1 Contribución de emisiones por tipo de fuente y contaminante, 2006**

6 L. Molina y M. Molina, 2002.

El contaminante más abundante es el monóxido de carbono, con una emisión de casi dos millones de toneladas al año y es generado principalmente por las fuentes móviles; le sigue en orden de importancia las emisiones de compuestos orgánicos totales (COT) con más de 885 mil toneladas anuales, siendo las fuentes de área las que generan el 61%.

Con respecto a los NO<sub>x</sub>, se estimaron más de 194 mil toneladas anuales y cabe mencionar que el 82% fue generado por las fuentes móviles. Referente a las PM<sub>10</sub>, las cuales son uno de los contaminantes de mayor problema en la ZMVM, se tiene que el 42% proviene de las vialidades no pavimentadas; del total de PM<sub>10</sub>, el 27% son PM<sub>2.5</sub>.

Se generaron alrededor de 20 mil toneladas de amoniaco, teniendo a las fuentes de área como las principales emisoras, en particular por su categoría de emisiones domésticas.

Al ampliar el análisis, desagregando el inventario (ver tablas 3.3.2 y 3.3.3), tenemos que de las emisiones totales de la ZMVM, los autos particulares son una de las categorías más contaminantes, generan el 52% del CO, el 33% de NO<sub>x</sub> y el 21% de SO<sub>2</sub>; otra emisión importante en las fuentes móviles son los vehículos a diesel, en específico los tractocamiones y autobuses, los cuales aportan el 13% y 38% de las PM<sub>2.5</sub> respectivamente y en conjunto, el 18% de NO<sub>x</sub>.

Las fuentes puntuales generan el 51% del SO<sub>2</sub> con 3,555 ton/año, siendo el sector de sustancias químicas el más contaminante, contribuyendo con el 13% del total. Le siguen en importancia de emisión, el sector textil y del papel, los cuales en conjunto aportan el 18% del SO<sub>2</sub> de la ZMVM.

Los principales contaminantes emitidos por las fuentes de área son los COT y representan el 61% del total de la ZMVM, éstos son generados en su mayoría por los rellenos sanitarios (29%); así mismo, el amoniaco es otro contaminante importante de las fuentes de área, con un 78% del total. Por último, en estas fuentes es importante mencionar a las PM<sub>10</sub>, que representan el 53% de la ZMVM y son generadas principalmente por los caminos sin pavimentar (42%).

Es conveniente señalar que los COV generados por la vegetación no son significativos y representan sólo el 5% del total de las emisiones con 27,481 toneladas anuales; así mismo, las partículas generadas por la erosión eólica contribuyen con el 3% del total de PM<sub>10</sub>.

Tabla 3.3.2 Inventario de emisiones desagregado por sector de la ZMVM, 2006

Sector	Emisiones [ton /año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>4,869</b>	<b>826</b>	<b>3,555</b>	<b>6,637</b>	<b>21,255</b>	<b>112,209</b>	<b>106,992</b>	<b>204</b>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	719	78	220	465	1,777	7,536	7,418	17
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	417	32	620	107	369	2,543	2,520	7
Industria de la madera y productos de madera	40	6	151	4	24	4,626	4,577	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	109	61	619	437	1,003	16,744	15,993	20
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	800	85	896	647	1,686	54,149	52,257	42
Productos minerales no metálicos.*	1,278	262	392	526	2,141	1,880	1,647	30
Industrias metálicas básicas	749	28	244	597	1,898	5,756	4,462	8
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	520	70	351	1,619	1,165	17,255	16,777	11
Otras industrias manufactureras	37	4	46	23	125	1,430	1,196	1
Generación de energía eléctrica	200	200	16	2,212	11,067	290	145	68
<b>Fuentes de área</b>	<b>12,133</b>	<b>1,366</b>	<b>34</b>	<b>7,370</b>	<b>12,645</b>	<b>537,032</b>	<b>238,294</b>	<b>15,381</b>
Combustión comercial/institucional	36	36	N/S	185	1,132	46	28	N/S
Combustión habitacional	161	161	1	710	4,741	193	122	1
Operación de aeronaves	20	19	N/S	4,075	5,214	2,019	1,939	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	34	34	19	187	1,471	62	61	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	1	1	N/S	28	25	10	12	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	25,596	25,288	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,799	2,743	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	27,196	23,660	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	800	790	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35,994	21,597	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,011	6,967	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7,999	7,999	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	199	199	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	91,525	63,152	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,107	1,107	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	6	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,556	3,499	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	26,135	25,717	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35,470	34,903	N/A
Panaderías (fermentación de levaduras)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,276	5,276	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23	23	N/A
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	266	N/A	256,003	10,497	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,861	2,632	N/E
Incendios forestales	154	131	14	1,361	49	100	46	10
Incendios en estructuras	36	32	N/E	558	13	46	31	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,370
Vialidades pavimentadas	2,072	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vialidades sin pavimentar	9,619	952	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>5,248</b>	<b>3,835</b>	<b>3,324</b>	<b>1,976,799</b>	<b>159,541</b>	<b>208,843</b>	<b>193,294</b>	<b>4,351</b>
Autos particulares	916	500	1,463	1,043,734	63,937	94,189	86,780	2,896
Taxis	175	93	326	122,707	11,072	11,283	10,395	655
Combis	53	30	104	98,900	6,116	13,740	12,657	152
Microbuses	57	31	96	163,044	12,126	20,494	19,004	223
Pick up	81	46	139	103,366	9,754	13,536	12,501	182
Vehículos de hasta 3 toneladas	130	85	108	66,826	6,150	6,557	6,103	62
Tractocamiones	1,734	1,394	232	17,981	19,034	13,827	13,211	24
Autobuses	1,203	968	552	36,674	16,333	7,579	7,178	30
Vehículos de más de 3 toneladas	800	631	237	204,760	13,350	15,796	14,399	96
Motocicletas	99	57	67	118,807	1,669	11,842	11,066	31
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>803</b>	<b>164</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>1,248</b>	<b>27,481</b>	<b>27,481</b>	<b>N/A</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	1,248	27,481	27,481	N/A
Erosión eólica del suelo	803	164	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>23,053</b>	<b>6,191</b>	<b>6,913</b>	<b>1,990,806</b>	<b>194,689</b>	<b>885,565</b>	<b>566,061</b>	<b>19,936</b>

N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados,\*Excluye los derivados del petróleo y del carbón, \*\*Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.

**Tabla 3.3.3 Inventario de emisiones porcentual, desagregado por sector de la ZMVM, 2006**

Sector	Emisiones [%]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>21.12</b>	<b>13.34</b>	<b>51.42</b>	<b>0.33</b>	<b>10.92</b>	<b>12.67</b>	<b>18.90</b>	<b>1.02</b>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	3.12	1.26	3.18	0.02	0.91	0.85	1.31	0.09
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	1.81	0.52	8.97	0.01	0.19	0.29	0.45	0.04
Industria de la madera y productos de madera	0.17	0.10	2.18	0.00	0.01	0.52	0.81	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	0.47	0.99	8.95	0.02	0.52	1.89	2.83	0.10
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	3.47	1.37	12.96	0.03	0.87	6.11	9.23	0.21
Productos minerales no metálicos.*	5.54	4.23	5.67	0.03	1.10	0.21	0.29	0.15
Industrias metálicas básicas	3.25	0.45	3.53	0.03	0.97	0.65	0.79	0.04
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	2.26	1.13	5.08	0.08	0.60	1.95	2.96	0.06
Otras industrias manufactureras	0.16	0.06	0.67	0.00	0.06	0.16	0.21	0.01
Generación de energía eléctrica	0.87	3.23	0.23	0.11	5.68	0.03	0.03	0.34
<b>Fuentes de área</b>	<b>52.63</b>	<b>22.05</b>	<b>0.48</b>	<b>0.36</b>	<b>6.49</b>	<b>60.64</b>	<b>42.10</b>	<b>78.15</b>
Combustión comercial/institucional	0.16	0.58	N/S	0.01	0.58	0.01	0.00	N/S
Combustión habitacional	0.70	2.60	N/S	0.04	2.44	0.02	0.02	1
Operación de aeronaves	0.09	0.31	N/S	0.20	2.68	0.23	0.34	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.15	0.55	0.27	0.01	0.76	0.01	0.01	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/S	N/S	N/S	0.00	0.01	0.00	0.00	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.89	4.47	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.32	0.48	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.07	4.18	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.09	0.14	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.06	3.82	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.36	1.23	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.90	1.41	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	0.02	0.04	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10.34	11.16	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.13	0.20	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00	0.00	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.40	0.62	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.95	4.54	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.01	6.17	N/A
Panaderías (fermentación de levaduras)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.60	0.93	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00	0.00	N/A
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/S	N/A	28.91	1.85	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.32	0.46	N/E
Incendios forestales	0.67	2.12	0.20	0.07	0.03	0.01	0.01	0.05
Incendios en estructuras	0.16	0.52	N/E	0.03	0.01	0.01	0.01	N/A
Emisiones domésticas de amoniaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	77.10
Vialidades pavimentadas	8.99	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vialidades sin pavimentar	41.73	15.38	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>22.76</b>	<b>61.94</b>	<b>48.08</b>	<b>99.30</b>	<b>81.95</b>	<b>23.58</b>	<b>34.15</b>	<b>21.82</b>
Autos particulares	3.97	8.08	21.16	52.43	32.84	10.64	15.33	14.53
Taxis	0.76	1.50	4.72	6.16	5.69	1.27	1.84	3.29
Combis	0.23	0.48	1.50	4.97	3.14	1.55	2.24	0.76
Microbuses	0.25	0.50	1.39	8.19	6.23	2.31	3.36	1.12
Pick up	0.35	0.74	2.01	5.19	5.01	1.53	2.21	0.91
Vehículos de hasta 3 toneladas	0.56	1.37	1.56	3.36	3.16	0.74	1.08	0.31
Tractocamiones	7.52	22.52	3.36	0.90	9.78	1.56	2.33	0.12
Autobuses	5.22	15.64	7.98	1.84	8.39	0.86	1.27	0.15
Vehículos de más de 3 toneladas	3.47	10.19	3.43	10.29	6.86	1.78	2.54	0.48
Motocicletas	0.43	0.92	0.97	5.97	0.86	1.34	1.95	0.16
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>3.48</b>	<b>2.65</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>0.64</b>	<b>3.10</b>	<b>4.85</b>	<b>N/A</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	0.64	3.10	4.85	N/A
Erosión eólica del suelo	3.48	2.65	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados, \*Excluye los derivados del petróleo y del carbón, \*\*Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.

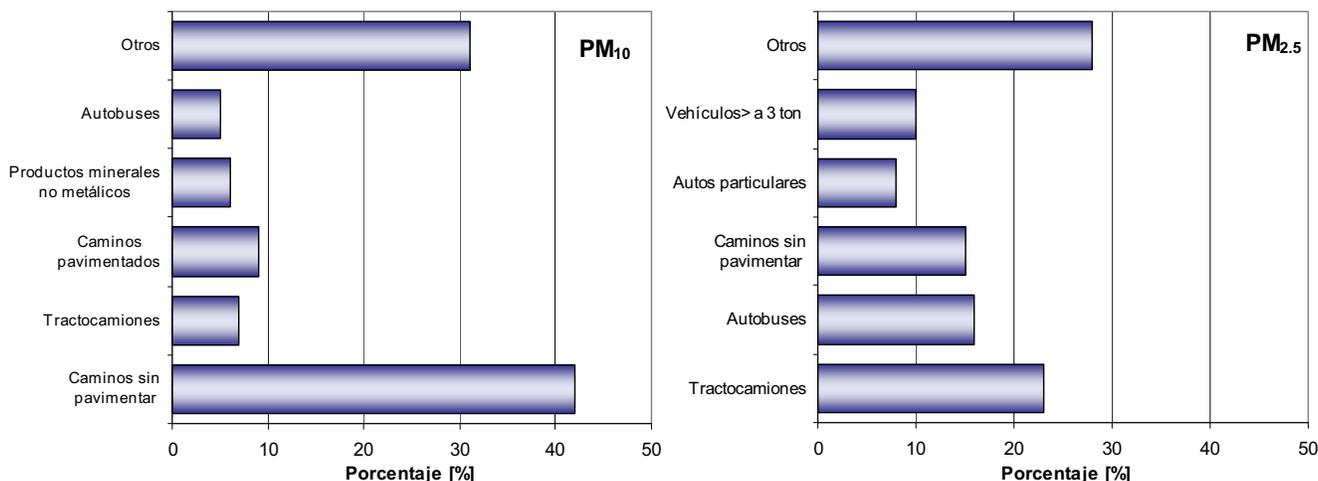
### 3.4 EMISIONES POR CONTAMINANTE

La importancia de analizar las emisiones por contaminante, es que nos ayuda a conocer el sector contaminante y poder diseñar e implementar medidas de control para cada uno de ellos. Por ello en esta sección se describirá en forma particular las emisiones por cada contaminante estimado, así como sus principales generadores<sup>7</sup>.

#### 3.4.1 Partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)

La generación de partículas en la ZMVM, se debe principalmente al tránsito vehicular por vialidades sin pavimentar, sector que forma parte de las fuentes de área. En total se emitieron 23,053 toneladas anuales de PM<sub>10</sub>, de éstas, las vialidades sin pavimentar representaron el 42%. Otros sectores de importancia son las fuentes puntuales, que en conjunto aportan el 21%, siendo el sector de productos minerales no metálicos el que más contribuye (5.5%); y las fuentes móviles que representan el 23% y dentro de éstas, los tractocamiones contribuyen con el 7%.

Estudios atmosféricos de 1997 y del año 2000 de la ZMVM<sup>8</sup>, han encontrado que del 37% al 50% de las PM<sub>10</sub> son de origen geológico, en el presente inventario del año 2006, el 54% de las PM<sub>10</sub> fueron de este tipo (incluye vialidades pavimentadas, no pavimentadas y erosión eólica).



**Gráfica 3.4.1 Principales emisores de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> por sector**

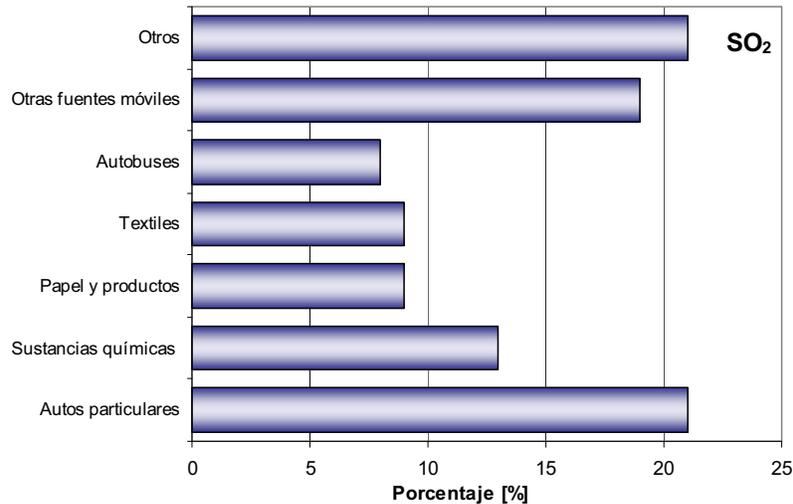
Las PM<sub>2.5</sub>, se estimaron en 6,191 toneladas anuales, siendo los principales generadores los tractocamiones con el 23% (1,394 ton/año). Le sigue en orden de importancia los autobuses y las vialidades sin pavimentar, con un 16% y 15% respectivamente. Con respecto a estos vehículos, tenemos que los tractocamiones y los autobuses generan el 62% de PM<sub>2.5</sub> de las fuentes móviles, debido al uso de diesel como combustible.

7 Para fines ilustrativos, en las gráficas de cada contaminante, sólo se muestran los sectores de mayor emisión y la categoría "otros", es la suma de los sectores restantes, los cuales pueden verificarse en las tablas 3.3.2 o 3.3.3.

8 Análisis of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the Atmosphere of México City during 2000-2002 y Chemical Composition of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in México City during 2000-2002 winter 1997.

### 3.4.2 Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

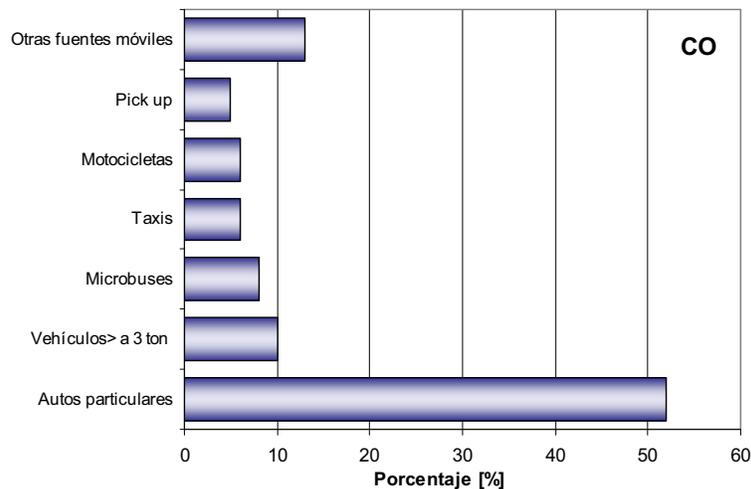
La industria generó el 51% de las 6,913 toneladas de SO<sub>2</sub> que se emitieron en la ZMVM; las ramas más contaminantes fueron: la industria de sustancias químicas aportando el 13%, así como las industrias del papel y la textil con el 9% cada una. En las fuentes móviles, los autos particulares son los de mayor aporte con el 21% de las emisiones (1,463 ton/año), cabe mencionar que este SO<sub>2</sub> proviene de la gran cantidad de gasolina que consumen.



**Gráfica 3.4.2 Principales emisores de SO<sub>2</sub> por sector**

### 3.4.3 Monóxido de carbono (CO)

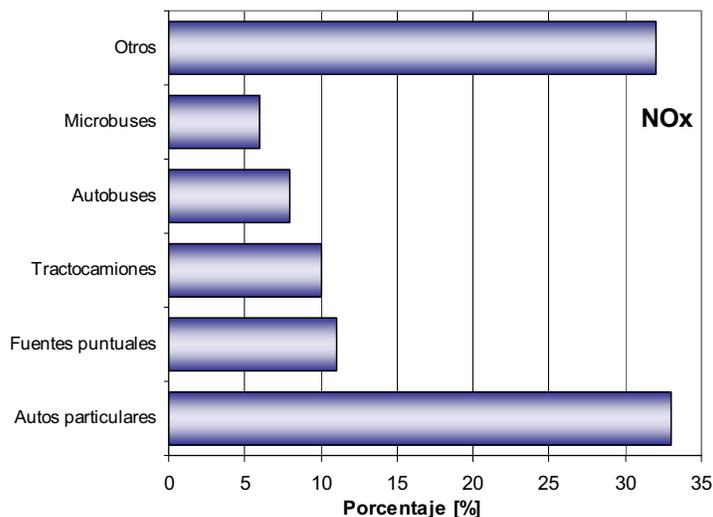
Es importante señalar que la mayor parte del CO se genera en los motores de combustión interna que utilizan gasolina. El 99% del CO fue generado por las fuentes móviles, estimándose un total de 1'990,806 toneladas. Los autos particulares son responsables del 52%, los vehículos mayores a 3 toneladas aportan el 14% y los microbuses junto con los taxis representan el 14%.



**Gráfica 3.4.3 Principales emisores de CO por sector**

### 3.4.4 Óxidos de nitrógeno (NOx)

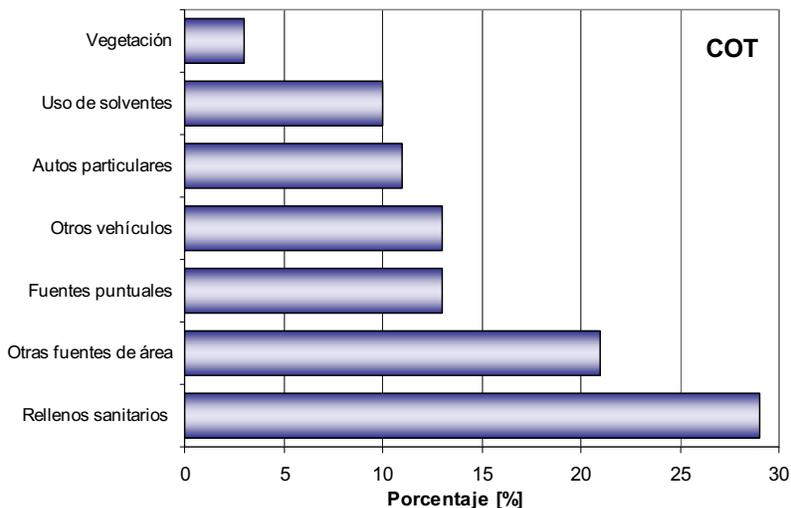
Los óxidos de nitrógeno, al igual que el CO, fueron generados principalmente por las fuentes móviles, contribuyendo con el 82% de las 194,689 toneladas anuales que se emitieron de este contaminante. Los autos particulares son los que más aportaron con el 33%, le siguen en importancia los tractocamiones y autobuses que generaron el 10% y 8% respectivamente. Las fuentes puntuales, en conjunto representan el 11% de las emisiones de NOx.



Gráfica 3.4.4 Principales emisores de NOx por sector

### 3.4.5 Compuestos orgánicos totales (COT)

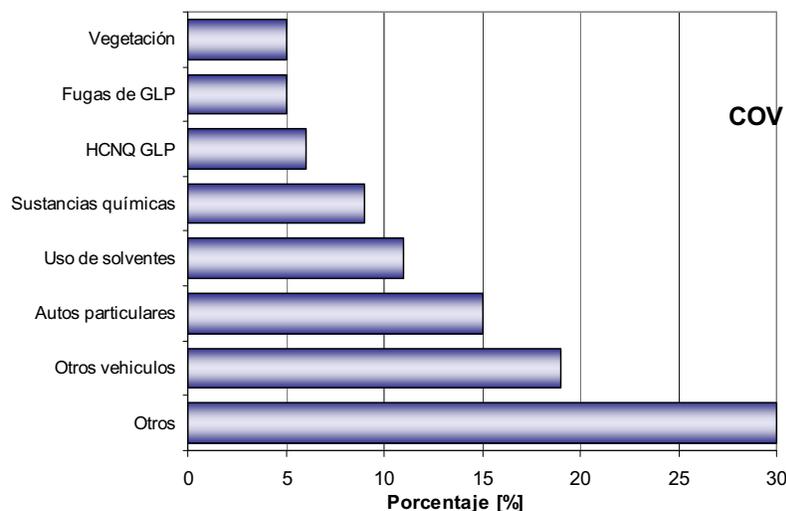
Los COT en la ZMVM son generados principalmente por las fuentes de área; dentro de éstas, los rellenos sanitarios son el sector que más contribuye, generando el 29% del total de COT (885,565 ton/año); siguen en importancia las fuentes puntuales con el 13%, así como los autos particulares y el consumo de solventes con el 11% y 10%, respectivamente.



Gráfica 3.4.5 Principales emisores de COT por sector

### 3.4.6 Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los COV son parte fundamental para controlar la formación de ozono troposférico en la ZMVM, aquí radica la importancia de cuantificar dichos compuestos. De las 566,061 toneladas de COV que se generan en la ZMVM, las fuentes móviles son las principales emisoras, le siguen en importancia el uso de solventes y la industria de sustancias químicas.



**Gráfica 3.4.6 Principales emisores de COV por sector**

En la ZMVM, aún no se establece un programa continuo y de amplia cobertura de análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV), tampoco se ha determinado una norma de calidad del aire para estos compuestos. Por lo anterior, y para contribuir al conocimiento de la variedad de COV generados en la ZMVM, así como diseñar medidas de mitigación, se presenta un análisis de la especiación por familia de dichos contaminantes.

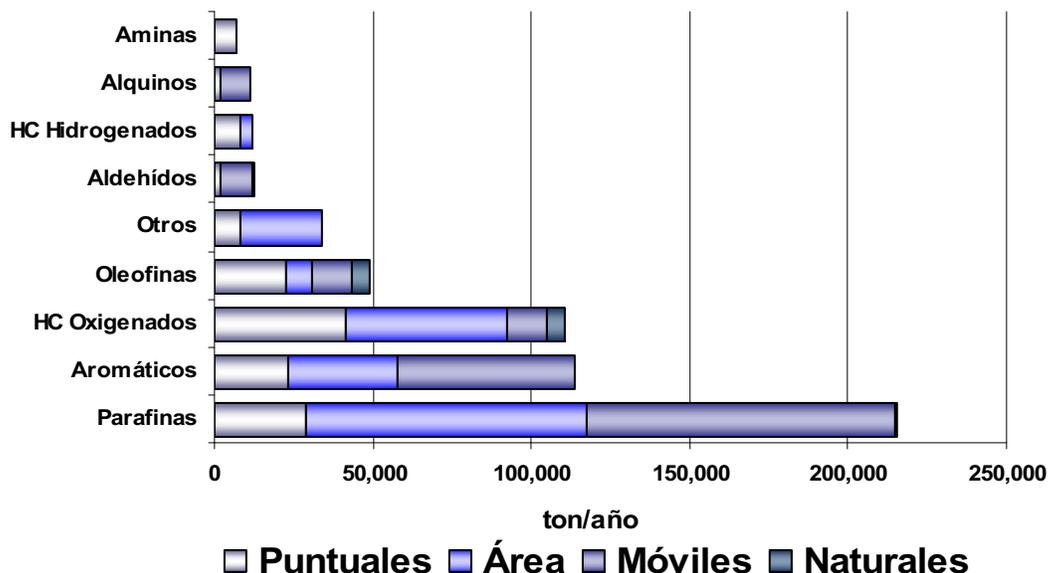
En los últimos estudios realizados durante 2005 y 2006 con la campaña MILAGRO (INE-SEMARNAT, 2006), realizada por el Centro Mario Molina, se monitorearon algunos COV, determinándose que los principales compuestos que se presentan en mayor abundancia en la atmósfera de la ZMVM, son las parafinas, los aromáticos y las oleofinas, en menor proporción, son una mezcla de alquinos, compuestos halogenados y especies oxigenadas (Velasco, E. *et al.* 2007).

Por otro lado, la especiación de las emisiones totales de COV generadas en la ZMVM, nos indica que los compuestos más abundantes al igual que en el monitoreo incluyen a las parafinas (38%), aromáticos (20%), hidrocarburos oxigenados (20%) y oleofinas (9%). Ver Tabla 3.4.1.

**Tabla 3.4.1. Emisiones de COV especiadas por familia**

COV por familia	Emisión	
	[ton/año]	[%]
Parafinas	215,141	38
Aromáticos	113,816	20
Hidrocarburos oxigenados	110,753	20
Oleofinas	48,977	9
Aldehídos	12,608	2
Hidrocarburos alogenados	11,705	2
Alquinos	11,423	2
Aminas	7,150	1
Otros	34,488	6
<b>Total</b>	<b>566,061</b>	<b>100</b>

En la Gráfica 3.4.7, se presentan las emisiones de las familias más abundantes de COV por tipo de fuente contaminante; en ella se muestra que las emisiones de parafinas y aromáticos son las más abundantes, generadas en mayor proporción por las fuentes móviles; le siguen las emisiones de hidrocarburos oxigenados, de las cuales, las fuentes de área y puntuales contribuyen casi en la misma proporción; de las emisiones de olefinas resaltan la aportación por las fuentes puntuales.



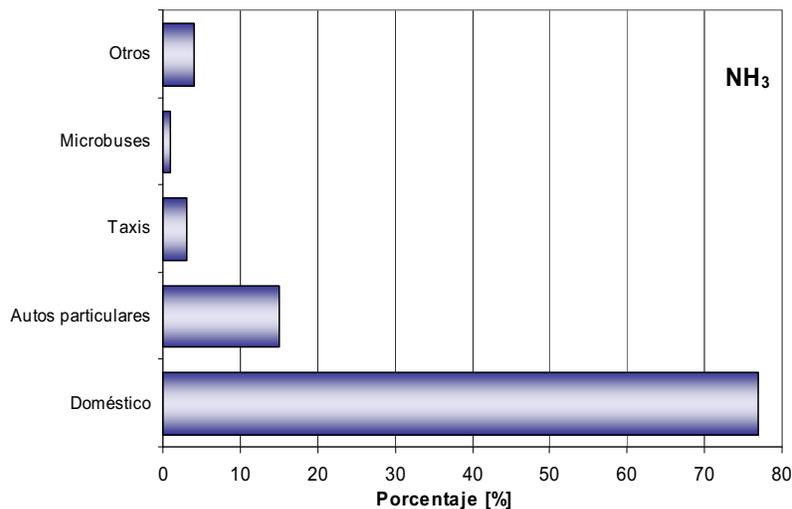
Nota: Las fuentes puntuales también incluyen el recubrimiento y limpieza de superficies industriales

**Gráfica 3.4.7 Emisiones de COV especiadas por familias y tipo de fuente, ZMVM-2006**

Aunque las emisiones de parafinas son las más abundantes, cabe mencionar que los índices de reactividad atmosférica en la formación de ozono de las especies que integran esta familia, son bajos (propano= 0.56 g O<sub>3</sub>/g COV, n-butano= 1.32 g O<sub>3</sub>/g COV, etc.) comparados con los índices de los aromáticos (tolueno= 3.97 g O<sub>3</sub>/g COV, o-xileno=7.48 g O<sub>3</sub>/g COV, principalmente) y de las olefinas (Etileno= 9.07 g O<sub>3</sub>/g COV, Isopreno= 10.68 g O<sub>3</sub>/g COV, entre otros).

### 3.4.7 Amoniaco (NH<sub>3</sub>)

El amoniaco fue generado en su mayoría por las fuentes de área, las cuales representaron el 78% del total, en particular por las emisiones domésticas con 15,370 ton/año. Cabe señalar que las emisiones domésticas son estimaciones per cápita, por lo cual son directamente proporcionales a la población de la ZMVM. La contribución por las otras fuentes no fue significativa, excepto los autos particulares que contribuyeron con el 15% del total.



Gráfica 3.4.8 Principales emisores de NH<sub>3</sub> por sector

## 3.5 EMISIONES POR ENTIDAD FEDERATIVA

El conocer el aporte de las emisiones contaminantes por entidad federativa, permite desarrollar medidas de control de emisiones de acuerdo a la problemática local de las mismas.

A continuación se presentan las emisiones por entidad, tipo de fuente y contaminante, así como su porcentaje de contribución a la ZMVM (ver Tabla 3.5.1).

Tabla 3.5.1 Contribución de emisiones por entidad, 2006

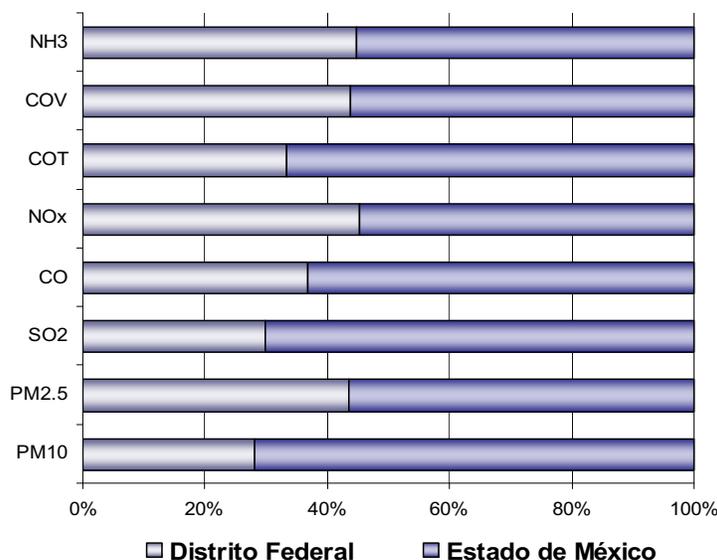
Contaminante	Fuentes puntuales			Fuentes de área			Fuentes móviles			Vegetación y suelos			Total		
	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM
	[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]	
PM <sub>10</sub>	4,869	31	69	12,133	15	85	5,248	59	41	803	5	95	23,053	28	72
PM <sub>2.5</sub>	826	13	87	1,366	19	81	3,835	60	40	164	4	96	6,191	43	57
SO <sub>2</sub>	3,555	12	88	34	26	74	3,324	50	50	N/A	N/A	N/A	6,913	30	70
CO	6,637	16	84	7,370	71	29	1,976,799	37	63	N/A	N/A	N/A	1,990,806	37	63
NO <sub>x</sub>	21,255	15	85	12,645	65	35	159,541	48	52	1,248	42	58	194,689	45	55
COT	112,209	50	50	537,032	26	74	208,843	42	58	27,481	34	66	885,565	33	67
COV	106,992	50	50	238,294	43	57	193,294	42	58	27,481	34	66	566,061	44	56
NH <sub>3</sub>	204	14	86	15,381	44	56	4,351	49	51	N/A	N/A	N/A	19,936	45	55

N/A no Aplica

Gran parte de las emisiones de COT, se generan en los rellenos sanitarios ubicados en el Estado de México, donde se depositan grandes cantidades de basura proveniente de ambas entidades. En el caso de las emisiones de partículas PM<sub>10</sub>, éstas son generadas principalmente en las vialidades sin pavimentar.

Así mismo, el Estado de México es la entidad que más contribuye a las emisiones de las fuentes puntuales, pues en esta entidad se concentra el 64% de la industria de la Zona Metropolitana del Valle de México. Cabe mencionar que algunas de estas industrias todavía utilizan grandes cantidades de combustibles líquidos, los cuales contienen una mayor cantidad de azufre que los combustibles gaseosos.

Otro contaminante importante de mencionar en el Estado de México es el CO, ya que los vehículos registrados en esta entidad generan el 63%, aún cuando la flota vehicular representa sólo el 38% de la ZMVM, esto como consecuencia a la existencia de un parque vehicular más antiguo en dicha entidad (Ver gráfica de emisiones por entidad).



Gráfica 3.5.1 Emisiones de la ZMVM por entidad en el 2006

### 3.5.1 Emisiones del Distrito Federal

En el Distrito Federal las emisiones de CO son las más abundantes y casi en su totalidad, generadas por las fuentes móviles. Esta fuente también contribuye con importantes emisiones de NOx, COV y partículas, como se muestra en la Tabla 3.5.2.

Tabla 3.5.2 Inventario de emisiones del Distrito Federal, 2006

Sector	Emisiones															
	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2.5</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		COT		COV		NH <sub>3</sub>	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Fuentes puntuales	1,510	23.3	107	4.0	429	20.5	1,064	0.1	3,139	3.6	56,550	19.2	53,391	21.5	28	0.3
Fuentes de área	1,823	28.2	257	9.6	9	0.4	5,196	0.7	8,249	9.4	141,411	47.9	103,481	41.8	6,772	75.8
Fuentes móviles	3,105	47.9	2,320	86.2	1,658	79.1	728,506	99.1	76,217	86.5	87,842	29.8	81,711	33.0	2,131	23.9
Vegetación y suelos	38	0.6	7	0.3	N/A	N/A	N/A	N/A	522	0.6	9,275	3.1	9,275	3.7	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>6,476</b>	<b>100</b>	<b>2,691</b>	<b>100</b>	<b>2,096</b>	<b>100</b>	<b>734,766</b>	<b>100</b>	<b>88,127</b>	<b>100</b>	<b>295,078</b>	<b>100</b>	<b>247,858</b>	<b>100</b>	<b>8,931</b>	<b>100</b>

N/A: No Aplica



A continuación se presentan las emisiones desagregadas por sector, así como su porcentaje de contribución.

**Tabla 3.5.3 Inventario de emisiones desagregado por sector del Distrito Federal, 2006**

Sector	Emisiones [ton /año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>1,510</b>	<b>107</b>	<b>429</b>	<b>1,064</b>	<b>3,139</b>	<b>56,550</b>	<b>53,391</b>	<b>28</b>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	522	22	37	146	684	4,483	4,389	4
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	98	8	57	46	123	148	144	2
Industria de la madera y productos de madera	19	N/S	N/S	1	4	842	834	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	31	11	52	98	270	9,281	8,672	4
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	245	21	123	157	524	26,575	25,501	10
Productos minerales no metálicos.*	225	4	4	73	183	1,382	1,216	2
Industrias metálicas básicas	160	13	109	231	573	4,030	3,200	3
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	169	17	17	210	510	8,766	8,574	1
Otras industrias manufactureras	33	3	29	16	58	1,031	855	1
Generación de energía eléctrica	8	8	1	86	210	12	6	1
<b>Fuentes de área</b>	<b>1,823</b>	<b>257</b>	<b>9</b>	<b>5,196</b>	<b>8,249</b>	<b>141,411</b>	<b>103,481</b>	<b>6,772</b>
Combustión comercial/institucional	16	16	N/S	75	510	20	13	N/S
Combustión habitacional	67	67	N/S	302	2,124	82	52	N/S
Operación de aeronaves	20	19	N/S	4,075	5,214	2,019	1,939	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	8	8	5	45	354	15	15	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	1	1	N/S	28	25	10	12	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11,284	11,148	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,234	1,209	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11,989	10,430	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	353	348	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,868	9,521	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,295	3,071	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,526	3,526	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	88	88	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	40,348	27,840	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	653	653	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	6	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,352	1,330	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,643	12,441	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,842	15,589	N/A
Panaderías (fermentación de levaduras)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,326	2,326	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	19	19	N/A
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	16	N/A	15,019	616	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,370	1,261	N/E
Incendios forestales	46	39	4	409	16	30	14	3
Incendios en estructuras	16	14	N/E	246	6	20	14	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,769
Vialidades pavimentadas	702	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vialidades sin pavimentar	947	93	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>3,105</b>	<b>2,320</b>	<b>1,658</b>	<b>728,506</b>	<b>76,217</b>	<b>87,842</b>	<b>81,711</b>	<b>2,131</b>
Autos particulares	391	211	678	369,794	26,700	33,636	30,991	1,355
Taxis	121	64	227	76,804	7,538	7,111	6,551	457
Combis	5	3	10	8,486	601	1,309	1,204	19
Microbuses	31	16	47	80,756	7,829	13,166	12,209	155
Pick up	14	8	24	11,067	1,366	1,419	1,312	33
Vehículos de hasta 3 toneladas	30	22	23	3,788	623	538	504	7
Tractocamiones	1,323	1,064	176	13,720	14,536	10,582	10,111	17
Autobuses	673	541	312	15,400	8,911	3,969	3,778	15
Vehículos de más de 3 toneladas	427	339	100	41,248	6,603	5,403	5,044	45
Motocicletas	90	52	61	107,443	1,510	10,709	10,007	28
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>38</b>	<b>7</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>522</b>	<b>9,275</b>	<b>9,275</b>	<b>N/A</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	522	9,275	9,275	N/A
Erosión eólica del suelo	38	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>6,476</b>	<b>2,691</b>	<b>2,096</b>	<b>734,766</b>	<b>88,127</b>	<b>295,078</b>	<b>247,858</b>	<b>8,931</b>

N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados; \*Excluye los derivados del petróleo y del carbón, \*\*Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

Tabla 3.5.4 Inventario de emisiones porcentual por sector del Distrito Federal, 2006

Sector	Emisiones [%]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>23.32</b>	<b>3.98</b>	<b>20.47</b>	<b>0.14</b>	<b>3.56</b>	<b>19.16</b>	<b>21.54</b>	<b>0.31</b>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	8.06	0.82	1.77	0.02	0.78	1.52	1.77	0.04
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	1.51	0.30	2.72	0.01	0.14	0.05	0.06	0.02
Industria de la madera y productos de madera	0.29	N/S	N/S	0.00	0.00	0.29	0.34	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	0.48	0.41	2.48	0.01	0.31	3.15	3.50	0.04
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	3.78	0.78	5.87	0.02	0.59	9.01	10.29	0.11
Productos minerales no metálicos.*	3.47	0.15	0.19	0.01	0.21	0.47	0.49	0.02
Industrias metálicas básicas	2.47	0.48	5.20	0.03	0.65	1.37	1.29	0.03
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	2.61	0.63	0.81	0.03	0.58	2.97	3.46	0.01
Otras industrias manufactureras	0.51	0.11	1.38	0.00	0.07	0.35	0.34	0.01
Generación de energía eléctrica	0.12	0.30	0.05	0.01	0.24	0.00	0.00	0.01
<b>Fuentes de área</b>	<b>28.15</b>	<b>9.55</b>	<b>0.43</b>	<b>0.70</b>	<b>9.36</b>	<b>47.92</b>	<b>41.75</b>	<b>75.83</b>
Combustión comercial/institucional	0.25	0.59	N/S	0.01	0.58	0.01	0.01	N/S
Combustión habitacional	1.03	2.49	N/S	0.04	2.41	0.03	0.02	N/S
Operación de aeronaves	0.31	0.71	N/S	0.55	5.92	0.68	0.78	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.12	0.30	0.24	0.01	0.40	0.01	0.01	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	0.02	0.04	N/S	0.00	0.03	0.00	0.00	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.82	4.50	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.42	0.49	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.06	4.21	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.12	0.14	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5.38	3.84	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.79	1.24	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.19	1.42	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	0.03	0.04	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13.67	11.23	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.22	0.26	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00	0.00	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.46	0.54	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.28	5.02	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5.37	6.29	N/A
Panaderías (fermentación de levaduras)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.79	0.94	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.01	0.01	N/A
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/S	N/A	5.09	0.25	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.46	0.51	N/E
Incendios forestales	0.71	1.45	0.19	0.06	0.02	0.01	0.01	0.03
Incendios en estructuras	0.25	0.52	N/E	0.03	0.01	0.01	0.01	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	75.79
Vialidades pavimentadas	10.84	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vialidades sin pavimentar	14.62	3.46	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>47.95</b>	<b>86.21</b>	<b>79.10</b>	<b>99.15</b>	<b>86.49</b>	<b>29.77</b>	<b>32.97</b>	<b>23.86</b>
Autos particulares	6.04	7.84	32.35	50.33	30.30	11.40	12.50	15.17
Taxis	1.87	2.38	10.83	10.45	8.55	2.41	2.64	5.12
Combis	0.08	0.11	0.48	1.15	0.68	0.44	0.49	0.21
Microbuses	0.48	0.59	2.24	10.99	8.88	4.46	4.93	1.74
Pick up	0.22	0.30	1.15	1.51	1.55	0.48	0.53	0.37
Vehículos de hasta 3 toneladas	0.46	0.82	1.10	0.52	0.71	0.18	0.20	0.08
Tractocamiones	20.43	39.54	8.40	1.87	16.49	3.59	4.08	0.19
Autobuses	10.39	20.10	14.89	2.10	10.11	1.35	1.52	0.17
Vehículos de más de 3 toneladas	6.59	12.60	4.77	5.61	7.49	1.83	2.04	0.50
Motocicletas	1.39	1.93	2.91	14.62	1.71	3.63	4.04	0.31
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>0.59</b>	<b>0.26</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>0.59</b>	<b>3.14</b>	<b>3.74</b>	<b>N/A</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	0.59	3.14	3.74	N/A
Erosión eólica del suelo	0.59	0.26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados; \*Excluye los derivados del petróleo y del carbón, \*\*Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión. Los valores pueden diferir con el total por el redondeo de cifras.

### 3.5.2 Emisiones del Estado de México

Las emisiones del Estado de México por tipo de fuente y contaminante se muestran en la Tabla 3.5.5, así mismo, se presentan las emisiones desagregadas por sector y su contribución en peso en las tablas 3.5.6 y 3.5.7.

**Tabla 3.5.5 Inventario de emisiones de los municipios conurbados, Estado de México 2006**

Sector	Emisiones															
	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2.5</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>x</sub>		COT		COV		NH <sub>3</sub>	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Fuentes puntuales	3,359	20.3	719	20.5	3,126	64.9	5,573	0.4	18,116	17.0	55,659	9.4	53,601	16.8	176	1.6
Fuentes de área	10,310	62.2	1,109	31.7	25	0.5	2,174	0.2	4,396	4.1	395,621	67.0	134,813	42.4	8,609	78.2
Fuentes móviles	2,143	12.9	1,515	43.3	1,666	34.6	1,248,293	99.4	83,324	78.2	121,001	20.5	111,583	35.1	2,220	20.2
Vegetación y suelos	765	4.6	157	4.5	N/A	N/A	N/A	N/A	726	0.7	18,206	3.1	18,206	5.7	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>16,577</b>	<b>100</b>	<b>3,500</b>	<b>100</b>	<b>4,817</b>	<b>100</b>	<b>1,256,040</b>	<b>100</b>	<b>106,562</b>	<b>100</b>	<b>590,487</b>	<b>100</b>	<b>318,203</b>	<b>100</b>	<b>11,005</b>	<b>100</b>

N/A: No Aplica, N/S no significativo

Tabla 3.5.6 Inventario de emisiones desagregado por sector del Estado de México, 2006

Sector	Emisiones [ton/año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>3,359</b>	<b>719</b>	<b>3,126</b>	<b>5,573</b>	<b>18,116</b>	<b>55,659</b>	<b>53,601</b>	<b>176</b>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	197	56	183	319	1,093	3,053	3,029	13
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	319	24	563	61	246	2,395	2,376	5
Industria de la madera y productos de madera	21	6	151	3	20	3,784	3,743	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	78	50	567	339	733	7,463	7,321	16
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	555	64	773	490	1,162	27,574	26,756	32
Productos minerales no metálicos.*	1,053	258	388	453	1,958	498	431	28
Industrias metálicas básicas	589	15	135	366	1,325	1,726	1,262	5
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	351	53	334	1,409	655	8,489	8,203	10
Otras industrias manufactureras	4	1	17	7	67	399	341	N/S
Generación de energía eléctrica	192	192	15	2,126	10,857	278	139	67
<b>Fuentes de área</b>	<b>10,310</b>	<b>1,109</b>	<b>25</b>	<b>2,174</b>	<b>4,396</b>	<b>395,621</b>	<b>134,813</b>	<b>8,609</b>
Combustión comercial/institucional	20	20	N/S	110	622	26	15	N/S
Combustión habitacional	94	94	1	408	2,617	111	70	1
Operación de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Locomotoras (foráneas/ patio)	26	26	14	142	1,117	47	46	N/E
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	14,312	14,140	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,565	1,534	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,207	13,230	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	447	442	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20,126	12,076	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,716	3,896	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,473	4,473	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	111	111	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	51,177	35,312	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	454	454	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,204	2,169	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13,492	13,276	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	19,628	19,314	N/A
Panaderías (fermentación de levaduras)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,950	2,950	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4	4	N/A
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	250	N/A	240,984	9,881	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,491	1,371	N/E
Incendios forestales	108	92	10	952	33	70	32	7
Incendios en estructuras	20	18	N/E	312	7	26	17	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,601
Vialidades pavimentadas	1,370	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vialidades sin pavimentar	8,672	859	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>2,143</b>	<b>1,515</b>	<b>1,666</b>	<b>1,248,293</b>	<b>83,324</b>	<b>121,001</b>	<b>111,583</b>	<b>2,220</b>
Autos particulares	525	289	785	673,940	37,237	60,553	55,789	1,541
Taxis	54	29	99	45,903	3,534	4,172	3,844	198
Combis	48	27	94	90,414	5,515	12,431	11,453	133
Microbuses	26	15	49	82,288	4,297	7,328	6,795	68
Pick up	67	38	115	92,299	8,388	12,117	11,189	149
Vehículos de hasta 3 toneladas	100	63	85	63,038	5,527	6,019	5,599	55
Tractocamiones	411	330	56	4,261	4,498	3,245	3,100	7
Autobuses	530	427	240	21,274	7,422	3,610	3,400	15
Vehículos de más de 3 toneladas	373	292	137	163,512	6,747	10,393	9,355	51
Motocicletas	9	5	6	11,364	159	1,133	1,059	3
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>765</b>	<b>157</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>726</b>	<b>18,206</b>	<b>18,206</b>	<b>N/A</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	726	18,206	18,206	N/A
Erosión eólica del suelo	765	157	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>16,577</b>	<b>3,500</b>	<b>4,817</b>	<b>1,256,040</b>	<b>106,562</b>	<b>590,487</b>	<b>318,203</b>	<b>11,005</b>

N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados; \*Excluye los derivados del petróleo y del carbón, \*\*Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

**Tabla 3.5.7 Inventario de emisiones porcentual por sector del Estado de México, 2006**

Sector	Emisiones [%]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>20.26</b>	<b>20.54</b>	<b>64.90</b>	<b>0.44</b>	<b>17.00</b>	<b>9.43</b>	<b>16.84</b>	<b>1.60</b>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1.19	1.60	3.80	0.03	1.03	0.52	0.95	0.12
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	1.92	0.69	11.69	0.00	0.23	0.41	0.75	0.05
Industria de la madera y productos de madera	0.13	0.17	3.13	0.00	0.02	0.64	1.18	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	0.47	1.43	11.77	0.03	0.69	1.26	2.30	0.15
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	3.35	1.83	16.05	0.04	1.09	4.67	8.41	0.29
Productos minerales no metálicos.*	6.35	7.37	8.05	0.04	1.84	0.08	0.14	0.25
Industrias metálicas básicas	3.55	0.43	2.80	0.03	1.24	0.29	0.40	0.05
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	2.12	1.51	6.93	0.11	0.61	1.44	2.58	0.09
Otras industrias manufactureras	0.02	0.03	0.35	0.00	0.06	0.07	0.11	N/S
Generación de energía eléctrica	1.16	5.49	0.31	0.17	10.19	0.05	0.04	0.61
<b>Fuentes de área</b>	<b>62.19</b>	<b>31.69</b>	<b>0.50</b>	<b>0.17</b>	<b>4.13</b>	<b>67.00</b>	<b>42.37</b>	<b>78.23</b>
Combustión comercial/institucional	0.12	0.57	N/S	0.01	0.58	0.00	0.00	N/S
Combustión habitacional	0.57	2.69	N/S	0.03	2.46	0.02	0.02	0.01
Operación de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.16	0.74	0.29	0.01	1.05	0.01	0.01	N/E
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.42	4.44	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.27	0.48	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.58	4.16	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.08	0.14	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.41	3.80	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.14	1.22	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.76	1.41	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	0.02	0.03	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8.67	11.10	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.08	0.14	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.37	0.68	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.28	4.17	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.32	6.07	N/A
Panaderías (fermentación de levaduras)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.50	0.93	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00	0.00	N/A
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	0.02	N/A	40.81	3.11	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.25	0.43	N/E
Incendios forestales	0.65	2.63	0.21	0.08	0.03	0.01	0.01	0.06
Incendios en estructuras	0.12	0.51	N/E	0.02	0.01	0.00	0.01	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	78.16
Vialidades pavimentadas	8.26	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vialidades sin pavimentar	52.31	24.54	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>12.93</b>	<b>43.29</b>	<b>34.59</b>	<b>99.38</b>	<b>78.19</b>	<b>20.49</b>	<b>35.07</b>	<b>20.17</b>
Autos particulares	3.17	8.26	16.30	53.66	34.94	10.25	17.53	14.00
Taxis	0.33	0.83	2.06	3.65	3.32	0.71	1.21	1.80
Combis	0.29	0.77	1.95	7.20	5.18	2.11	3.60	1.21
Microbuses	0.16	0.43	1.02	6.55	4.03	1.24	2.14	0.62
Pick up	0.40	1.09	2.39	7.35	7.87	2.05	3.52	1.35
Vehículos de hasta 3 toneladas	0.60	1.80	1.76	5.02	5.19	1.02	1.76	0.50
Tractocamiones	2.48	9.43	1.16	0.34	4.22	0.55	0.97	0.06
Autobuses	3.20	12.20	4.98	1.69	6.96	0.61	1.07	0.14
Vehículos de más de 3 toneladas	2.25	8.34	2.84	13.02	6.33	1.76	2.94	0.46
Motocicletas	0.05	0.14	0.12	0.90	0.15	0.19	0.33	0.03
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>4.61</b>	<b>4.49</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>0.68</b>	<b>3.08</b>	<b>5.72</b>	<b>N/A</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	0.68	3.08	5.72	N/A
Erosión eólica del suelo	4.61	4.49	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

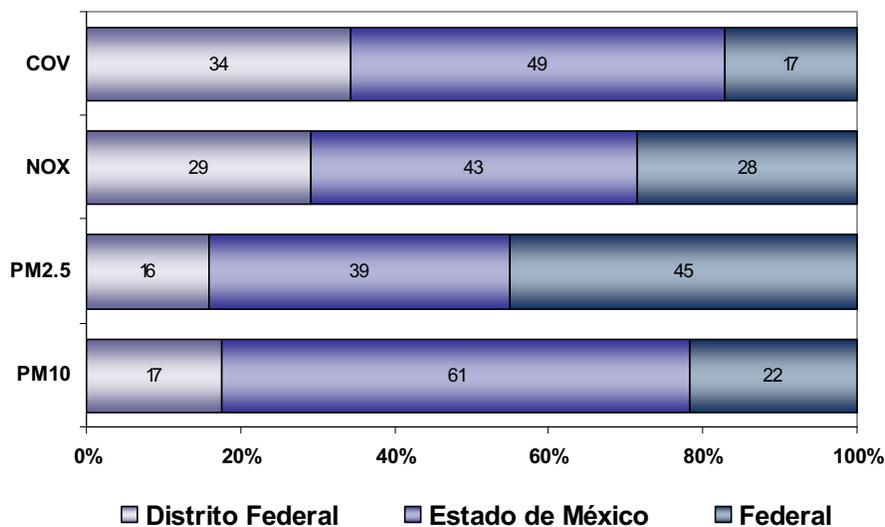
N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados; \*Excluye los derivados del petróleo y del carbón, \*\*Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión. Los valores pueden diferir con el total por el redondeo de cifras.

### 3.6 EMISIONES POR JURISDICCIÓN

En la actualidad, de acuerdo con el análisis de la información registrada por el sistema de monitoreo atmosférico que opera el gobierno del Distrito Federal, las normas de calidad del aire para protección de la salud de los habitantes de la ZMVM que se rebasan con mayor frecuencia son: las de ozono y de partículas PM<sub>10</sub>; el resto de los contaminantes generalmente registran niveles dentro de la norma.

Ante esta problemática, es importante mencionar que la instrumentación de medidas para seguir avanzando con el mejoramiento de la calidad del aire, es responsabilidad, no sólo del gobierno del Distrito Federal, sino también del gobierno del Estado de México y del gobierno Federal; por tal motivo es importante saber de dónde provienen las emisiones y diferenciar la jurisdicción a la que pertenece, para responsabilizar el control y reducción de emisiones de las mismas a quien corresponde.

Por lo anterior y con el propósito de ayudar a disminuir las concentraciones atmosféricas de ozono, partículas PM<sub>10</sub> y partículas PM<sub>2.5</sub>, se analizan en esta sección las emisiones de los precursores de ozono (COV y NO<sub>x</sub>) y las emisiones de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> por jurisdicción. Ver Gráfica 3.6.1 y Tabla 3.6.1.



Gráfica 3.6.1 Inventario de emisiones porcentual por jurisdicción

#### 3.6.1 Partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)

Las fuentes de jurisdicción del Gobierno del Estado de México, contribuyen a la ZMVM con el 61% de las emisiones de partículas PM<sub>10</sub>, generadas principalmente por el tránsito vehicular sobre vialidades sin pavimentar; en el caso de las PM<sub>2.5</sub>, las fuentes de jurisdicción Federal son responsables del 45% de las emisiones totales que se emiten a la atmósfera de la ZMVM, ocasionadas básicamente por la actividad vehicular de los tractocamiones y autobuses, los cuales consumen grandes cantidades de diesel.

### 3.6.2 Óxidos de nitrógeno y Compuestos Orgánicos Volátiles (NO<sub>x</sub> y COV)

Los NO<sub>x</sub> al igual que los COV, son generados en su mayoría por las fuentes emisoras que administra el Gobierno del Estado de México, contribuyen con el 43% de NO<sub>x</sub> y el 49% de los COV que se generan en la ZMVM, destacando las emisiones de los vehículos particulares y la del transporte de pasajeros.

**Tabla 3.6.1 Inventario de emisiones por jurisdicción**

Jurisdicción	Emisiones							
	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2.5</sub>		NO <sub>x</sub>		COV	
	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]	[ton/año]	[%]
Gobierno del Distrito Federal	4,046	17.6	984	15.9	56,488	29.0	193,366	34.2
Gobierno del Estado de México	14,014	60.8	2,434	39.3	82,831	42.5	276,343	48.8
Gobierno Federal	4,993	21.7	2,773	44.8	55,370	28.4	96,352	17.0
<b>Subtotal</b>	<b>23,053</b>	<b>100</b>	<b>6,191</b>	<b>100</b>	<b>194,689</b>	<b>100</b>	<b>566,061</b>	<b>100</b>



---

## **4. EMISIONES POR TIPO DE FUENTE**

---

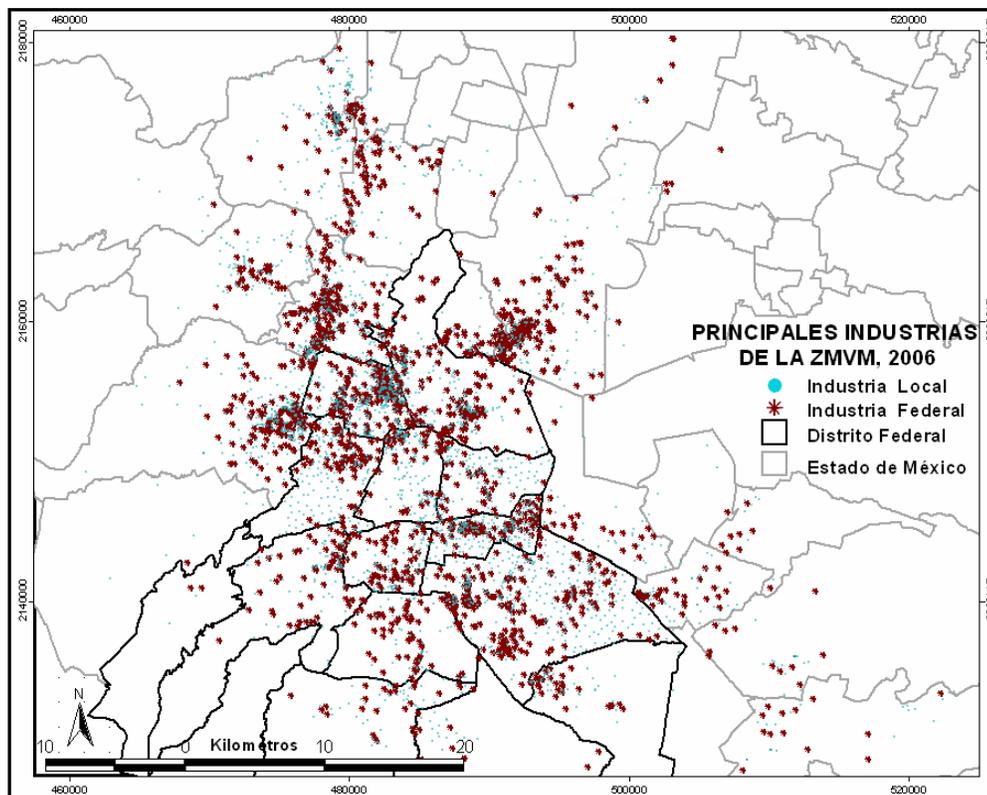




## 4.1 FUENTES PUNTUALES

De acuerdo al Censo Económico 2004 realizado por el INEGI<sup>1</sup>, existen más de 328 mil industrias manufactureras a nivel nacional, y el 16% se encuentra ubicado en la ZMVM, principalmente en grandes parques industriales.

Para el presente inventario se tienen registradas 7,826 industrias (fuentes puntuales) en la ZMVM, de éstas, 2,809 se ubican en el Distrito Federal, representando el 36% y 5,017 en el Estado de México (64%), ver Mapa 4.1.1.



**Mapa 4.1.1 Ubicación industrial de la ZMVM.**

Las fuentes puntuales consumen el 27% de la energía total generada por la combustión de combustibles fósiles en la ZMVM; siendo el consumo de gas natural el principal combustible utilizado en este sector.

Para su análisis las industrias y sus emisiones estimadas se agruparon considerando la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) de 1994, tal y como se indica en la Tabla 4.1.1.

Para el presente inventario de emisiones, se consideraron 9 subsectores de la industria manufacturera divididos en 52 ramas; y el subsector de generación de energía eléctrica, por lo que en total se consideraron, 10 subsectores y 53 ramas industriales. Ver Tabla 4.1.1.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

**Tabla 4.1.1 Descripción de las ramas y subsectores de actividad en la ZMVM**

Subsector	Rama	Descripción
31		Productos alimenticios, bebidas y tabaco
	3111	Industria de la carne
	3112	Elaboración de productos lácteos
	3113	Elaboración de conservas alimenticias; incluye concentrados para caldos; excluye las de carne y leche
	3114	Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas
	3115	Elaboración de productos de panadería
	3116	Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas
	3117	Fabricación de aceites y grasas comestibles
	3119	Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería
	3121	Elaboración de otros productos alimenticios para el consumo humano
	3122	Elaboración de alimentos preparados para animales
	3130	Industria de las bebidas
	3140	Industria del tabaco
32		Textiles, prendas de vestir e industria del cuero
	3211	Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo
	3212	Hilado tejido y acabado de fibras blandas; excluye de punto
	3213	Confección con materiales textiles; incluye la fabricación de tapices y alfombras de fibras blandas
	3214	Fabricación de tejidos de punto
	3220	Confección de prendas de vestir
	3230	Industria del cuero, pieles y sus productos; Incluye los productos de materiales sucedáneos, excluye calzado y prendas de cuero.
	3240	Industria del calzado excluye de hule y/o plástico
33		Industria de la madera y productos de madera, incluye muebles
	3311	Fabricación de productos de aserradero y carpintería; excluye muebles
	3312	Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho; excluye muebles
	3320	Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera; incluye colchones
34		Papel y productos de papel, imprentas y editoriales
	3410	Manufactura de celulosa, papel y sus productos
	3420	Imprentas, editoriales e industrias conexas
35		Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico
	3511	Petroquímica básica
	3512	Fabricación de sustancias químicas básicas; excluye las petroquímicas básicas
	3513	Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas
	3521	Industria farmacéutica
	3522	Fabricación de otras sustancias y productos químicos
	3540	Industria del coque; incluye otros derivados del carbón mineral y del petróleo
	3550	Industria del hule
	3560	Elaboración de productos de plástico
36		Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón
	3611	Alfarería y cerámica; excluye materiales de construcción
	3612	Fabricación de materiales de arcilla para la construcción
	3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
	3691	Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos a base de minerales no metálicos
37		Industrias metálicas básicas
	3710	Industria básica del hierro y del acero
	3720	Industrias básicas de metales no ferrosos; incluye el tratamiento de combustibles nucleares
38		Productos metálicos, maquinaria y equipo, incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión
	3811	Fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas y no ferrosas
	3812	Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales; incluso trabajos de herrería
	3813	Fabricación y reparación de muebles metálicos
	3814	Fabricación de otros productos metálicos; excluye maquinaria y equipo
	3821	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para fines específicos con o sin motor eléctrico integrado, incluye maquinaria agrícola
	3822	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para usos generales con o sin motor eléctrico integrado; incluye armamento
	3823	Fabricación y/o ensamble de máquinas de oficina; cálculo y procesamiento informativo
	3831	Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos; incluye para la generación de energía eléctrica
	3832	Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio, televisión; comunicaciones y de uso médico
	3833	Fabricación y/o ensamble de aparatos y accesorios de uso domestico; excluye los electrónicos
	3841	Industria automotriz
	3842	Fabricación, reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes; excluye automóviles y camiones
	3850	Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión; incluye instrumental quirúrgico excluye los electrónicos
39		Otras industrias manufactureras
	3900	Otras industrias manufactureras
41		Generación de energía eléctrica
	4100	Generación de energía eléctrica



### 4.1.1 Clasificación de las fuentes puntuales por jurisdicción

Con la finalidad de que este documento sirva para definir la políticas para mejorar la calidad del aire, los establecimientos industriales se clasificaron de acuerdo a su jurisdicción, en federales y locales; basándose en el artículo 111 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en el cual se establecen los giros de competencia del Gobierno Federal (Química, 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), por otra parte, se considera como industria de jurisdicción local, a todas aquellas que no están descritas en dicho artículo.

El inventario de emisiones de las fuentes puntuales, se integró con la información de la Cédula de Operación Anual (COA), de la Licencia Ambiental Única y de la Licencia de Funcionamiento, en el ámbito de su jurisdicción correspondiente, ya sea en la SEMARNAT cuando son de competencia del gobierno Federal o en las Secretarías del Medio Ambiente de los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México según su ubicación cuando son de competencia de jurisdicción local.

Para el año 2006 se analizaron 7,826 industrias registradas en la ZMVM; de éstas, 6,042 son de jurisdicción de los gobiernos locales, donde el 71% se localizan en el Estado de México y 29% en el Distrito Federal.

Así mismo, de las 1,784 industrias de jurisdicción del gobierno federal, el 58% se ubican en el Distrito Federal y el 42% en el Estado de México.

La siguiente figura muestra la distribución de industrias en cada entidad.

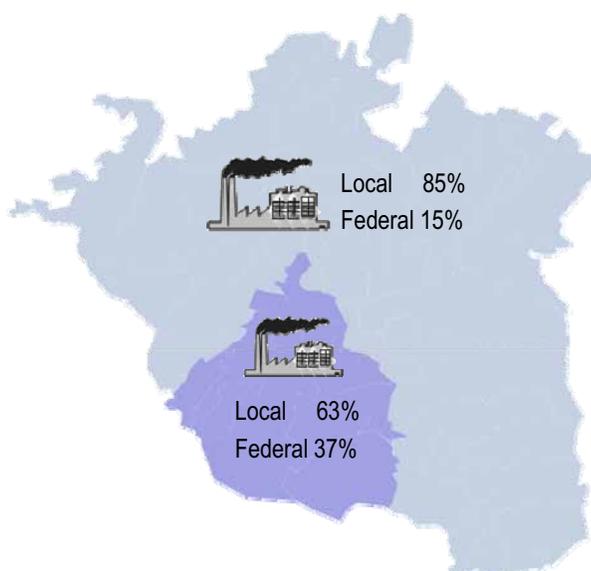


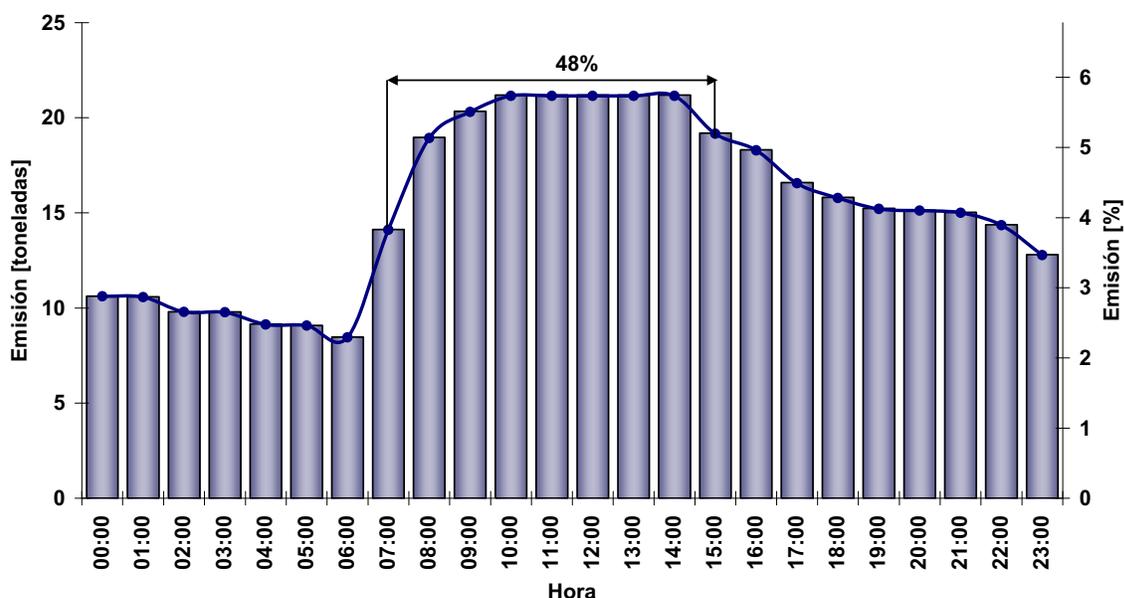
Figura 4.1.1 Porcentaje de industrias por jurisdicción y entidad

## 4.1.2 Emisiones de las fuentes puntuales

### Emisiones horarias

La distribución horaria de las emisiones (Gráfica 4.1.1), se desarrolló con base a la información referente al número de horas de operación e inicio de labores de las empresas. Del análisis de estos datos se tiene que más del 95% de las industrias, inician sus labores entre las 6:00 y las 9:00 horas y laboran 8 o más horas diarias.

En la Gráfica 4.1.1, se presenta el comportamiento horario de las emisiones de COV, en toneladas por hora y en porcentaje. En ella se aprecia que al menos el 2% de las emisiones de cada hora, es emitido por la industria que labora las 24 horas del día, es decir, estas industrias contribuyen aproximadamente con el 52% de las emisiones que se generan diariamente. Así mismo, se observa que las horas con mayor emisión se encuentran entre las 07:00 y las 15:00 horas, donde se libera el 48% de las emisiones diarias.



**Gráfica 4.1.1 Emisión horaria de COV de las fuentes puntuales**

El perfil de emisiones anterior, es representativo para las emisiones horarias de los otros contaminantes generados por la industria. En particular las emisiones de NOx se incrementan a partir de las 7:00 horas, debido principalmente al aporte proveniente del sector de generación de energía eléctrica.



**Tabla 4.1.2 Emisión horaria de las fuentes puntuales en la ZMVM [ton/hr]**

Hora	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
0:00	0.45	0.07	0.33	0.62	2.15	11.22	10.63	0.02
1:00	0.44	0.07	0.33	0.60	2.09	11.18	10.59	0.02
2:00	0.43	0.07	0.33	0.59	2.08	10.30	9.81	0.02
3:00	0.41	0.07	0.32	0.59	2.08	10.28	9.79	0.02
4:00	0.41	0.06	0.29	0.56	2.02	9.61	9.15	0.02
5:00	0.38	0.06	0.29	0.55	2.00	9.55	9.09	0.02
6:00	0.61	0.06	0.24	0.54	1.95	8.91	8.47	0.02
7:00	0.77	0.12	0.45	0.89	2.85	14.80	14.13	0.03
8:00	0.85	0.13	0.56	1.03	3.12	19.98	18.97	0.03
9:00	0.87	0.14	0.59	1.10	3.21	21.42	20.34	0.03
10:00	0.87	0.14	0.64	1.13	3.28	22.30	21.19	0.03
11:00	0.87	0.14	0.64	1.13	3.28	22.30	21.19	0.03
12:00	0.87	0.14	0.64	1.13	3.28	22.30	21.19	0.03
13:00	0.87	0.14	0.64	1.13	3.28	22.30	21.19	0.03
14:00	0.84	0.14	0.64	1.13	3.28	22.30	21.19	0.03
15:00	0.80	0.13	0.61	1.01	2.99	20.16	19.19	0.03
16:00	0.70	0.12	0.58	0.96	2.82	19.24	18.32	0.03
17:00	0.68	0.12	0.57	0.93	2.77	17.46	16.59	0.03
18:00	0.65	0.12	0.54	0.92	2.71	16.61	15.81	0.03
19:00	0.63	0.12	0.53	0.90	2.70	16.02	15.24	0.03
20:00	0.61	0.11	0.53	0.89	2.68	15.92	15.14	0.03
21:00	0.58	0.11	0.52	0.88	2.67	15.81	15.03	0.03
22:00	0.50	0.11	0.48	0.77	2.50	15.15	14.38	0.02
23:00	0.45	0.07	0.40	0.70	2.27	13.46	12.80	0.02
<b>Total</b>	<b>15.54</b>	<b>2.56</b>	<b>11.69</b>	<b>20.68</b>	<b>64.06</b>	<b>388.58</b>	<b>369.42</b>	<b>0.63</b>

### Emisiones anuales

En la Tabla 4.1.3, se desglosan las emisiones anuales de las fuentes puntuales por contaminante y se indica el número de industrias por subsector.

**Tabla 4.1.3 Emisiones anuales de las fuentes puntuales de la ZMVM**

Subsector	Número de empresas	Emisiones [ton/año]								
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>	
31	Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	2,226	719	78	220	465	1,777	7,536	7,418	17
32	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	649	417	32	620	107	369	2,543	2,520	7
33	Industria de la madera y productos de madera.	344	40	6	151	4	24	4,626	4,577	N/S
34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales.	626	109	61	619	437	1,003	16,744	15,993	20
35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	1,247	800	85	896	647	1,686	54,149	52,257	42
36	Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	425	1,278	262	392	526	2,141	1,880	1,647	30
37	Industrias metálicas básicas.	216	749	28	244	597	1,898	5,756	4,462	8
38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	1,739	520	70	351	1,619	1,165	17,255	16,777	11
39	Otras industrias manufactureras.	348	37	4	46	23	125	1,430	1,196	1
41	Generación de energía eléctrica.	6	200	200	16	2,212	11,067	290	145	68
<b>Total</b>		<b>7,826</b>	<b>4,869</b>	<b>826</b>	<b>3,555</b>	<b>6,637</b>	<b>21,255</b>	<b>112,209</b>	<b>106,992</b>	<b>204</b>
<b>Porcentaje</b>		<b>3%</b>	<b>*</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>14%</b>	<b>76%</b>	<b>**</b>	<b>N/S</b>	

N/S: No significativo; \*17% de las PM10; \*\*95% de los COT.

En conjunto, la industria de la ZMVM emite alrededor de 148,729 toneladas al año de contaminantes criterio, de las cuales el 76% son emisiones de COT, el 14 % de NO<sub>x</sub>, 5% de CO, 2% de SO<sub>2</sub>, 3% de PM<sub>10</sub> y el 0.1% corresponde a NH<sub>3</sub> (el cual es considerado como no significativo). Ver Figura 4.1.2 y Gráfica 4.1.2.

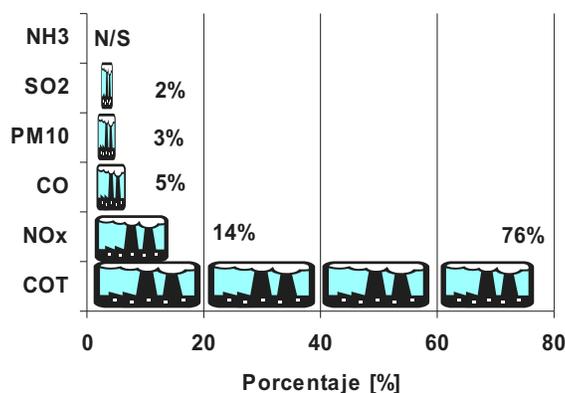
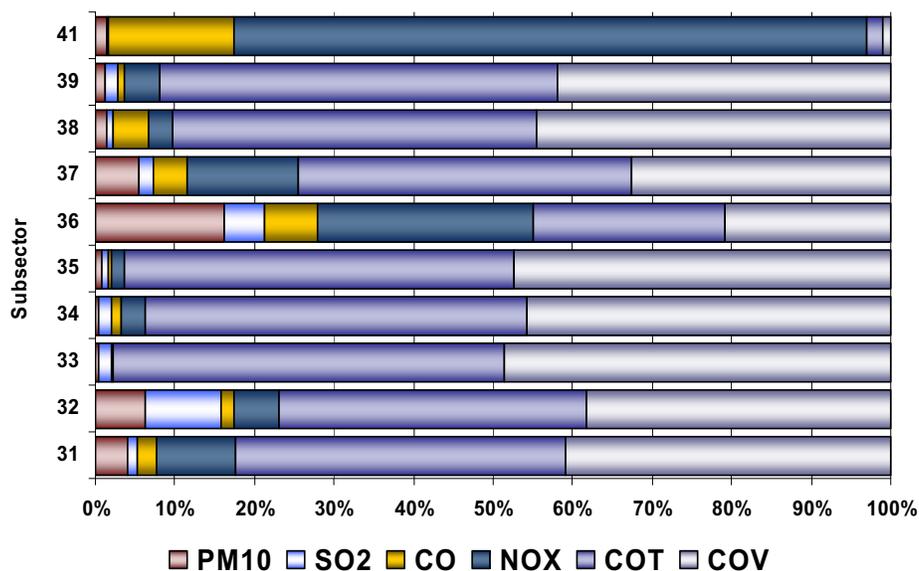


Figura 4.1.2 Contribución de contaminantes criterio por las fuentes puntuales



Gráfica 4.1.2 Contribución porcentual de contaminantes por subsector

### 4.1.3 Emisiones de las fuentes puntuales por rama industrial

En las siguientes tablas se desglosan las emisiones por rama industrial y por contaminante, además se indica el número de industrias en cada rama.

Las emisiones contaminantes que más se generan en el subsector 31-Productos alimenticios, bebidas y tabaco, son las de COT, siendo las ramas 3113 elaboración de conservas alimenticias y 3130 Industria de la bebida las más relevantes con una emisión de 4,997 ton/año, debido principalmente a la fermentación de la materia prima.

**Tabla 4.1.4 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 31**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3111	97	7	1	4	12	32	49	48	1
3112	162	25	13	58	31	100	6	5	3
3113	32	41	2	17	6	26	2,605	2,604	1
3114	34	349	1	N/S	8	13	3	3	N/S
3115	304	18	3	2	35	78	1,360	1,358	N/S
3116	1,217	99	2	1	18	26	8	7	1
3117	34	16	7	50	28	80	31	28	3
3119	72	6	2	10	15	37	86	81	1
3121	117	29	15	2	165	674	932	845	5
3122	27	83	3	67	7	23	62	60	N/S
3130	129	46	29	9	138	682	2,392	2,377	2
3140	1	N/S	N/S	N/S	2	6	2	2	N/S
<b>Total</b>	<b>2,226</b>	<b>719</b>	<b>78</b>	<b>220</b>	<b>465</b>	<b>1,777</b>	<b>7,536</b>	<b>7,418</b>	<b>17</b>

N/S: No significativo

En la Tabla 4.1.5, que muestra el subsector 32-Textiles, prendas de vestir e industria del cuero. Se observa que la rama industrial 3212 Hilado, tejido y acabado de fibras blandas, es la que presenta las mayores emisiones en todos los contaminantes, siendo las emisiones de COT las que más se generan, debido a la utilización de adhesivos y fibras sintéticas que se utilizan durante el proceso de fabricación de telas e hilados, seguido de las emisiones de SO<sub>2</sub>, debido a que en esta rama industrial, la mayoría de los equipos de combustión utilizan combustibles líquidos, los cuales contienen mayor cantidad de azufre que los gaseosos.

**Tabla 4.1.5 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 32**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3211	5	N/S	N/S	N/S	1	4	117	101	N/S
3212	221	371	27	509	83	263	2,138	2,133	6
3213	29	18	1	N/S	7	34	78	77	N/S
3214	40	21	3	106	11	42	73	73	1
3220	298	5	1	4	4	20	63	63	N/S
3230	33	2	N/S	1	1	5	29	29	N/S
3240	23	N/S	N/S	N/S	N/S	1	45	44	N/S
<b>Total</b>	<b>649</b>	<b>417</b>	<b>32</b>	<b>620</b>	<b>107</b>	<b>369</b>	<b>2,543</b>	<b>2,520</b>	<b>7</b>

N/S: No significativo

Del subsector 33-Industria de la madera y productos de madera, la mayor contribución está dada por la rama 3320 Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera; las emisiones de COT se generan en mayor proporción, debido a la utilización de barnices, lacas, pinturas y solventes, en esta actividad productiva.

**Tabla 4.1.6 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 33**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3311	53	23	6	151	2	17	126	126	N/S
3312	29	2	N/S	N/S	1	2	202	200	N/S
3320	262	15	N/S	N/S	1	5	4,298	4,251	N/S
<b>Total</b>	<b>344</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>151</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>4,626</b>	<b>4,577</b>	<b>N/S</b>

N/S: No significativo

En la tabla 4.1.7, referente al subsector 34-Papel y productos de papel, imprenta y editoriales; se tiene que las mayores emisiones son la de COT, debido al uso de tintas y solventes. En el caso particular de la rama 3410 industria del papel se observa una emisión alta de NO<sub>x</sub> de 976 ton/año, originadas por el gran consumo de combustible utilizado durante los procesos de generación de papel.

**Tabla 4.1.7 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 34**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3410	181	98	60	619	431	976	8,914	8,883	20
3420	445	11	1	N/S	6	27	7,830	7,110	N/S
<b>Total</b>	<b>626</b>	<b>109</b>	<b>61</b>	<b>619</b>	<b>437</b>	<b>1,003</b>	<b>16,744</b>	<b>15,993</b>	<b>20</b>

N/S: No significativo

En el subsector 35-Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, del hule y del plástico, se observa que la mayor emisión de contaminantes es aportada por la ramas 3521 Industria farmacéutica, 3512 Fabricación de sustancias químicas básicas y 3560 Fabricación de productos plásticos, donde las emisiones de COT son generadas en mayor proporción, por la utilización de solventes orgánicos como materia prima, así como a la utilización de resinas, plastificantes, polímeros, alcoholes y otros insumos propios de la industria química. Cabe mencionar que este subsector cuenta con un gran número de industrias y que representa el 16% de las fuentes puntuales registradas en la ZMVM.

**Tabla 4.1.8 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 35**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3512	225	114	38	618	244	614	11,105	10,770	17
3513	17	7	7	10	69	88	332	275	3
3521	175	93	10	71	71	242	15,183	14,473	8
3522	353	498	14	96	120	393	8,846	8,569	5
3540	45	25	6	40	30	149	3,358	3,095	5
3550	108	12	7	49	46	123	712	710	3
3560	324	51	3	12	67	77	14,613	14,365	1
<b>Total</b>	<b>1,247</b>	<b>800</b>	<b>85</b>	<b>896</b>	<b>647</b>	<b>1,686</b>	<b>54,149</b>	<b>52,257</b>	<b>42</b>

En el subsector 36-Productos minerales no metálicos, la mayor emisión es generada en la rama 3691 Fabricación de cemento, cal, yeso; siendo los NO<sub>x</sub> liberados como producto de la combustión el contaminante que más se emite (ver tabla 4.1.9).

**Tabla 4.1.9 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 36**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3611	15	83	4	N/S	31	116	13	10	1
3612	85	418	3	32	38	57	648	517	1
3620	54	54	29	5	344	914	441	355	12
3691	271	723	226	355	113	1,054	778	765	16
<b>Total</b>	<b>425</b>	<b>1,278</b>	<b>262</b>	<b>392</b>	<b>526</b>	<b>2,141</b>	<b>1,880</b>	<b>1,647</b>	<b>30</b>

N/S: No significativo



Para el subsector 37-Industrias metálicas básicas (tabla 4.1.10) se observa que los mayores emisores pertenecen a la rama 3720 Industria básica de metales no ferrosos, y el principal contaminante son los COT, los cuales son generados principalmente en los procesos de fundición, laminación y por el gran consumo de solventes. El número de empresas que generan la emisión de COT es de 130, estas emisiones representan más del 70% del total de este subsector.

Por otro lado en la rama 3710 Industria básica del hierro y del acero se tienen emisiones altas de NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>, contaminantes que se emiten en mayor cantidad debido a la combustión.

**Tabla 4.1.10 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 37**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3710	86	437	16	180	355	1,719	1,509	1,074	4
3720	130	312	12	64	242	179	4,247	3,388	4
<b>Total</b>	<b>216</b>	<b>749</b>	<b>28</b>	<b>244</b>	<b>597</b>	<b>1,898</b>	<b>5,756</b>	<b>4,462</b>	<b>8</b>

En la tabla 4.1.11 del subsector 38-Productos metálicos, maquinaria y equipo, se observa que la mayor emisión la aporta la rama 3841 Industria Automotriz, siendo las emisiones de los COT el contaminante más abundante; esto se debe principalmente a la actividad de recubrimiento en superficies y al uso de solventes adelgazantes y de limpieza.

Como segundo contaminante generado tenemos a los NO<sub>x</sub>, éstos son emitidos en mayor proporción por la rama 3814 Fabricación de otros productos metálicos, la cual contribuye con una emisión de 543 ton/año, que representa el 46% del total de NO<sub>x</sub> de este subsector.

**Tabla 4.1.11 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 38**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3811	75	148	23	198	474	63	250	249	1
3812	463	42	3	43	13	59	171	167	N/S
3813	103	11	1	N/S	6	19	2,603	2,602	N/S
3814	558	90	17	87	336	543	4,472	4,436	5
3821	56	6	1	N/S	142	39	521	491	N/S
3822	66	16	5	N/S	57	63	168	156	N/S
3823	6	N/S	N/S	N/S	2	14	24	24	N/S
3831	116	23	4	1	45	69	2,009	2,006	1
3832	20	4	N/S	2	2	10	563	563	N/S
3833	47	73	6	4	61	86	419	415	2
3841	183	67	9	16	471	178	5,889	5,509	2
3842	29	39	1	N/S	10	21	115	108	N/S
3850	17	1	N/S	N/S	N/S	1	51	51	N/S
<b>Total</b>	<b>1,739</b>	<b>520</b>	<b>70</b>	<b>351</b>	<b>1,619</b>	<b>1,165</b>	<b>17,255</b>	<b>16,777</b>	<b>11</b>

N/S: No significativo

En el sector 39-Otras industrias manufactureras, los COT con 1,430 ton/año, son los contaminantes dominantes, como se muestra en la Tabla 4.1.12.

**Tabla 4.1.12 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 39**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
3900	348	37	4	46	23	125	1,430	1,196	1
<b>Total</b>	<b>348</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>46</b>	<b>23</b>	<b>125</b>	<b>1,430</b>	<b>1,196</b>	<b>1</b>

Por último, de la rama 4100 Generación de energía eléctrica, la mayor emisión está dada por los NO<sub>x</sub> con 11,067 ton/año, lo cual representa el 52% del total de las emisiones de las fuentes puntuales de la ZMVM. Esto se debe al gran consumo de combustible utilizado en el proceso de generación de energía eléctrica.

**Tabla 4.1.13 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 40**

Rama	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
4100	6	200	200	16	2,212	11,067	290	145	68
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>16</b>	<b>2,212</b>	<b>11,067</b>	<b>290</b>	<b>145</b>	<b>68</b>

#### 4.1.4 Emisiones de las fuentes puntuales por tipo de contaminante

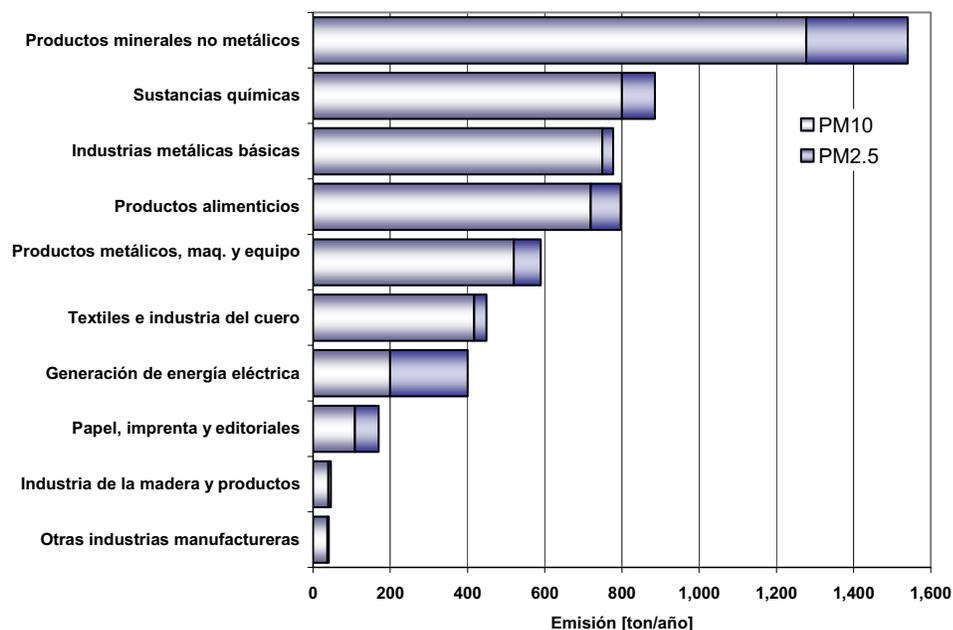
Para conocer con mayor detalle los giros o subsectores que generan las emisiones de las fuentes puntuales, a continuación se presenta un análisis de la emisión de cada contaminante, destacando el número de industrias más emisoras en cada uno de ellos.

##### **Partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>**

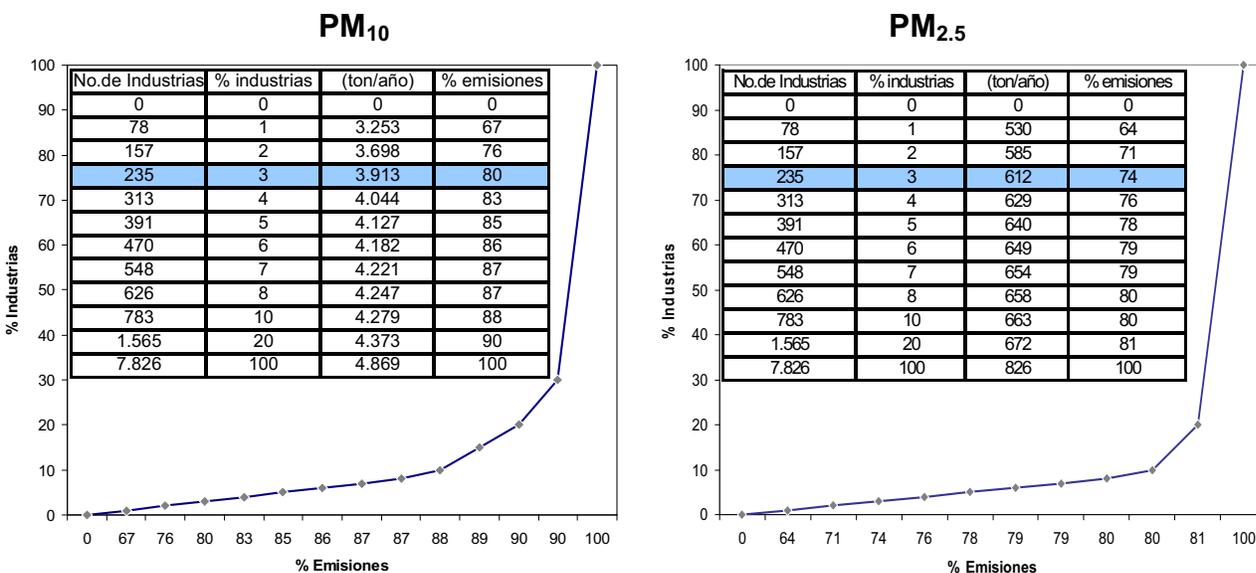
La contribución a las emisiones de PM<sub>10</sub> por las fuentes puntuales se concentra principalmente en 4 subsectores: Productos minerales no metálicos, Industria metálica básica, Productos alimenticios, bebidas y tabaco, así como el de las Sustancias Químicas. Estos giros aportan 3,546 ton/año, lo cual representa el 72% del total de las emisiones de las fuentes puntuales. Los cinco giros restantes aportan 1,323 ton/año.

Las PM<sub>2.5</sub> son generadas en su mayoría por procesos de combustión, por tal motivo, el sector de generación de energía, junto con el sector de la industria de productos minerales no metálicos, contribuyen con el 56% (462 ton/año) de las emisiones de PM<sub>2.5</sub> (Gráfica 4.1.3).

La Gráfica 4.1.4 muestra que el 3% del sector industrial (235 industrias), contribuye con el 80% de las emisiones de PM<sub>10</sub> y con el 74% de PM<sub>2.5</sub>; esto indica que los esfuerzos para controlar la emisión de este contaminante, deben estar dirigidos hacia estas empresas.



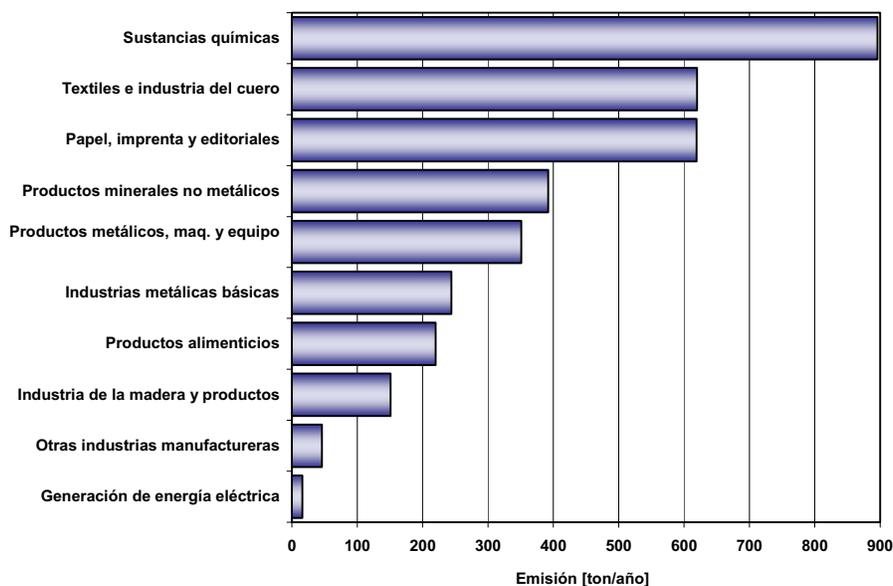
**Gráfica 4.1.3 Emisiones de partículas por giro industrial en la ZMVM**



**Gráfica 4.1.4 Empresas y su contribución a las emisiones de PM<sub>10</sub> y de PM<sub>2.5</sub>.**

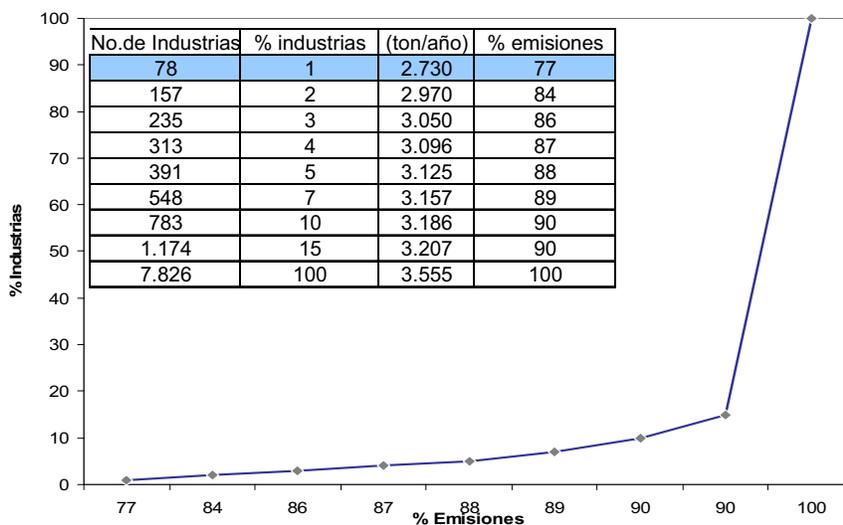
### **Bióxido de Azufre**

En la Gráfica 4.1.5, se puede observar que los giros más emisores de bióxido de azufre son: la Industria química, la textil, la Industria de productos minerales no metálicos, así como la del papel y productos, estos cuatro giros aportan 2,527 ton/año, lo que representa el 71% de las emisiones de este contaminante. Los seis giros restantes contribuyen con 1,028 ton/año.



**Gráfica 4.1.5 Emisiones de SO<sub>2</sub> por giro industrial en la ZMVM**

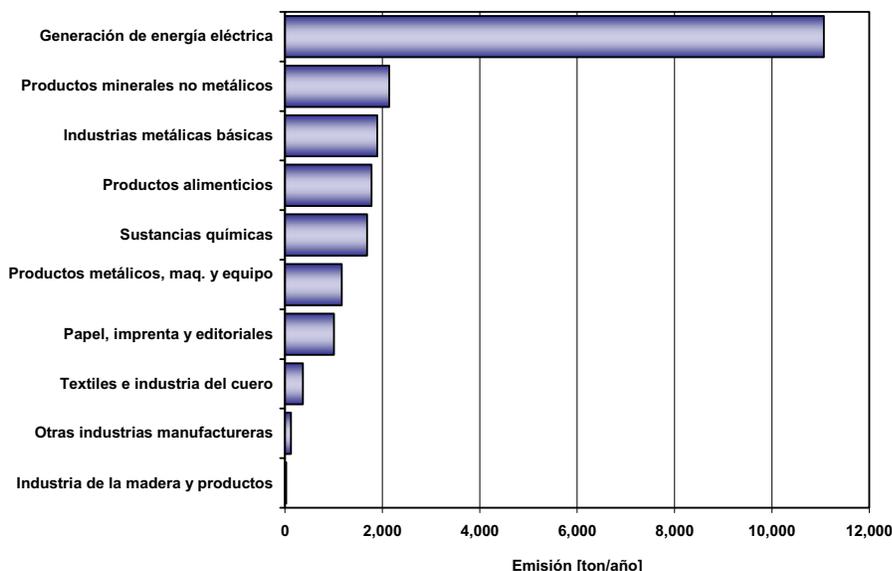
De la emisión de SO<sub>2</sub> de las fuentes puntuales, se tiene que el 1% de la industria (78 industrias) contribuye con el 77% de las emisiones de este contaminante. Estas empresas consumen combustibles líquidos, ya sea diesel con 0.04% de azufre en peso, gasóleo con el 2% o combustóleo industrial con 3.6% de azufre en peso.



**Gráfica 4.1.6 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de SO<sub>2</sub>**

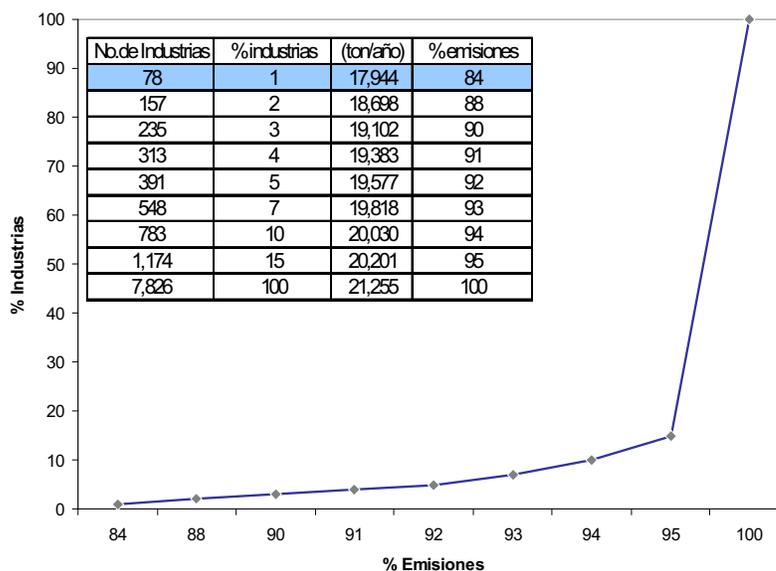
### Óxidos de Nitrógeno

El giro que más emite óxidos de nitrógeno es el de la generación de energía eléctrica con 11,067 ton/año y cabe mencionar que éste representa el 52% de los NOx generados por las fuentes puntuales.



**Gráfica 4.1.7 Emisiones de NO<sub>x</sub> por giro industrial en la ZMVM**

En la gráfica 4.1.8, se observa que el 1% de la industria contribuye con el 84% de las emisiones de NO<sub>x</sub>. Esto nos indica que tan sólo 78 industrias consumen la mayor parte del combustible que se distribuye en la ZMVM; incluyéndose a las plantas generadoras de energía eléctrica como las más contaminantes y con mayor consumo energético.

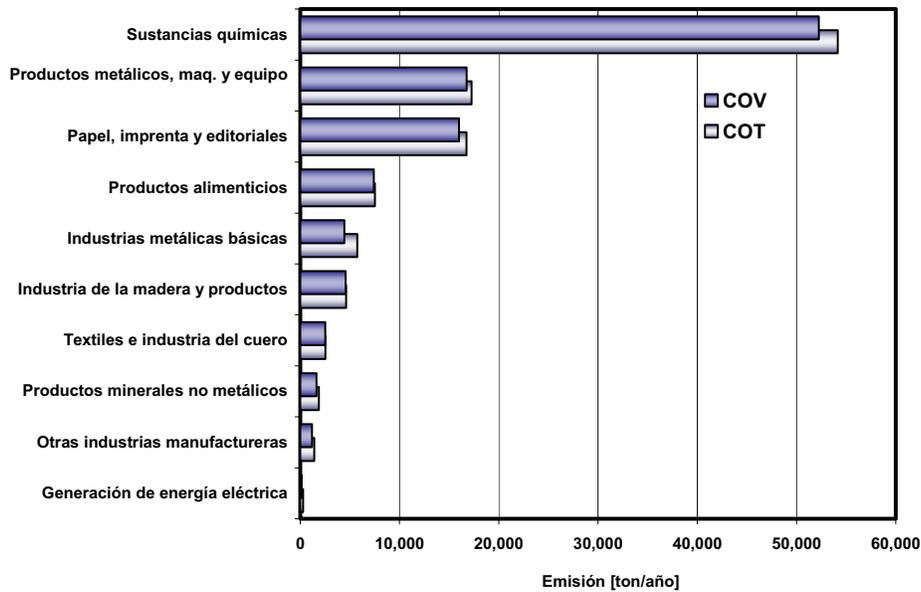


**Gráfica 4.1.8 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de NO<sub>x</sub>**

### **Compuestos Orgánicos Totales y Volátiles**

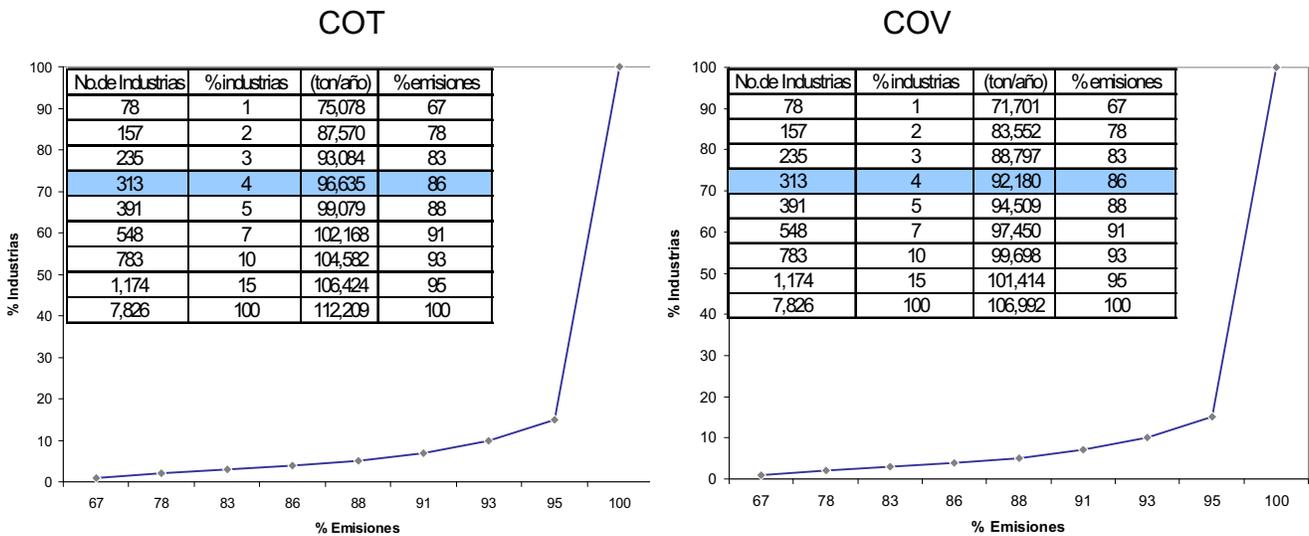
En la gráfica 4.1.9 se puede observar que los principales giros industriales que contribuyen a la emisión de COT son: la industria química, seguida de productos metálicos, así como la de productos de papel e impresión; estos giros contribuyen con 88,148 ton/año y representan alrededor del 79% de las emisiones industriales. Los giros restantes contribuyen con 24,061 ton/año.

Las emisiones de COV presentan un comportamiento similar al anterior y esto se debe a que dichos contaminantes forman parte de los COT y representan el 95% de los compuestos orgánicos totales emitidos por la industria.



Gráfica 4.1.9 Emisiones de COT y COV por giro industrial en la ZMVM

El 4% de la industria registrada en la ZMVM contribuye con el 86% de las emisiones de COT y de COV, es decir 313 industrias. Debido a que los COV se encuentran contenidos en los COT, el porcentaje de contribución de emisiones se mantiene igual (ver gráfica siguiente).



Gráfica 4.1.10 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de COT y COV



#### 4.1.5 Emisiones por entidad y jurisdicción

Debido a la importancia que tiene el control de las emisiones contaminantes en la ZMVM, se desagregaron las emitidas por las fuentes fijas por entidad y por jurisdicción.

De las emisiones contaminantes generadas por entidad en la ZMVM, tenemos que las fuentes puntuales emiten en esta zona 4,869 ton/año de PM<sub>10</sub> y 826 ton/año de PM<sub>2.5</sub>, de las cuales el 69% (3,359 ton/año) y el 87% (719 ton/año) respectivamente provienen de las fuentes puntuales ubicadas en el Estado de México. También de los precursores de ozono tenemos que de las 21,255 ton/año de NO<sub>x</sub> y de las 106,992 ton/año de COV el 85% (18,116 ton/año) y un poco más del 50% (53,601 ton/año) respectivamente provienen de las industrias ubicadas en el Estado de México. Ver Tabla 4.1.14.

**Tabla 4.1.14 Distribución de las emisiones industriales por entidad federativa**

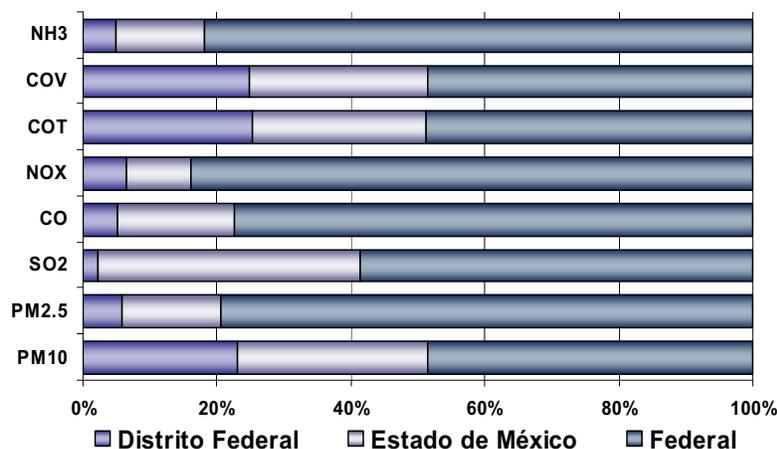
Entidad	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Distrito Federal	2809	1,510	107	429	1,064	3,139	56,550	53,391	28
Estado de México	5017	3,359	719	3,126	5,573	18,116	55,659	53,601	176
<b>Total</b>	<b>7826</b>	<b>4,869</b>	<b>826</b>	<b>3,555</b>	<b>6,637</b>	<b>21,255</b>	<b>112,209</b>	<b>106,992</b>	<b>204</b>

Ampliando el análisis por entidad, al desagregar a las industrias por jurisdicción, tenemos que la mayor generación de emisiones de casi todos los contaminantes se presentan en las industrias de jurisdicción federal localizadas en el Estado de México, excepto para el caso de los COV y COT donde la mayor generación se da en las industrias de jurisdicción local ubicadas también en el Estado de México. Ver Tabla 4.1.15.

**Tabla 4.1.15 Emisiones industriales por jurisdicción y entidad federativa**

Jurisdicción	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Local D.F.	1773	1,125	48	80	344	1,388	28,390	26,657	10
Federal D.F.	1036	385	59	349	720	1,751	28,160	26,734	18
Local Edo. Méx.	4269	1,375	122	1,390	1,156	2,018	29,144	28,430	27
Federal Edo. Méx.	748	1,984	597	1,736	4,417	16,098	26,515	25,171	149
<b>Total</b>	<b>7826</b>	<b>4,869</b>	<b>826</b>	<b>3,555</b>	<b>6,637</b>	<b>21,255</b>	<b>112,209</b>	<b>106,992</b>	<b>204</b>

La Gráfica 4.1.11, muestra la distribución de las emisiones contaminantes generadas por las fuentes puntuales por jurisdicción, donde es importante resaltar que las industrias que regula el Gobierno Federal son las más emisoras, ya que contribuyen entre el 49% y el 84% de las emisiones de cada uno de los contaminantes generados en la ZMVM por este sector.



**Gráfica 4.1.11 Distribución de emisiones industriales por jurisdicción**

### **Emisiones industriales en el Distrito Federal**

El Distrito Federal concentra el 36% (2,809) de las industrias ubicadas en la ZMVM; dentro de éstas 1,773 son industrias de jurisdicción del gobierno del Distrito Federal (locales). Siendo las industrias que regula el gobierno Federal las que generan las mayores emisiones de SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y COV; y sólo para el caso de las emisiones de PM<sub>10</sub> y COT, las industrias locales emiten la mayor cantidad. Ver Tabla 4.1.16.

**Tabla 4.1.16 Emisiones industriales por jurisdicción en el Distrito Federal**

Entidad	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Local	1773	1,125	48	80	344	1,388	28,390	26,657	10
Federal	1036	385	59	349	720	1,751	28,160	26,734	18
<b>Total</b>	<b>2809</b>	<b>1,510</b>	<b>107</b>	<b>429</b>	<b>1,064</b>	<b>3,139</b>	<b>56,550</b>	<b>53,391</b>	<b>28</b>

Al desagregar por subsector las emisiones de cada uno de los contaminantes generados en el Distrito Federal, tenemos que las emisiones de bióxido de azufre, de compuestos orgánicos volátiles y de compuestos orgánicos totales, se emiten en mayor cantidad en la industria química; mientras que el giro de productos de consumo alimenticio es la principal fuente de emisiones de PM<sub>10</sub> y de NO<sub>x</sub>. Ver Tabla 4.1.17 y Gráfica 4.1.12<sup>2</sup>.

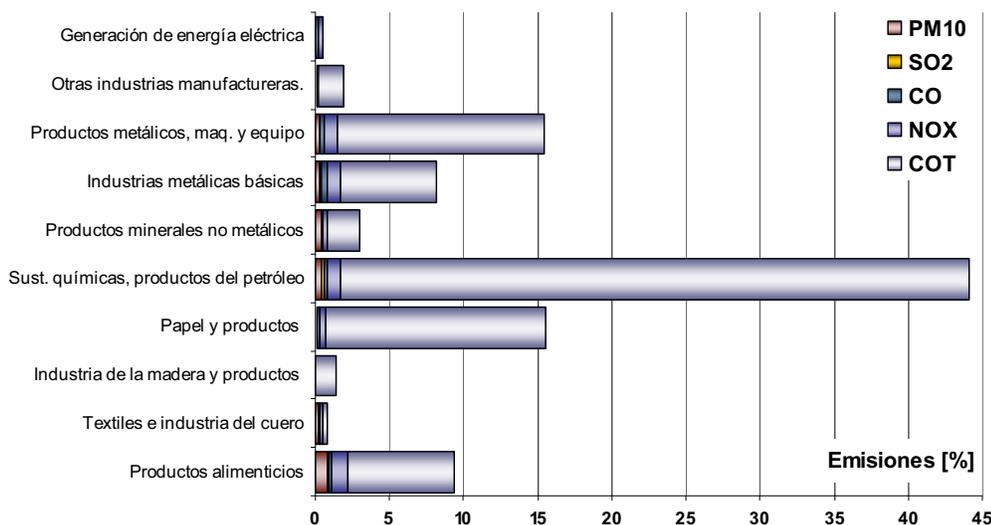
<sup>2</sup> Las emisiones de NH<sub>3</sub> y PM<sub>2.5</sub> no se presentan, debido a que sus porcentajes no son significativos, y en el caso de los COV, es porque éstos se encuentran incluidos en los COT.



**Tabla 4.1.17 Emisiones por subsector industrial en el Distrito Federal**

Subsector	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	335	522	22	37	146	684	4,483	4,389	4
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	218	98	8	57	46	123	148	144	2
Industria de la madera y productos de madera.	125	19	N/S	N/S	1	4	842	834	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales.	388	31	11	52	98	270	9,281	8,672	4
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	670	245	21	123	157	524	26,575	25,501	10
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	105	225	4	4	73	183	1,382	1,216	2
Industrias metálicas básicas.	98	160	13	109	231	573	4,030	3,200	3
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	661	169	17	17	210	510	8,766	8,574	1
Otras industrias manufactureras.	207	33	3	29	16	58	1,031	855	1
Generación de energía eléctrica.	2	8	8	1	86	210	12	6	1
<b>Total</b>	<b>2,809</b>	<b>1,510</b>	<b>107</b>	<b>429</b>	<b>1,064</b>	<b>3,139</b>	<b>56,550</b>	<b>53,391</b>	<b>28</b>

N/S: No significativo



**Gráfica 4.1.12 Principales contaminantes por subsector del Distrito Federal**

La distribución de las emisiones por delegación, nos indica que la delegación Iztapalapa cuenta con el mayor número de industrias, seguida de Azcapotzalco y Gustavo A. Madero, estas tres delegaciones concentran casi la mitad de la industria del Distrito Federal y generan la mayor parte de cada uno de los contaminantes generados por este sector, ver Tabla 4.1.18.

**Tabla 4.1.18 Emisiones Industriales por delegación en el Distrito Federal**

Delegación	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Álvaro Obregón	136	62	2	8	16	35	482	463	1
Azcapotzalco	457	539	34	51	371	1,176	17,867	16,965	9
Benito Juárez	154	11	1	19	23	33	586	496	1
Coyoacán	106	58	3	15	10	40	4,939	4,494	1
Cuajimalpa	6	N/S	N/S	N/S	N/S	1	2	2	N/S
Cuauhtémoc	193	199	10	9	95	257	4,591	4,352	1
Gustavo A. Madero	328	85	11	149	145	740	5,633	5,433	3
Iztacalco	288	153	4	45	26	69	3,720	3,641	1
Iztapalapa	582	171	14	66	182	234	7,746	7,480	4
Magdalena Contreras	1	4	N/S	N/S	N/S	1	2	1	N/S
Miguel Hidalgo	230	68	19	28	146	348	6,787	6,281	5
Milpa Alta	1	N/S	N/S	N/S	N/S	1	1	1	N/S
Tláhuac	73	83	4	10	20	114	1,661	1,507	1
Tlalpan	70	20	1	4	6	21	218	206	N/S
Venustiano Carranza	157	42	3	23	17	56	2,034	1,798	1
Xochimilco	27	15	1	2	7	13	281	271	N/S
<b>Total</b>	<b>2,809</b>	<b>1,510</b>	<b>107</b>	<b>429</b>	<b>1,064</b>	<b>3,139</b>	<b>56,550</b>	<b>53,391</b>	<b>28</b>

N/S: No significativo

**Emisiones industriales en el Estado de México**

Los municipios del Estado de México ubicados en la ZMVM, concentran el 64% (5,017) de la industria y 4,269 son de jurisdicción del gobierno del Estado de México (locales). Sin embargo, al analizar las emisiones contaminantes, se observa que las federales generan la mayor emisión de PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub>; y sólo las locales emiten mayor cantidad de COV y COT. Ver Tabla 4.1.19.

**Tabla 4.1.19 Emisiones industriales por jurisdicción en el Estado de México**

Entidad	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Local	4269	1,375	122	1,390	1,156	2,018	29,144	28,430	27
Federal	748	1,984	597	1,736	4,417	16,098	26,515	25,171	149
<b>Total</b>	<b>5017</b>	<b>3,359</b>	<b>719</b>	<b>3,126</b>	<b>5,573</b>	<b>18,116</b>	<b>55,659</b>	<b>53,601</b>	<b>176</b>

De las industrias evaluadas en el Estado de México, los principales contaminantes generados son los COT, se emiten 55,659 ton/año, siendo el giro más emisor la industria química. La mayor cantidad de las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO y NH<sub>3</sub> son producto de la generación de energía eléctrica. De bióxido de azufre se emitieron 3,126 ton/año, y el subsector de Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico aporta la mayor cantidad con 773 ton/año.

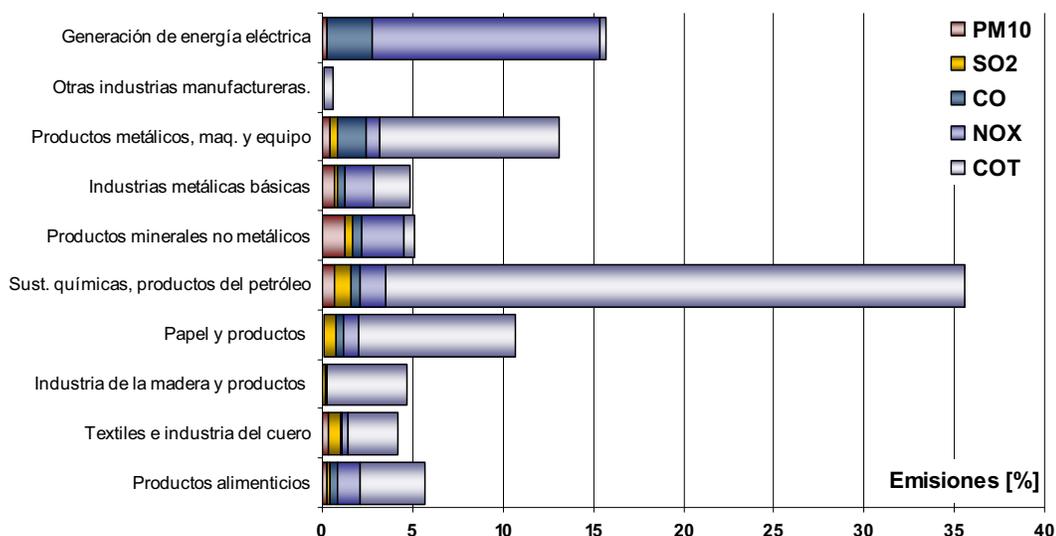


Respecto a las PM<sub>10</sub>, se emiten 3,359 ton/año, generadas en mayor proporción por los productos minerales no metálicos (1,053 ton/año). Ver Tabla 4.1.20.

**Tabla 4.1.20 Emisiones industriales por subsector en el Estado de México**

Subsector	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	1891	197	56	183	319	1,093	3,053	3,029	13
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	431	319	24	563	61	246	2,395	2,376	5
Industria de la madera y productos de madera.	219	21	6	151	3	20	3,784	3,743	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales.	238	78	50	567	339	733	7,463	7,321	16
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	577	555	64	773	490	1,162	27,574	26,756	32
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	320	1,053	258	388	453	1,958	498	431	28
Industrias metálicas básicas.	118	589	15	135	366	1,325	1,726	1,262	5
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	1078	351	53	334	1,409	655	8,489	8,203	10
Otras industrias manufactureras.	141	4	1	17	7	67	399	341	N/S
Generación de energía eléctrica.	4	192	192	15	2,126	10,857	278	139	67
<b>Total</b>	<b>5,017</b>	<b>3,359</b>	<b>719</b>	<b>3,126</b>	<b>5,573</b>	<b>18,116</b>	<b>55,659</b>	<b>53,601</b>	<b>176</b>

N/S: No significativo



**Gráfica 4.1.13 Principales contaminantes por subsector del Estado de México**

En lo que se refiere a la distribución por municipio y por tipo de contaminante, Tlalnepantla, Naucalpan y Ecatepec, destacan por tener el mayor número de industrias y generación de emisiones de casi todos los contaminantes. Por otra parte, cabe mencionar que el municipio de Acolman aporta más del 58% de las emisiones de NO<sub>x</sub> debido a que en él se encuentran dos grandes industrias del sector energético. (Ver siguiente tabla de emisiones municipales).

Tabla 4.1.21 Emisiones industriales por municipio en el Estado de México

Municipio	Número de empresas	Emisiones [ton/año]							
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Acolman	4	443	170	64	1,837	10,430	1959	1786	74
Amecameca	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Apaxco	14	207	130	167	59	590	17	17	9
Atenco	7	6	2	4	9	12	82	78	N/S
Atizapán De Zaragoza	118	23	6	48	94	164	963	929	2
Atlautla	6	1	N/S	N/S	N/S	1	2	2	N/S
Axapusco	21	1	N/S	N/S	N/S	N/S	3	3	N/S
Ayapango	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	1	1	1	N/S
Chalco	38	43	9	128	153	42	1,171	975	1
Chiautla	26	10	N/S	3	1	2	3	3	N/S
Chicoloapan	16	12	2	7	35	34	56	47	N/S
Chiconcuác	38	1	N/S	2	N/S	1	5	4	N/S
Chimalhuacán	5	3	1	1	35	1	N/S	N/S	N/S
Coacalco	7	11	N/S	N/S	N/S	N/S	60	57	N/S
Cocotitlán	18	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Coyotepec	71	1	N/S	N/S	1	N/S	10	10	N/S
Cuautitlán	51	11	3	36	56	35	409	406	1
Cuautitlán Izcalli	227	115	11	34	40	111	4,327	4,197	3
Ecatepec	354	497	50	445	942	696	12,883	12,375	16
Ecatzingo	12	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Huehuetoca	56	12	2	24	20	33	457	443	N/S
Hueyoxtlá	66	2	N/S	N/S	1	3	6	6	N/S
Huixquilucan	8	11	N/S	1	1	4	N/S	N/S	N/S
Isidro Fabela	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	1	1	N/S
Ixtapaluca	33	76	19	467	136	137	195	193	2
Jaltenco	31	1	N/S	N/S	N/S	1	11	11	N/S
Jilotzingo	N/S	1	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Juchiltepec	75	1	N/S	N/S	N/S	1	5	5	N/S
La Paz	74	42	7	207	62	100	859	832	3
Melchor Ocampo	70	4	N/S	1	2	3	193	188	N/S
Naucalpan de Juárez	414	181	25	378	260	446	10,701	10,591	10
Nextlalpan	33	2	N/S	N/S	N/S	1	9	9	N/S
Nezahualcóyotl	58	15	N/S	2	4	12	98	88	N/S
Nicolás Romero	7	1	1	3	1	4	49	49	N/S
Nopaltepec	73	2	1	3	2	4	26	26	N/S
Otumba	48	1	N/S	N/S	N/S	N/S	5	5	N/S
Ozumba	54	5	N/S	1	3	2	6	6	N/S
Papalotla	15	2	N/S	3	6	1	4	4	N/S
San Martín De Las Pirámides	92	4	N/S	1	1	2	16	15	N/S
Santa María Tonanitla	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Tecámac	22	5	2	60	5	25	487	458	1
Temamatla	N/S	1	N/S	N/S	N/S	N/S	1	1	N/S
Temascalapa	45	2	N/S	N/S	N/S	1	7	6	N/S
Tenango Del Aire	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Teoloyucan	130	13	N/S	6	2	5	56	54	N/S
Teotihuacan	151	24	N/S	2	4	7	146	142	N/S
Tepetlaoxtoc	N/S	1	1	1	1	4	2	2	N/S
Tepetlixpa	N/S	1	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Tepotzotlán	95	42	3	38	26	45	2,133	2,114	1
Tequixquiac	78	2	N/S	1	1	2	42	41	N/S
Texcoco	336	40	4	27	85	77	256	245	1
Tezoyuca	N/S	1	N/S	4	2	4	108	105	N/S
Tlalmanalco	N/S	9	2	12	21	33	142	141	1
Tlalnepantla	536	1,262	200	776	929	3,609	12,809	12,192	36
Tultepec	204	12	N/S	3	10	8	164	158	N/S
Tultitlán	133	135	63	126	700	1,364	4,222	4,101	13
Valle De Chalco	801	41	4	20	16	34	219	216	1
Villa Del Carbón	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Zumpango	246	20	1	20	10	24	273	263	1
<b>Total</b>	<b>5,017</b>	<b>3,359</b>	<b>719</b>	<b>3,126</b>	<b>5,573</b>	<b>18,116</b>	<b>55,659</b>	<b>53,601</b>	<b>176</b>

N/S: No significativo. N/A: No Aplica



## 4.2 FUENTES DE ÁREA

Las emisiones de fuentes de área de la ZMVM, por ser demasiado numerosas y dispersas, para este inventario se agruparon en subcategorías, las cuales pueden incluir varias modalidades, como se muestra en la Tabla 4.2.1.

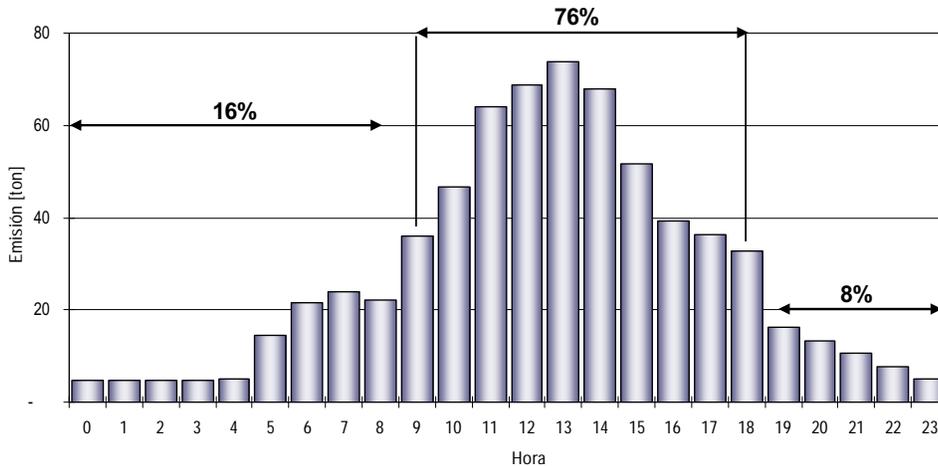
**Tabla 4.2.1 Fuentes de área inventariadas**

Categoría		Subcategoría	Modalidad
Combustión en fuentes estacionarias		Combustión industrial	Gas natural
		Combustión comercial / institucional	Gas natural, Gas L.P.
		Combustión habitacional	Gas natural, gas L.P.
Fuentes móviles que no circulan por carretera		Operación de aeronaves	Turbosina / Gas avión
		Locomotoras	Foráneas y de patio a diesel
		Terminal de autobuses de pasajeros	Diesel
Uso de Solventes		Consumo de solventes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos en aerosol</li> <li>• Productos domésticos</li> <li>• Productos de cuidado personal</li> <li>• Productos de cuidado automotriz</li> <li>• Adhesivos y selladores</li> <li>• Pesticidas</li> <li>• Productos misceláneos.</li> </ul>
		Limpieza de superficies en la industria	Solventes en general
		Recubrimiento superficies arquitectónicas	Base agua, Base solvente
		Recubrimiento de superficies industriales	Base agua, Base solvente
		Lavado en seco	Gas nafta, Percloroetileno
		Artes gráficas Pintado de carrocerías Pintado de señalamientos de tránsito Aplicación de asfalto	Solventes en general
Fuentes industriales ligeras y comerciales		Panaderías	Fermentación
		Esterilización en hospitales	Uso de solventes
		Asados al carbón	Cocción de carne de Res y Pollo
Fuentes de área miscelánea		Incendio en estructuras	Por tipo de estructura
		Incendios forestales	Por tipo de vegetación
		Caminos pavimentados	Tránsito intenso y escaso
		Caminos sin pavimentar	Tránsito escaso
		Emisiones domesticas de amoniaco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respiración y transpiración humana</li> <li>• Desechos de perros y gatos</li> <li>• Uso doméstico de amoniaco</li> <li>• Humo de cigarrillos</li> <li>• Pañales desechables</li> <li>• Otros desechos humanos</li> </ul>
Manejo Y tratamiento de residuos		Rellenos sanitarios	Municipales no peligrosos
		Tratamiento de aguas residuales	Domésticas no industriales
		Terminales de almacenamiento masivo	Gasolina, Diesel, Turbosina, C. industrial
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	Almacenamiento y distribución de combustibles líquidos	Distribución de gasolina (en estaciones de servicio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipas en tránsito, con carga</li> <li>• Pipas en tránsito, sin carga</li> <li>• Recarga tanque de almacenamiento</li> <li>• Respiración tanque almacenamiento</li> <li>• Recarga combustible en vehículos</li> <li>• Derrames en recarga de vehículos</li> </ul>
		Carga de combustibles en aeronaves	Turbosina, Gas avión
		Terminales de almacenamiento masivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga de semirremolques</li> <li>• Almacenamiento</li> <li>• Carga de auto-tanques</li> <li>• Carga de tanque portátil</li> </ul>
	Distribución y almacenamiento de gas L.P.	Distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga estaciones de carburación</li> <li>• Descarga en tanques estacionarios</li> <li>• Distribución y venta de recipientes portátil</li> </ul>
	Fugas en instalaciones	Industrial	General
		Servicios	General
		Habitacional	Recipiente portátil y estacionario, estufas y calentadores
	Hidrocarburos quemados no	Industrial	General
		Servicios	General
Habitacional		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufas</li> <li>• calentadores</li> </ul>	

Fuente: Manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, 1997.

### 4.2.1 Emisiones horarias

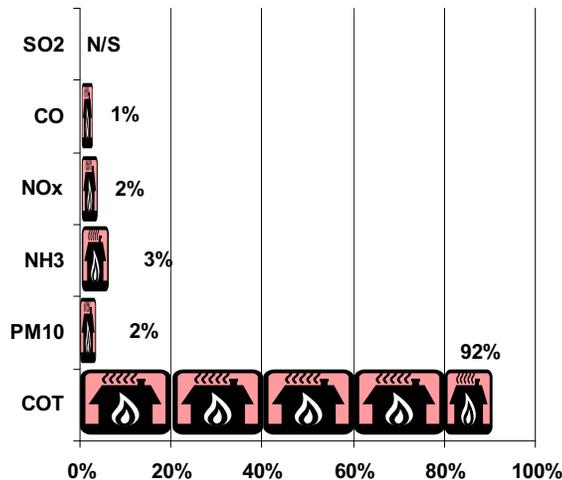
La elaboración del perfil horario para distribuir las emisiones de las fuentes de área, se realizó tomando en cuenta los horarios en que la población realiza sus actividades cotidianas, como son: la transportación al trabajo y/o escuela, la cocción de alimentos, la limpieza del hogar, el arreglo y aseo personal; así como los horarios asociados a la operación del transporte aéreo y terrestre, tomando en cuenta los perfiles de distribución horaria de fuentes fijas y fuentes móviles. En la Gráfica 4.2.1 se presenta la distribución horaria de COV de las fuentes de área. En ella se observa que de las 00:00 a las 08:00 horas, se emiten el 16% de las emisiones de COV, de las 09:00 a las 18:00 horas el 76% y de las 20:00 a las 23:00 horas el 8% restante.



Gráfica 4.2.1 Perfil de emisión horaria de COV de las fuentes de área

### 4.2.2 Emisiones anuales

En la Zona Metropolitana del Valle de México, las fuentes de área en el año 2006, emitieron aproximadamente 584 mil toneladas de contaminantes, de los cuales, los más abundantes son los COT, que representan el 92% de las fuentes de área, mientras que los NO<sub>x</sub> y el NH<sub>3</sub>, en conjunto representan el 5%. Ver Gráfica 4.2.2, donde se muestran las emisiones de contaminantes criterio en porcentaje.



Gráfica 4.2.2 Distribución de contaminantes de fuentes de área



Es importante mencionar, que de las 537 mil toneladas de COT que generan las fuentes de área, el 48% es metano y más del 50% compuestos orgánicos volátiles; así mismo, de las 12,133 toneladas de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) que emiten las fuentes de área, el 11% son menores a 2.5  $\mu\text{m}$ , siendo los caminos no pavimentados los principales emisores.

Las emisiones contaminantes generadas por cada una de las categorías que integran las fuentes de área, se presentan en la Tabla 4.2.2.

**Tabla 4.2.2 Inventario de emisiones de fuentes de área, ZMVM-2006**

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año]							
	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{SO}_2$	CO	$\text{NO}_x$	COT	COV	$\text{NH}_3$
<b>Combustión en fuentes estacionarias</b>	<b>197</b>	<b>197</b>	<b>1</b>	<b>895</b>	<b>5,873</b>	<b>239</b>	<b>150</b>	<b>1</b>
Combustión comercial-institucional	36	36	N/S	185	1,132	46	28	N/S
Combustión habitacional	161	161	1	710	4,741	193	122	1
<b>Fuentes móviles no carreteras</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>19</b>	<b>4,290</b>	<b>6,710</b>	<b>2,091</b>	<b>2,012</b>	<b>N/A</b>
Operación de aeronaves	20	19	N/S	4,075	5,214	2,019	1,939	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	34	34	19	187	1,471	62	61	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	1	1	N/S	28	25	10	12	N/S
<b>Uso de solventes</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>204,119</b>	<b>152,395</b>	<b>N/A</b>
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	25,596	25,288	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,799	2,743	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	27,196	23,660	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	800	790	N/A
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35,994	21,597	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,011	6,967	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7,999	7,999	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/E	N/A	N/A	199	199	N/A
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	91,525	63,152	N/A
<b>Almacenamiento y transporte derivados del petróleo</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>66,274</b>	<b>65,232</b>	<b>N/A</b>
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,107	1,107	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	6	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,556	3,499	N/A
Fugas en instalaciones de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	26,135	25,717	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35,470	34,903	N/A
<b>Fuentes industriales ligeras y comerciales</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>5,299</b>	<b>5,299</b>	<b>N/A</b>
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,276	5,276	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23	23	N/A
<b>Manejo de residuos</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>266</b>	<b>N/A</b>	<b>258,864</b>	<b>13,129</b>	<b>N/A</b>
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	266	N/A	256,003	10,497	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,861	2,632	N/E
<b>Fuentes de área miscelánea</b>	<b>11,881</b>	<b>1,115</b>	<b>14</b>	<b>1,919</b>	<b>62</b>	<b>146</b>	<b>77</b>	<b>15,380</b>
Incendios forestales	154	131	14	1,361	49	100	46	10
Incendio en estructuras	36	32	N/E	558	13	46	31	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,370
Caminos pavimentados	2,072	N/S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Caminos sin pavimentar	9,619	952	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>12,133</b>	<b>1,366</b>	<b>34</b>	<b>7,370</b>	<b>12,645</b>	<b>537,032</b>	<b>238,294</b>	<b>15,381</b>

N/A: No Aplica, N/S: No Significativo, N/E: No Estimado, HCNQ: Hidrocarburos No Quemados

### 4.2.3 Emisiones de las fuentes de área por contaminante

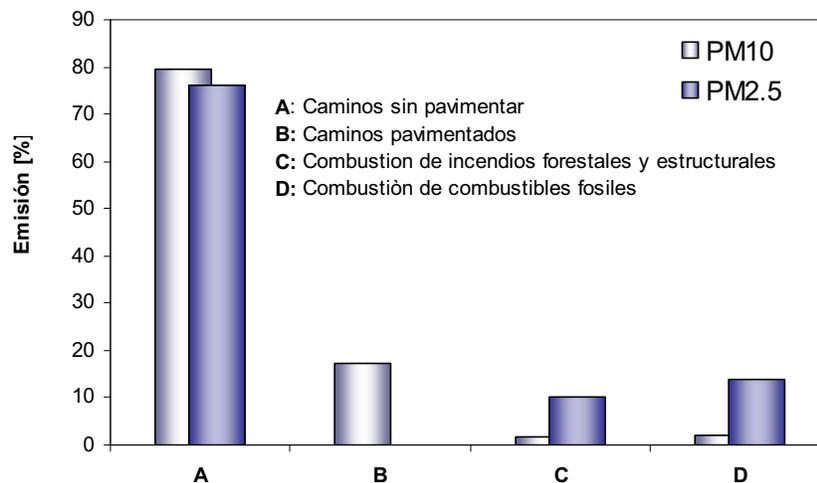
A continuación, se describen con mayor detalle las emisiones contaminantes de las fuentes de área y sus principales generadores; excepto las emisiones de CO y SO<sub>2</sub>, ya que en conjunto representan poco más del 1% de las emisiones totales de las fuentes de área y las emisiones de NH<sub>3</sub>, debido a que la mayor cantidad de este gas proviene de una sola fuente (emisiones domésticas de amoniaco).

#### **Partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>**

Las partículas suspendidas presentes en la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México, son uno de los principales problemas de contaminación del aire, especialmente en las zonas cercanas a suelos con falta de cubierta vegetal, vialidades sin pavimentar y a construcciones y obras de gran dimensión como las unidades habitacionales.

En algunos estudios realizados durante los años 1997 y 2002<sup>3</sup>, para conocer la composición química de las partículas suspendidas en la atmósfera de la ZMVM, se ha encontrado que aproximadamente el 48% son de origen geológico y que el 50% de las PM<sub>10</sub>, son PM<sub>2.5</sub>.

Las emisiones de partículas generadas por las fuentes de área son principalmente de origen geológico, como las generadas en las vialidades no pavimentadas que representan el 79% y el 70% de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> respectivamente (ver Gráfica 4.2.3.).



**Gráfica 4.2.3 Principales categorías de emisión de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>**

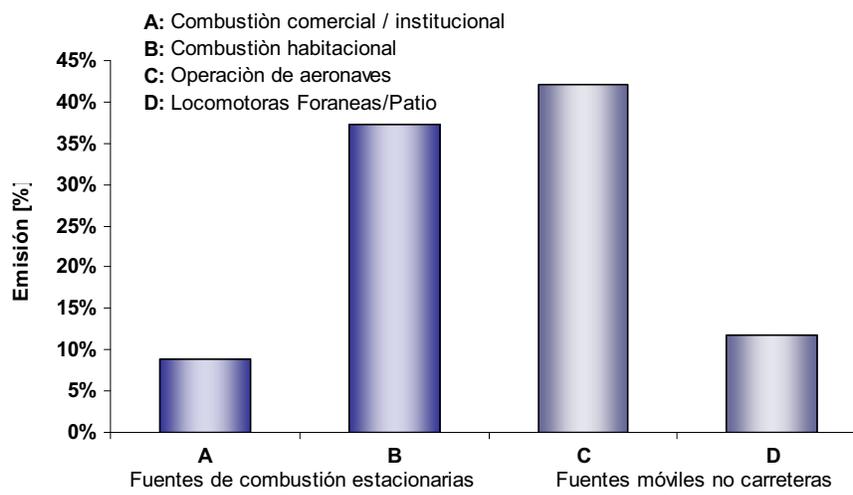
También las emisiones de partículas de las vialidades no pavimentadas respecto a las emisiones totales de la ZMVM de este contaminante son relevantes, dado que representan el 42% y el 15% respectivamente.

<sup>3</sup> Analysis of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the Atmosphere of Mexico City during 2000-2002 and Chemical composition of PM<sub>10</sub> in Mexico City during the winter 1997.



## Óxidos de nitrógeno

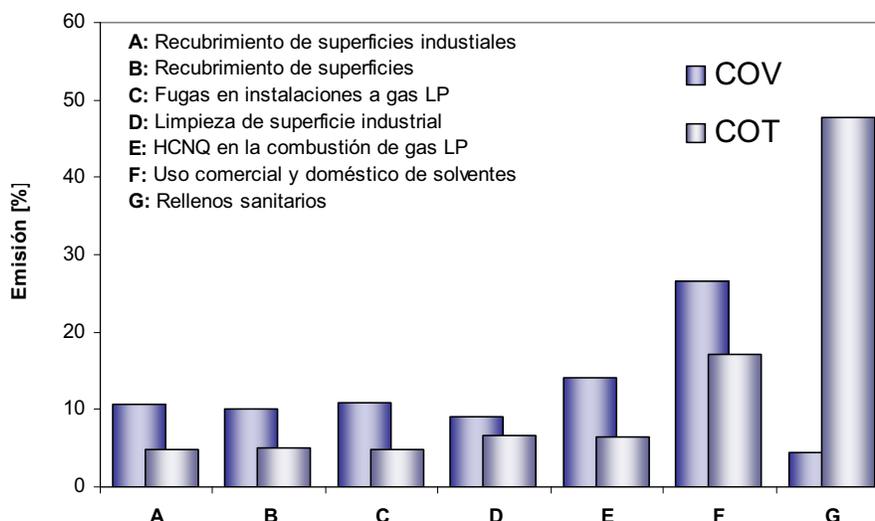
De 12,645 toneladas de  $\text{NO}_x$  que se emiten en las fuentes de área, el 47% se genera durante el proceso de combustión en fuentes estacionarias, donde se consume principalmente gas L.P. y gas natural. Las fuentes móviles no carreteras emiten el 53% restante (operación de locomotoras a diesel 12% y la operación de aeronaves el 42%); cabe mencionar que las emisiones generadas por eventos no predecibles como son los incendios forestales y estructurales, son no significativas.



Gráfica 4.2.4 Emisiones de  $\text{NO}_x$  de las fuentes de área

## Compuestos orgánicos totales y volátiles

De las emisiones de COT en fuentes de área, el 48% se genera por la degradación de residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios y su mayoría es  $\text{CH}_4$  (256,003 ton/año); otra cantidad importante de COT proviene de los diferentes productos comerciales utilizados para el cuidado personal, de los adhesivos y selladores, catalogados como uso de solventes, los cuales en conjunto emiten 34%. Por el almacenamiento, transporte y uso de derivados del petróleo, se emitieron 12% en su mayoría por HCNQ en la combustión de gas LP y por fugas de gas L.P. (Gráfica 4.2.5).



Gráfica 4.2.5 Distribución de emisiones de COT y COV

## 4.2.4 Emisiones por categoría de las fuentes de área

A continuación se analizan algunas categorías que incluyen fuentes emisoras de alta contribución o que tienen un potencial importante para afectar la calidad del aire.

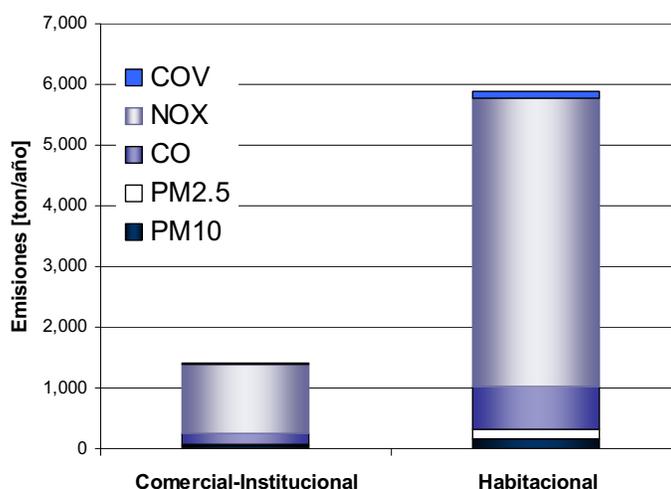
### *Emisiones por combustión de fuentes estacionarias*

En esta categoría se incluyen las emisiones generadas por la combustión de aproximadamente 2.6 millones de m<sup>3</sup> de gas L.P. y 136 millones de m<sup>3</sup> de gas natural, volumen que se utilizó en el sector habitacional. El sector comercial institucional (ejemplo: hoteles, restaurantes, hospitales, tortillerías, baños públicos y tintorerías), tuvo un consumo de 634 mil m<sup>3</sup> de gas L.P. y aproximadamente 26 millones de m<sup>3</sup> de gas natural.

La gráfica 4.2.6 muestra las emisiones de los principales contaminantes generados por sector. El contaminante más abundante en estas categorías son los NO<sub>x</sub>, con una aportación del 37% por el sector habitacional a las fuentes de área y del 9% por el sector comercial-institucional (ver Tabla 4.2.3).

**Tabla 4.2.3 Emisiones de NO<sub>x</sub> por tipo de combustible, sector y entidad**

Fuentes Estacionarias	Emisiones [ton/año]		
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
<b>Combustión Habitacional</b>	<b>2,124</b>	<b>2,617</b>	<b>4,741</b>
Gas LP	2,089	2,448	4,537
Gas natural	35	169	204
<b>Combustión Comercial–Institucional</b>	<b>510</b>	<b>622</b>	<b>1,132</b>
Gas LP	503	587	1,090
Gas natural	7.0	35	42
<b>Sub-total</b>	<b>2,634</b>	<b>3,239</b>	<b>5,873</b>
Gas LP	2,592	3,035	5,627
Gas natural	42	204	246
<b>Total</b>	<b>2,634</b>	<b>3,239</b>	<b>5,873</b>



**Gráfica 4.2.6 Emisiones por combustión de fuentes estacionarias [ton/año]**

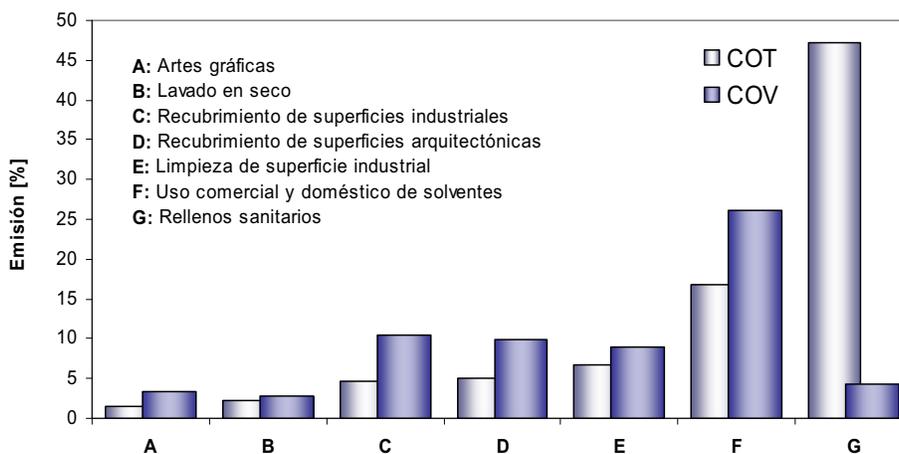


## Emisiones por uso de solventes

En la ZMVM se realizan numerosas actividades que utilizan solventes en pequeñas cantidades, o productos que los contienen y que posteriormente se evaporan; entre las categorías más importantes por su emisión de COT se pueden mencionar: el uso comercial y doméstico de solventes; productos para la limpieza de superficies industriales, los recubrimientos de superficies industriales y arquitectónicas, la limpieza en seco, así como el sector de artes gráficas. A continuación, la Tabla 4.2.4 presenta las emisiones de dichas categorías.

**Tabla 4.2.4 Emisiones de COT y COV por el uso de solventes [ton/año]**

Subsector	Distrito Federal		Estado de México		ZMVM	
	COT	COV	COT	COV	COT	COV
Productos en aerosol	591	408	749	517	1,340	925
Productos domésticos	4,584	3,163	5,814	4,012	10,398	7,175
Productos de cuidado personal	13,399	9,245	16,996	11,727	30,395	20,972
Productos de cuidado automotor	7,757	5,353	9,840	6,789	17,597	12,142
Adhesivos y selladores	3,350	2,311	4,249	2,932	7,599	5,243
Pesticidas comerciales y domésticos	10,314	7,117	13,082	9,026	23,396	16,143
Productos misceláneos	353	243	447	309	800	552
<b>Total</b>	<b>40,348</b>	<b>27,840</b>	<b>51,177</b>	<b>35,312</b>	<b>91,525</b>	<b>63,152</b>



**Gráfica 4.2.7 Emisiones generadas por el uso de solventes [ton/año]**

## Emisiones por almacenamiento, uso y transporte de derivados del petróleo

En esta categoría, las emisiones más abundantes están relacionadas con el aprovechamiento del gas LP en las instalaciones domésticas. Existen aproximadamente 4.5 millones de estufas y 2.5 millones de calentadores en la ZMVM, estos equipos están conectados mediante accesorios al tanque portátil o estacionario, donde se almacena el combustible y generalmente no están herméticamente sellados, debido a esto, se fugan a la atmósfera cerca de 26 mil toneladas de gas LP. Además, debido a que el proceso de combustión que se realiza en las estufas y calentadores es incompleto, se liberan a la atmósfera, cerca de 35 mil toneladas de gas LP sin quemar.

A continuación se presentan las emisiones generadas por el uso del gas L. P. desagregado por categoría y entidad.

**Tabla 4.2.5 Emisiones por el uso de GLP**

Categoría	Emisiones [ton/año]					
	COT			COV		
	D.F.	E.M.	ZMVM	D.F.	E.M.	ZMVM
<b>Distribución y Almacenamiento de gas LP</b>	<b>1,352</b>	<b>2,204</b>	<b>3,556</b>	<b>1,330</b>	<b>2,169</b>	<b>3,499</b>
<b>Distribución</b>	<b>1,220</b>	<b>1,571</b>	<b>2,791</b>	<b>1,200</b>	<b>1,546</b>	<b>2,746</b>
<i>Descarga carro-tanque en estaciones de servicio</i>	20	21	41	20	21	41
<i>Descarga en tanques estacionarios</i>	151	179	330	148	177	325
<i>Distribución en tanque portátil</i>	1,050	1,370	2,420	1,032	1,348	2,380
<b>Almacenamiento</b>	<b>132</b>	<b>633</b>	<b>765</b>	<b>130</b>	<b>623</b>	<b>753</b>
<i>Almacenamiento en planta</i>	30	145	175	30	143	173
<i>Carga de auto-tanques en planta</i>	42	195	237	42	191	233
<i>Descarga de semirremolques en planta</i>	39	185	224	38	183	221
<i>Carga de tanque portátiles en planta</i>	21	108	129	20	106	126
<b>Fugas por instalaciones a gas LP</b>	<b>12,643</b>	<b>13,492</b>	<b>26,135</b>	<b>12,441</b>	<b>13,276</b>	<b>25,717</b>
Industrial	30	77	107	30	76	106
Servicios	111	130	241	109	128	237
Doméstica	<b>12,502</b>	<b>13,285</b>	<b>25,787</b>	<b>12,302</b>	<b>13,072</b>	<b>25,374</b>
<i>Portátiles</i>	9,038	9,604	18,642	8,893	9,450	18,343
<i>Estacionarios</i>	897	953	1,850	884	938	1,822
<i>Estufas</i>	2,419	2,571	4,990	2,380	2,530	4,910
<i>Calentadores</i>	148	157	305	145	154	299
<b>HCNQ de gas LP</b>	<b>15,842</b>	<b>19,628</b>	<b>35,470</b>	<b>15,589</b>	<b>19,314</b>	<b>34,903</b>
Industrial	1,634	4,276	5,910	1,608	4,208	5,816
Servicios	2,406	2,811	5,217	2,368	2,766	5,134
Doméstica	11,802	12,541	24,343	11,613	12,340	23,953
<i>Estufas</i>	9,270	9,850	19,120	9,121	9,692	18,813
<i>Calentadores</i>	2,532	2,691	5,223	2,492	2,648	5,140
<b>Total Fugas</b>	<b>29,837</b>	<b>35,324</b>	<b>65,161</b>	<b>29,360</b>	<b>34,759</b>	<b>64,119</b>

En total, tenemos que por fugas se desperdician al menos 64 mil toneladas de gas L.P., con lo que se podrían llenar más de 3.2 millones de cilindros portátiles de 20 Kg, que representarían un costo de aproximadamente de 29 millones de pesos.<sup>4</sup>

### **Emisiones por manejo de residuos sólidos**

De los residuos sólidos generados en la ZMVM, el 10% es recuperado y el 90% es colocado en rellenos sanitarios como sitios de disposición final, en el cual y debido a la actividad microbiana, se genera CH<sub>4</sub> y otros gases como producto de la descomposición anaerobia de la basura. Aunque sólo el Bordo Poniente en su etapa IV está en uso, los que ya están clausurados siguen emitiendo cantidades considerables de contaminantes del aire. Las emisiones de los rellenos sanitarios se presentan en la Tabla 4.2.6.

<sup>4</sup> Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión: Evolución de los Precios Administrados por el Sector Público al Primer Semestre de 2006 y su Impacto en la Inflación. 2006. Precio promedio de los precios autorizados \$9.17/kg de GLP.



**Tabla 4.2.6 Emisiones generadas en rellenos sanitarios [ton/año]**

Municipio	Sitio de Disposición	CO	COT	COV
Álvaro Obregón	Prados de la montaña	16	15,019	616
Nezahualcoyotl	Bordo Poniente E1-E4	178	171,396	7,028
La Paz	Santa Catarina	72	69,588	2,853
<b>Estado de México</b>		<b>250</b>	<b>240,984</b>	<b>9,881</b>
<b>Distrito Federal</b>		<b>16</b>	<b>15,019</b>	<b>616</b>
<b>Zona Metropolitana del Valle de México</b>		<b>266</b>	<b>256,003</b>	<b>10,497</b>

Fuente: Emisiones estimadas con el programa LANDFILL.

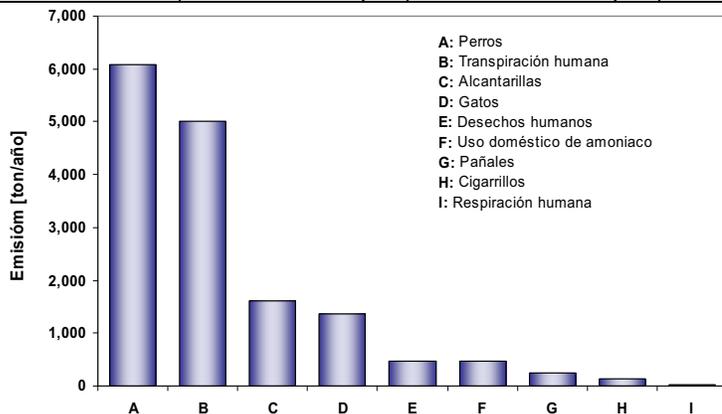
### Fuentes de área misceláneas

El amoníaco (NH<sub>3</sub>), como parte del ciclo del nitrógeno, es uno de los principales contribuyentes de la formación de aerosoles en la atmósfera; el ión amonio reacciona rápidamente con nitratos, sulfatos o con otros aniones para formar partículas (CENR, 2000<sup>5</sup>). La estimación de este compuesto es importante debido a que en la ZMVM se tienen problemas de concentración de partículas.

En forma individual, las emisiones domésticas de amoníaco se consideran pequeñas, sin embargo, debido a la gran cantidad de las subcategorías que la conforman, el amoníaco generado asciende a más de 15 mil toneladas al año y cabe mencionar, que el amoníaco doméstico representa el 77% del total en la ZMVM (Gráfica 4.2.8). La Tabla 4.2.7, muestra las subcategorías evaluadas en las emisiones domésticas de amoníaco, resaltando las emisiones generadas por la transpiración y los desechos de los perros, cabe mencionar que la información de perros y gatos es un estimado con datos de población humana, por los que son directamente proporcionales.

**Tabla 4.2.7 Emisiones de amoníaco en la ZMVM [ton/año]**

Domésticas	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
Perros	2,678	3,397	6,075
Gatos	600	761	1,361
Transpiración humana	2,204	2,795	4,999
Respiración humana	14	18	32
Desechos humanos	203	257	460
Uso doméstico de amoníaco	203	257	460
Pañales (desechables)	96	142	238
Cigarrillos	60	73	133
Alcantarillas	709	899	1,608
Ratas	2	2	4
<b>Total</b>	<b>6,769</b>	<b>8,601</b>	<b>15,370</b>



**Gráfica 4.2.8 Emisiones domésticas de amoníaco ZMVM [ton/año]**

<sup>5</sup> Committee on the Environment and Natural Resources, 2000. Atmospheric Ammonia: Sources and Fate. A Review of Ongoing Federal Research and Future Needs.

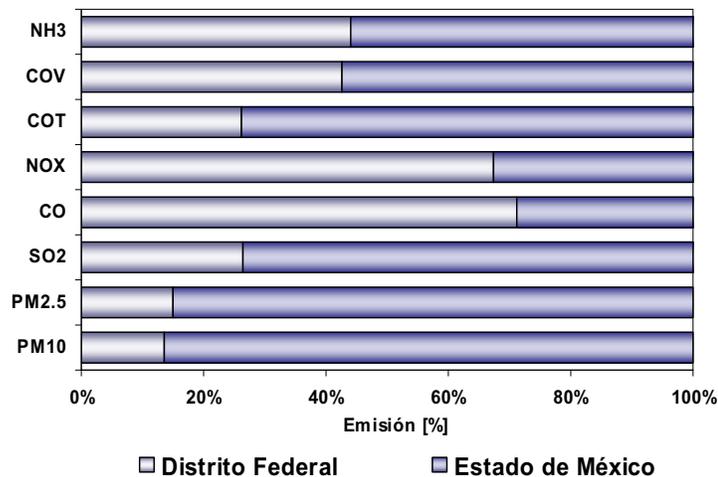
### 4.2.5 Emisiones de las fuentes de área por entidad

Aún cuando las emisiones se pueden desagregar por entidad federativa (Gráfica 4.2.9), el análisis para el desarrollo de estrategias de control de emisiones debe ser realizado tomando en cuenta la ZMVM y no sólo por la emisión resultante de cada entidad. Lo anterior debido a que en muchos casos, las emisiones no reflejan la contribución real por entidad, por ejemplo, las emisiones de CO en el Distrito Federal son mayores que en el Estado de México, debido que un vehículo se considera de dicha entidad, de acuerdo al domicilio con el que se registra y no con base en los kilómetros que se recorren en el Distrito Federal, siendo que los KRV son el factor de actividad en el cálculo.

Gran parte de los compuestos orgánicos totales es metano, el cual se emite principalmente en los rellenos sanitarios que se ubican en el Estado de México, pero en ellos se depositan los residuos sólidos (basura) generados en el Distrito Federal y en el Estado de México.

En el caso del Distrito Federal se observa una alta contribución de emisiones de NO<sub>x</sub> y CO, los cuales son ocasionados por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

La Gráfica 4.2.9 presenta la contribución porcentual de emisiones a la ZMVM por entidad federativa y tipo de contaminante.



**Gráfica 4.2.9 Emisión de contaminantes por entidad federativa (ton/año)**



## 4.3 FUENTES MÓVILES

Las emisiones de contaminantes generados por las fuentes móviles carreteras (automóviles), están directamente relacionadas con los problemas de movilidad de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), pues la gran cantidad de vehículos en circulación han saturado las principales vialidades de esta metrópoli.

Los problemas que se observan en las principales vialidades de la ZMVM, durante los horarios de máxima demanda son: el congestionamiento vehicular que complica la circulación del transporte de pasajeros y de carga de mercancías, el aumento de los tiempos de traslado tanto de personas como de productos y un mayor consumo de combustibles, se traduce en mayores emisiones contaminantes y en consecuencia niveles más elevados de contaminación del aire.

### 4.3.1 Flota Vehicular

La flota vehicular registrada en la ZMVM, se estima en más de 4.2 millones de vehículos, de los cuales el 62% corresponden a unidades registradas en el Distrito Federal y el 38% restante a unidades registradas en el Estado de México. Cabe mencionar que los 41 municipios conurbados que se agregaron recientemente a la ZMVM, sólo representan el 12% de la flota del Estado de México y el 5% de la flota total de la ZMVM (Ver Tabla 4.3.1).

**Tabla 4.3.1 Flota Vehicular Registrada en la ZMVM, 2006**

Tipo de Vehículo	Número de vehículos		ZMVM	ZMVM %
	Distrito Federal	Estado de México		
<b>Autos particulares</b> <sup>1,2,3,6</sup>	2,143,945	1,251,855	<b>3,395,800</b>	<b>80</b>
<b>Taxis</b> <sup>3,5,12</sup>	108,041	47,085	<b>155,126</b>	<b>4</b>
<b>Combis</b> <sup>3,12</sup>	4,250	35,496	<b>39,746</b>	<b>1</b>
<b>Microbuses</b> <sup>3,5</sup>	20,549	15,507	<b>36,056</b>	<b>1</b>
<b>Pick Up</b> <sup>1,2,3,6</sup>	25,540	107,812	<b>133,352</b>	<b>3</b>
<b>Vehículos de hasta 3 ton</b> <sup>3</sup>	15,151	66,477	<b>81,628</b>	<b>2</b>
<b>Tractocamiones</b> <sup>3,6</sup>	46,424	14,514	<b>60,938</b>	<b>2</b>
<b>Autobuses</b> <sup>3,4,6,7,8,9,10,11,12</sup>	32,476	10,632	<b>43,108</b>	<b>1</b>
<b>Vehículos de más de 3 ton</b> <sup>3,6</sup>	41,070	59,749	<b>100,819</b>	<b>2</b>
<b>Motocicletas</b> <sup>4</sup>	163,353	17,348	<b>180,701</b>	<b>4</b>
<b>Total</b>	<b>2,600,799</b>	<b>1,626,475</b>	<b>4,227,274</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Programa de Verificación Vehicular Obligatorio del año 2004

<sup>2</sup> Programa de Verificación Vehicular Obligatorio del año 2005

<sup>3</sup> Programa de Verificación Vehicular Obligatorio del año 2006

<sup>4</sup> Anuario de Transporte y Vialidad 2004

<sup>5</sup> Informe SETRAVI enero-diciembre 2006

<sup>6</sup> Estadísticas Básicas del Autotransporte Federal 2005

<sup>7</sup> Informe SETRAVI 2005-2006. SETRAVI 2006

<sup>8</sup> RTP-Gobierno del Distrito Federal, durante el periodo de enero 2000 a marzo 2006

<sup>9</sup> Informe SETRAVI 2005-2006. SETRAVI 2006

<sup>10</sup> Numeralia RTP 2006. <http://www.rtp.gob.mx>. Febrero 2007

<sup>11</sup> Estadísticas RTP 2006. <http://www.rtp.gob.mx>. Febrero 2007

<sup>12</sup> Padrón Estatal de Transporte Público. <http://www.edomexico.gob.mx>. Junio 2007

Flota de municipios agregados a la ZMVM: Proyección de información del Sistema Municipal de Base de Datos del INEGI, 2007

### Flota vehicular por tipo de combustible

El 95% de la flota vehicular de la ZMVM utiliza gasolina como combustible, el 4% son unidades a diesel y los vehículos restantes utilizan principalmente gas licuado de petróleo (GLP) y en menor volumen gas natural comprimido.

Es importante mencionar que el programa de uso de gases carburantes presenta un descenso importante en el número de vehículos que utilizan dichos combustibles. Esta situación probablemente es una consecuencia del incremento en el precio del gas, así como en la oferta en el mercado nacional de vehículos ligeros a diesel.



Figura 4.3.1 Flota vehicular por tipo de combustible

A continuación, la Tabla 4.3.2 presenta la flota vehicular, por tipo de combustible.

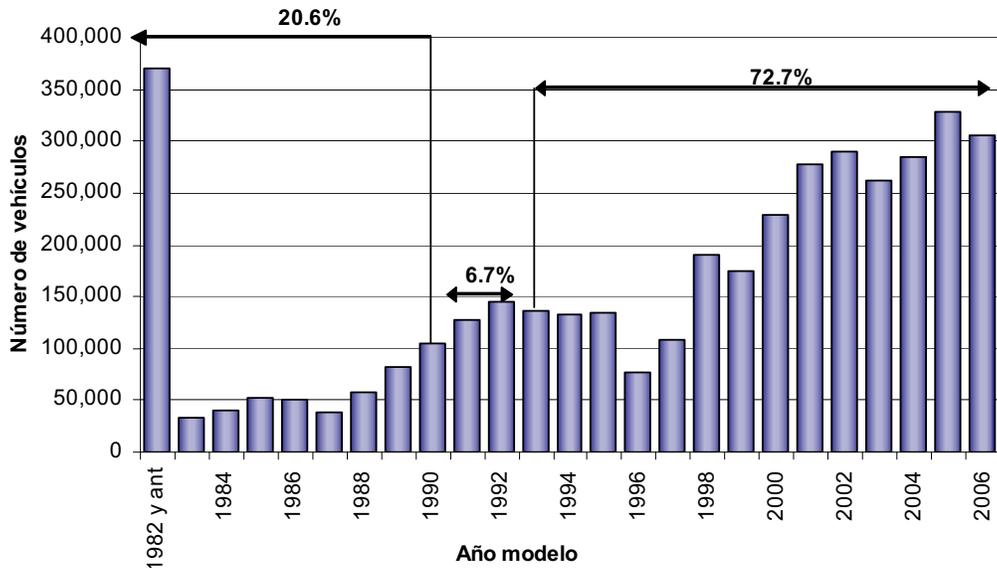
Tabla 4.3.2 Flota Vehicular en circulación por tipo de combustible en la ZMVM

Tipo de Vehículo	Número de vehículos				Total
	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	
Autos particulares	3,389,697	1,879	4,209	15	3,395,800
Taxis	154,953	144	29		155,126
Combis	39,128	62	553	3	39,746
Microbuses	19,902	118	15,678	358	36,056
Pick Up	131,557	700	1,095		133,352
Vehículos de hasta 3 ton	47,111	30,035	4,475	7	81,628
Tractocamiones		60,938			60,938
Autobuses	2,196	40,791	121		43,108
Vehículos de más de 3 ton	62,747	30,666	7,386	20	100,819
Motocicletas	180,701				180,701
<b>Total</b>	<b>4,027,992</b>	<b>165,333</b>	<b>33,546</b>	<b>403</b>	<b>4,227,274</b>

### Edad del parque vehicular por tipo de combustible

A la flota vehicular se le aplican restricciones de circulación con base en la edad y niveles de emisión, es por esto que se hace significativo analizarla por año modelo; por ejemplo, la mayoría de los vehículos que tienen más de 8 años de edad, no pueden circular un día a la semana, esto sin considerar la aplicación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, el cual restringe aún más la circulación de los vehículos. Así mismo, este análisis nos permite diferenciar el potencial de emisiones por estrato vehicular y con ello, proponer acciones para reducir las emisiones en forma específica.

De los vehículos a gasolina (4,027,992), poco más del 20% son modelos 1990 y anteriores, los cuales no cuentan con sistemas de control de emisiones; aproximadamente el 7% son modelos 1991-1992, estos vehículos ya traen incorporados convertidores catalíticos de dos vías y permiten disminuir las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono; el resto de los vehículos corresponde a modelos 1993 y posteriores, los cuales ya cuentan con convertidores catalíticos de tres vías y otros dispositivos anticontaminantes para reducir las emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.



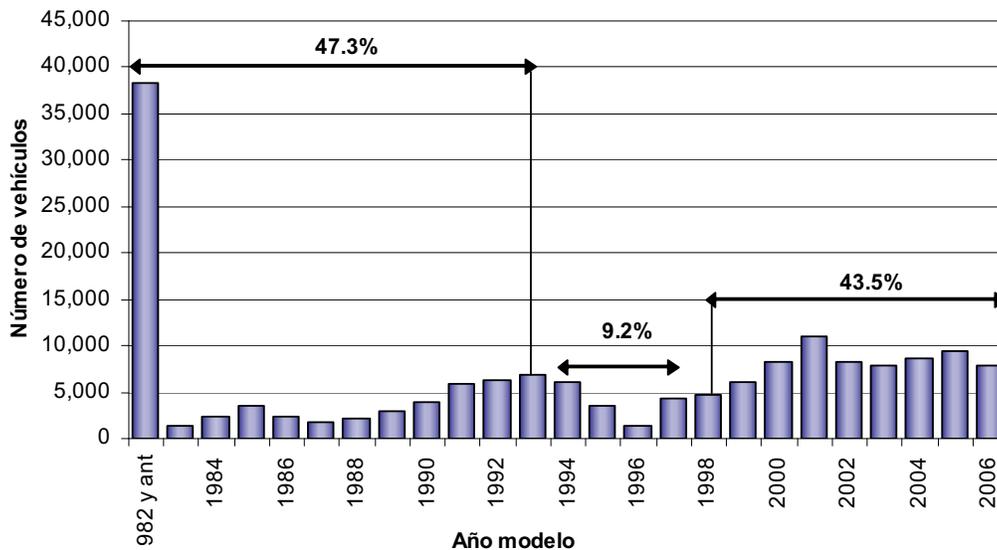
**Gráfica 4.3.1 Vehículos a gasolina por año modelo y tecnología**

**Tabla 4.3.3 Flota vehicular a gasolina por año modelo y tecnología**

Año Modelo	Contaminante que controla	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
1990 y ant.	Sin control	316,228	512,984	829,212
1991-1992	CO y HC	131,971	139,883	271,854
1993-1998	CO, HC, NOx	505,090	271,871	776,961
1999-2006	CO, HC, NOx	1,520,928	629,037	2,149,965
<b>Total</b>		<b>2,474,217</b>	<b>1,553,775</b>	<b>4,027,992</b>

HC=Hidrocarburos

De las unidades que utilizan diesel, alrededor del 47% son unidades año modelo 1993 y anteriores, aproximadamente el 9% y cerca del 44% son vehículos que traen mejoras tecnológicas para cumplir con los estándares de emisión EPA 94 y EPA 98 respectivamente. Ver Gráfica 4.3.2.



**Gráfica 4.3.2 Vehículos a diesel por año modelo y tecnología**

**Tabla 4.3.4 Flota Vehicular a diesel por año modelo y tecnología**

Año Modelo	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
1990 y ant.	36,704	22,281	58,985
1991-1993	13,303	5,667	18,970
1994-1997	10,208	5,206	15,414
1998-2006	46,673	25,291	71,964
<b>Total</b>	<b>106,888</b>	<b>58,445</b>	<b>165,333</b>

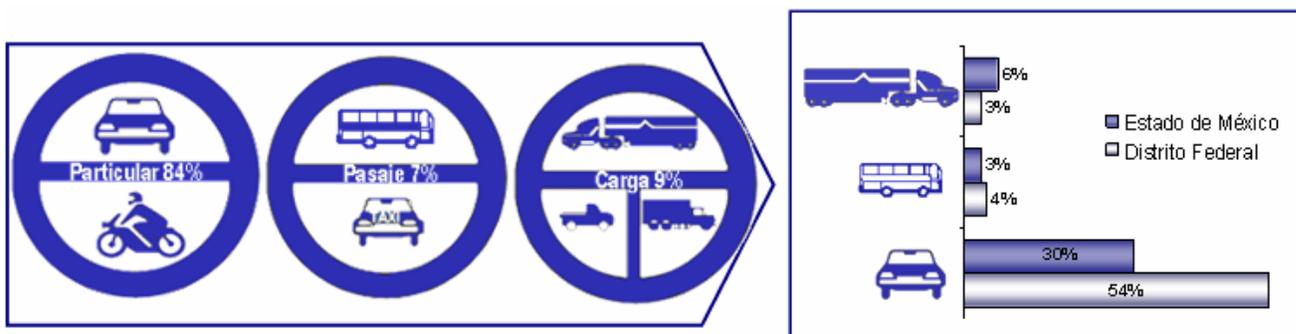
Los cambios en la tecnología de los vehículos a diesel, han dado como resultado que los vehículos actuales, tengan niveles de emisión más bajos a los años modelo 1990 y anteriores. Actualmente, los motores a diesel han evolucionado a tal punto, que han reducido las emisiones de los óxidos de nitrógeno en un 40% y las partículas PM<sub>10</sub> en un 77%.

Para continuar con la reducción de estos contaminantes, se espera que los nuevos vehículos a diesel que se comercialicen en México, cuenten con convertidores catalíticos y trampas de partículas, además de sistemas de tren de válvulas y tasa de compresión variable, lo cual permitirá una disminución de las emisiones contaminantes.

### 4.3.2 Uso de los vehículos

De acuerdo al uso de los vehículos, la flota vehicular de la ZMVM se utiliza para el transporte de personas en vehículos de uso particular (automóviles y motocicletas) o de uso público (taxis, combis, microbuses y autobuses) y para el transporte de carga de mercancías (tractocamiones, pick up de uso intensivo, vehículos mayores y menores a tres toneladas). La Figura 4.3.2, muestra el porcentaje de distribución por tipo de uso y entidad federativa.

Se puede observar que el Distrito Federal tiene registrados a más de la mitad de los vehículos de uso particular y que el Estado de México concentra el doble del transporte de carga que el Distrito Federal.

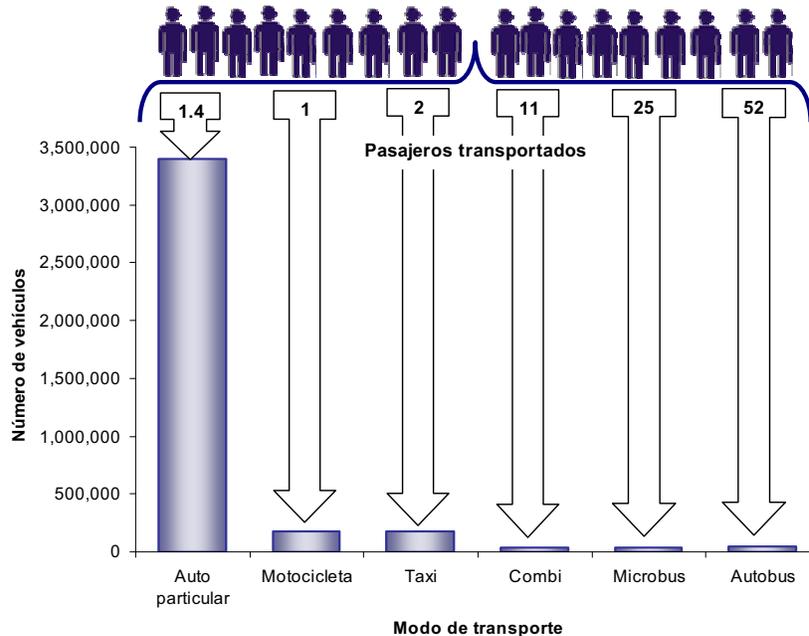


**Figura 4.3.2 Flota vehicular de la ZMVM por uso y entidad**



## Transporte de pasajeros

En la ZMVM circulan 3.8 millones de vehículos destinados al transporte de personas. De éstos, el 88% son vehículos particulares, 5% motocicletas y 4% taxis; todos estos vehículos, en promedio transportan de una a dos personas. Las combis y microbuses representan cerca del 2% de los vehículos y transportan 11 y 25 pasajeros en promedio, respectivamente. Por último, los autobuses con capacidad para 52 personas sólo representan el 1%. Ver Figura 4.3.3.



**Figura 4.3.3 Número de vehículos y pasajeros transportados**

El impacto en la calidad del aire por el alto porcentaje de vehículos destinados al transporte de personas, se incrementa debido a que existe una proporción importante de éstos, que no cuentan con sistemas de control de emisiones. Con base en el análisis realizado a la base de datos de la flota vehicular de cada cuatro vehículos de baja y mediana capacidad, uno no cuenta con sistema de control de emisiones y de cada tres autobuses uno no cumple con los estándares de emisión EPA 94 o 98. Ver Tabla 4.3.5.

**Tabla 4.3.5 Vehículos destinados al transporte de personas**

Tipo de vehículo	Tecnología	Número de unidades	
		[# ]	[% ]
Autos particulares	Sin Control	705,976	18.3
	Con Control	2,689,824	69.9
Taxis	Sin Control	4,611	0.1
	Con Control	150,515	3.9
Combis	Sin Control	11,618	0.3
	Con Control	28,128	0.7
Microbuses	Sin Control	9,012	0.2
	Con Control	27,044	0.7
Autobuses	93 y anteriores	14,559	0.4
	EPA 94	4,616	0.1
	EPA 98	23,933	0.6
Motocicletas	Sin Control	180,701	4.7
<b>Total</b>		<b>3,850,537</b>	<b>100</b>

### **Transporte de carga de mercancías**

El constante crecimiento de la población ZMVM, ha ocasionado que la oferta de los servicios también se vaya incrementando, así mismo, esto hace que se genere una mayor movilización de mercancías para satisfacer la demanda de la población.

Algunos estudios mencionan que el costo por transportar mercancías en áreas urbanas es aproximadamente del 5% del PIB y que estos costos, son comparables al costo del transporte urbano de personas (UNAM-CAM, 2006), aunado a esto, se ha observado que los vehículos de carga han reducido sus velocidades y han aumentado la longitud del viaje, por lo que puede concluirse que sus emisiones son cada vez mayores.

Así mismo, es importante mencionar que la flota vehicular del transporte de carga registrada en la ZMVM, representa aproximadamente el 9% (376,737); de estos vehículos, el 64% utiliza gasolina como combustible, el 32% diesel, el 3% gas licuado de petróleo (GLP) y tan sólo el 0.01% gas natural comprimido GNC.

**Tabla 4.3.6 Flota Vehicular de carga por tipo de combustible**

Tipo de Vehículo	Número de vehículos				
	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total
Pick Up	131,557	700	1,095		<b>133,352</b>
Vehículos de hasta 3 ton	47,111	30,035	4,475	7	<b>81,628</b>
Tractocamiones		60,938			<b>60,938</b>
Vehículos de más de 3 ton	62,747	30,666	7,386	20	<b>100,819</b>
<b>Total</b>	<b>241,415</b>	<b>122,339</b>	<b>12,956</b>	<b>27</b>	<b>376,737</b>
	<b>64.1%</b>	<b>32.5%</b>	<b>3.4%</b>	<b>0.01%</b>	<b>100%</b>

Dentro del transporte de carga de la ZMVM, se tiene una gran cantidad de vehículos que no cuentan con tecnologías de control de emisiones; cabe mencionar que del transporte que utiliza gasolina, el 25% de las unidades registradas en el Distrito Federal son años modelo 1990 y anteriores y, de las registradas en el Estado de México, este porcentaje aumenta a 46%, por lo que de cada diez vehículos de carga que utilizan gasolina como combustible en la ZMVM, cuatro son unidades que no tienen ningún sistema de control de emisiones.

**Tabla 4.3.7 Flota vehicular de carga a gasolina por año modelo y entidad**

Año-modelo	Número de vehículos		
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
1990 y ant.	12,420	88,944	101,364
1991-1992	4,222	24,377	28,599
1993-1998	10,927	36,565	47,492
1999-2006	21,811	42,149	63,960
<b>Total</b>	<b>49,380</b>	<b>192,035</b>	<b>241,415</b>



La mayoría de los vehículos destinados al transporte de carga local, son unidades para transportar carga ligera y utilizan gasolina como combustible; a diferencia de las unidades utilizadas por el transporte federal de carga, que en su mayoría son tractocamiones y camiones de 2 o más ejes, los cuales utilizan diesel como combustible.

Dentro del transporte de carga que utiliza diesel como combustible, una gran cantidad de vehículos no cuentan con tecnologías de control de emisiones; cabe mencionar que de cada dos vehículos a diesel registrados en la ZMVM, uno es año modelo 1993 y anteriores, que en su mayoría son de aspiración natural y por lo tanto son altamente contaminantes.

**Tabla 4.3.8 Flota Vehicular de carga a diesel por año modelo y entidad**

Año-modelo	Número de vehículos		
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
1990 y ant.	30,965	20,654	51,619
1991-1992	5,336	2,819	8,155
1993-1998	12,318	6,566	18,884
1999-2006	26,265	17,416	43,681
<b>Total</b>	<b>74,884</b>	<b>47,455</b>	<b>122,339</b>

### 4.3.3 Actividad Vehicular

Las emisiones generadas por los vehículos, dependen tanto del potencial de emisiones asociado a éstos (factor de emisión), como de la actividad de los mismos, es decir, los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV) durante el año.

Los kilómetros recorridos al año varían de acuerdo al tipo de vehículo, al año modelo y al holograma que portan (doble cero, cero, uno y dos). Este holograma es otorgado de acuerdo al Programa de Verificación Vehicular Obligatorio (PVVO), dependiendo del año modelo y del nivel de emisiones que presenten las unidades.

Los vehículos con hologramas 1 y 2 dejan de circular un día a la semana, lo que significa un máximo de 313 días en circulación al año; los hologramas cero y doble cero pueden circular los 365 días del año al no tener restricción para circular. En la Tabla 4.3.9 se muestra la actividad asociada a los autos particulares y en la Tabla 4.3.10, la actividad para el resto de los vehículos.

**Tabla 4.3.9 Datos de actividad para los autos particulares**

Año-modelo del auto particular	Recorrido promedio [km/día]
1985 y ant.	25
1986-1990	34
1991-1988	35
1999-2006	31

Fuente: Datos obtenidos a partir de un análisis de las lecturas del odómetro registradas en la base de datos del PVVO.

**Tabla 4.3.10 Actividad de la flota vehicular de la ZMVM**

Tipo de vehículo	Km/día
Autos Particulares de uso Intensivo <sup>1</sup>	100
Pick Up <sup>1</sup>	60
Pick Up de uso intensivo <sup>1</sup>	100
Microbuses <sup>1</sup>	200
Vehículos de hasta 3 ton <sup>4</sup>	65.4
Vehículos de más de 3 ton <sup>4</sup>	62.8
Taxis <sup>1</sup>	200
Combis <sup>1</sup>	200
Tractocamiones <sup>6</sup>	62.8
Autobuses Red de Transporte de Pasajeros (día hábil) <sup>3</sup>	223
Autobuses Red de Transporte de Pasajeros (día inhábil) <sup>3</sup>	241
Autotransporte Federal de Turismo <sup>2</sup>	60
Autobuses Concesionados <sup>3</sup>	223
Motocicletas	79

<sup>1</sup>Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.

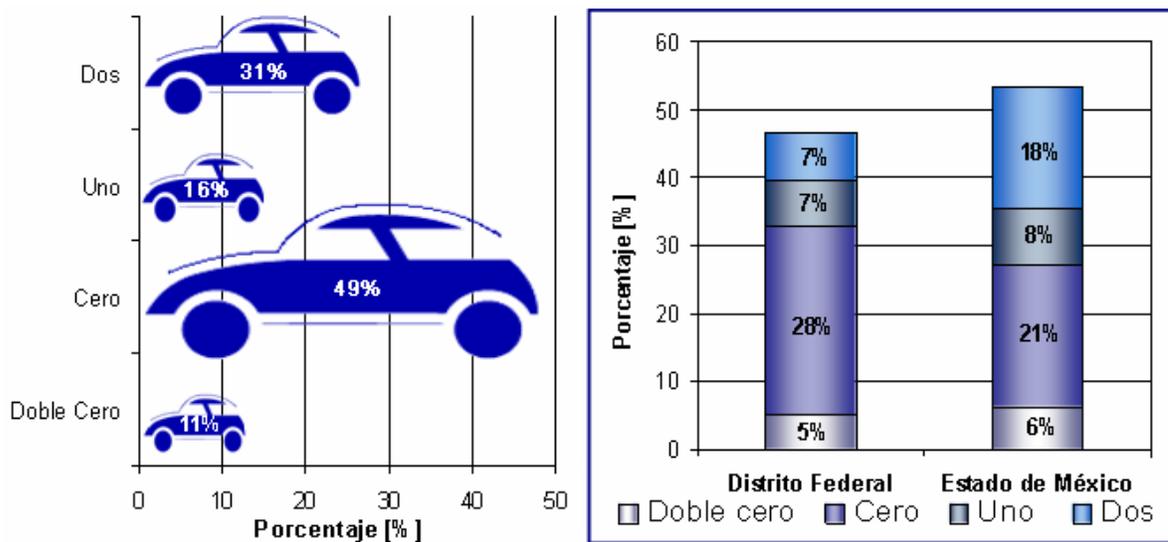
<sup>2</sup>Departamento de Análisis Estadístico, Dirección General del Autotransporte Federal, SCT

<sup>3</sup>Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal, 2005

<sup>4</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM-Comisión Ambiental Metropolitana, 2006

Con los datos anteriores se realizaron las siguientes graficas de KRV para los autos particulares, de acuerdo al tipo de holograma y entidad. Los vehículos con holograma DOBLE CERO y CERO contribuyen con el 51% de los KRV de la ZMVM y están conformados por vehículos de años modelo 1993 y posteriores, en lo que respecta a los vehículos con holograma UNO y DOS, se tiene que contribuyen con el 16% y el 31% de los kilómetros recorridos, respectivamente.

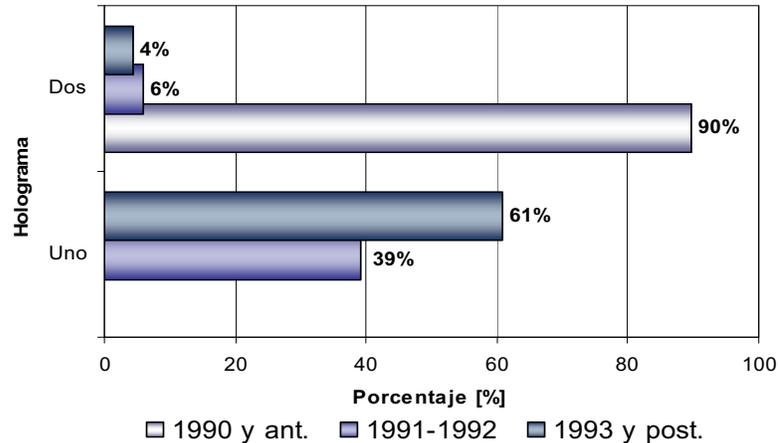
Al analizar los KRV por entidad, tenemos que el Distrito Federal contribuye con el 47% y el Estado de México con el 53% de los kilómetros recorridos totales, es decir, los vehículos del Estado de México muestran un recorrido mayor que los registrados en el Distrito Federal. La distribución de KRV por holograma en cada entidad se puede observar a continuación.



**Figura 4.3.4 KRV de autos particulares por holograma y entidad**



En lo que se refiere al holograma UNO de los autos particulares, el 61% de los KRV son generados por años modelo 1993 y posteriores, a diferencia del holograma DOS, donde el mismo estrato sólo representa el 4%; cabe mencionar que la flota vehicular más antigua se concentra en el holograma dos, puesto que el 90% de los KRV pertenece a autos de años modelo 1990 y anteriores.



**Gráfica 4.3.3 KRV de holograma UNO y DOS por estrato tecnológico**

#### 4.3.4 Factores de emisión

Para estimar el potencial de emisiones del parque vehicular que circula en la ZMVM (factores de emisión), se utilizó el modelo computacional Mobile5-Mexico y las mediciones realizadas en la ZMVM por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

La razón de utilizar modelos computacionales, es que las emisiones de los vehículos automotores son más complejas y dinámicas que la mayoría de los otros tipos de fuentes. Al modelo se le incorporaron datos propios de la ZMVM, como el contenido de azufre y presión de vapor Reid (PVR) de las gasolinas, la velocidad de circulación, la temperatura ambiente, la altitud, entre otros parámetros que influyen en el factor de emisión.

Los factores de emisión obtenidos del modelo Mobile5-Mexico, son: para cada una de las tres temporadas climáticas que se presentan en el año en la ZMVM (seca fría, seca caliente y lluvias), por tipo de vehículo, por tipo de combustible utilizado y por cada año modelo.

En las Tablas 4.3.11 a la 4.3.14, se presentan los factores de emisión promedio de la temporada seca fría, por tipo de vehículo, combustible y entidad. En ellas podemos observar que los factores de emisión para cada tipo de vehículo varían de acuerdo a la entidad, debido a que la edad promedio de la flota vehicular registrada en cada entidad es diferente.

**Tabla 4.3.11 Factores de emisión promedio de los vehículos a gasolina registrados en el Distrito Federal**

Tipo de Vehículo	Factor de emisión [g/Km]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Autos particulares</b>	0.013	0.007	0.030	17.269	1.189	1.567	1.441	0.061
<b>Taxis</b>	0.017	0.007	0.032	11.420	1.084	1.056	0.971	0.062
<b>Combis</b>	0.017	0.006	0.036	36.407	2.303	5.292	4.865	0.059
<b>Microbuses</b>	0.017	0.009	0.048	117.331	4.736	9.536	8.830	0.060
<b>Pick Up</b>	0.019	0.003	0.039	21.258	2.430	2.731	2.515	0.055
<b>Vehículos de hasta 3 ton</b>	0.020	0.009	0.052	44.477	3.921	3.622	3.354	0.056
<b>Tractocamiones</b>	0.085	0.058	0.108	165.610	3.306	9.113	8.096	0.023
<b>Autobuses</b>	0.059	0.045	0.121	67.223	2.499	3.529	3.135	0.026
<b>Vehículos de más de 3 ton</b>	0.052	0.035	0.099	104.122	2.750	5.350	4.753	0.027
<b>Motocicletas</b>	0.020	0.011	0.015	26.769	0.378	2.683	2.481	0.008

**Tabla 4.3.12 Factores de emisión promedio de los vehículos a diesel registrados en el Distrito Federal**

Tipo de Vehículo	Factor de emisión [g/Km]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Autos particulares</b>	0.130	0.113	0.030	0.877	0.600	0.307	0.294	0.003
<b>Combis</b>	0.091	0.078	0.045	1.462	0.658	0.361	0.345	0.004
<b>Microbuses</b>	0.112	0.096	0.063	1.771	0.837	0.642	0.613	0.004
<b>Pick Up</b>	0.088	0.076	0.045	1.971	0.979	0.842	0.805	0.002
<b>Vehículos de hasta 3 ton</b>	0.128	0.099	0.060	2.118	1.120	0.955	0.913	0.000
<b>Tractocamiones</b>	1.279	0.999	0.126	12.987	13.716	5.114	4.887	0.015
<b>Autobuses</b>	0.819	0.638	0.246	12.225	10.753	4.280	4.090	0.014
<b>Vehículos de más de 3 ton</b>	0.806	0.632	0.106	12.002	10.210	4.151	3.967	0.014

**Tabla 4.3.13 Factores de emisión promedio de los vehículos a gasolina registrados en el Estado de México**

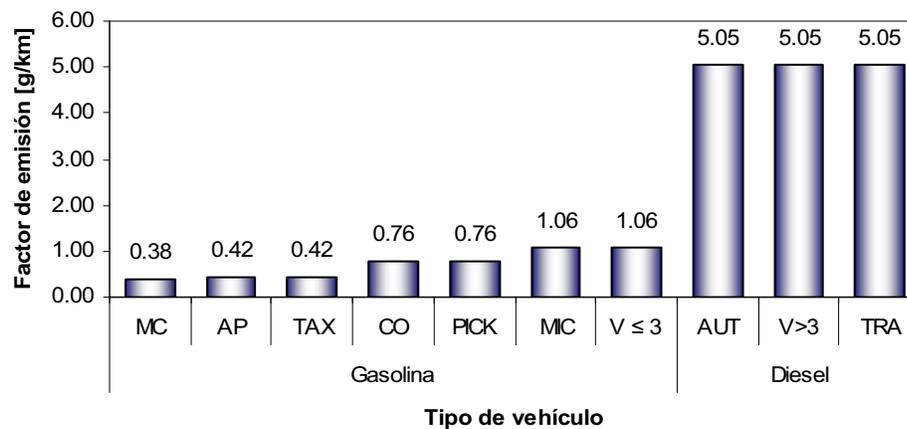
Tipo de Vehículo	Factor de emisión [g/Km]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>Autos particulares</b>	0.021	0.002	0.032	28.412	1.523	2.557	2.351	0.058
<b>Taxis</b>	0.017	0.006	0.028	15.701	1.172	1.428	1.313	0.063
<b>Combis</b>	0.022	0.005	0.040	39.606	2.383	5.468	5.027	0.053
<b>Microbuses</b>	0.024	0.004	0.049	97.465	4.391	8.294	7.680	0.052
<b>Pick Up</b>	0.019	0.008	0.037	33.215	2.935	4.362	4.018	0.048
<b>Vehículos de hasta 3 ton</b>	0.031	0.017	0.053	66.054	4.964	5.592	5.178	0.041
<b>Tractocamiones</b>	0.085	0.057	0.106	166.940	3.311	9.083	8.068	0.023
<b>Autobuses</b>	0.087	0.064	0.124	202.885	3.506	11.116	9.875	0.031
<b>Vehículos de más de 3 ton</b>	0.080	0.056	0.099	192.276	5.000	10.159	9.025	0.028
<b>Motocicletas</b>	0.020	0.011	0.015	26.766	0.378	2.683	2.481	0.008



**Tabla 4.3.14 Factores de emisión promedio de los vehículos a diesel registrados en el Estado de México**

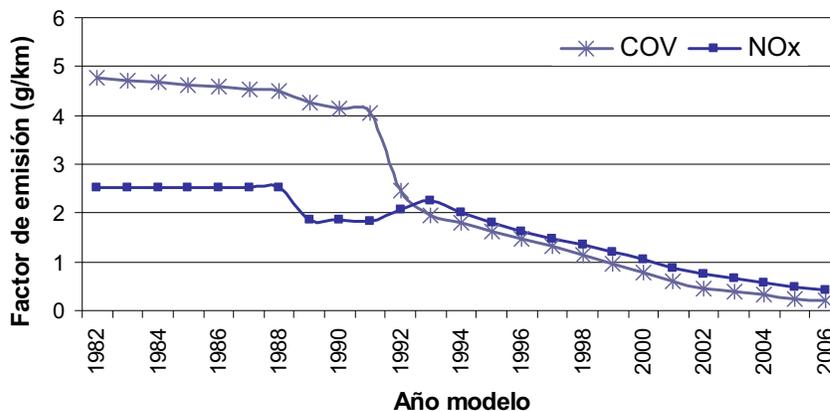
Tipo de Vehículo	Factor de emisión [g/Km]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Autos particulares	0.135	0.120	0.028	1.069	0.640	0.438	0.418	0.003
Combis	0.092	0.078	0.045	1.454	0.645	0.354	0.338	0.004
Microbuses	0.110	0.095	0.066	1.797	0.860	0.668	0.638	0.003
Pick Up	0.091	0.082	0.044	1.851	0.909	0.734	0.701	0.003
Vehículos de hasta 3 ton	0.160	0.108	0.059	2.562	1.367	1.417	1.354	0.000
Tractocamiones	1.291	1.011	0.125	12.991	13.736	5.129	4.901	0.014
Autobuses	0.782	0.611	0.245	12.068	10.394	4.129	3.945	0.014
Vehículos de más de 3 ton	1.017	0.794	0.111	12.150	10.821	4.407	4.211	0.011

En la Gráfica 4.3.4, se presentan los factores de emisión del año modelo 2006 para cada tipo de vehículo para la temporada seca fría, en ella podemos observar que los tractocamiones, autobuses y vehículos pesados a diesel (5 g/km) emiten 12 veces más óxidos de nitrógeno por cada kilómetro recorrido que los autos particulares que utilizan gasolina (0.42 g/km).



**Gráfica 4.3.4 Factores de emisión de NOx por tipo de vehículo del año-modelo 2006**

Al analizar los factores de emisión de los precursores de ozono de los autos particulares por año modelo, para la temporada fría, tenemos que los año-modelo 1982 y anteriores emiten entre seis y veintitrés veces más de NO<sub>x</sub> y COV respectivamente, que un auto particular año-modelo 2006. Ver Gráfica 4.3.5.

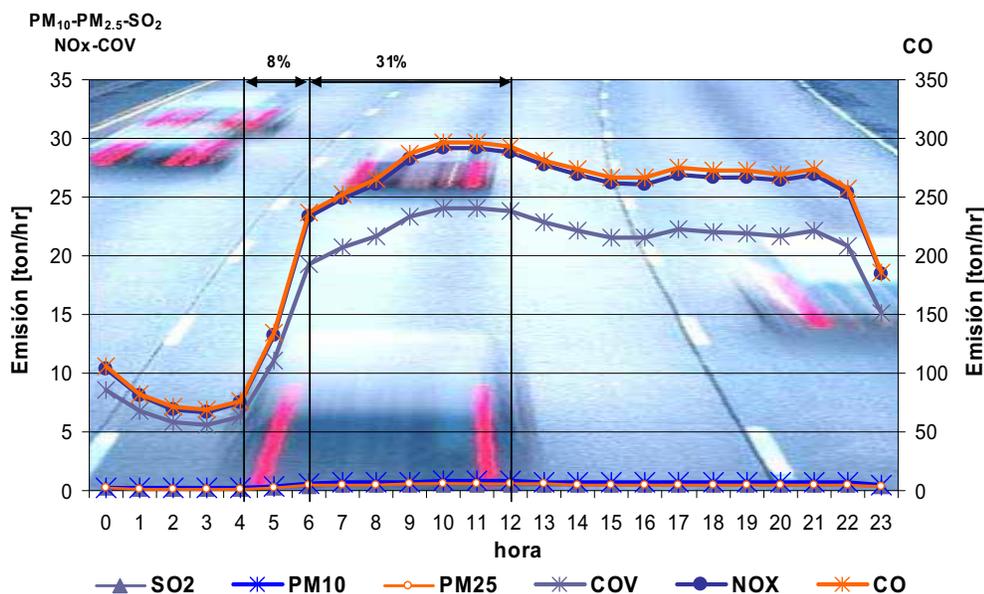


Gráfica 4.3.5 Factores de emisión para autos particulares por año modelo

### 4.3.5 Emisiones generadas por las fuentes móviles

#### Distribución horaria de las emisiones

Con el propósito de que el inventario de emisiones sea utilizado para la modelación fotoquímica, se distribuyeron las emisiones de manera horaria, con base al estudio “Sistema de Información de Condiciones de Tránsito para la Estimación de Emisiones Contaminantes por Fuentes Móviles en la Zona Metropolitana del Valle de México” (ETEISA, 2003). Las emisiones vehiculares comienzan a incrementarse rápidamente entre las 4:00 y 6:00 de la mañana, en estas horas se emite el 8% de las emisiones diarias, como consecuencia de la actividad vehicular, ya que comienzan los traslados a escuelas y oficinas.



Gráfica 4.3.6 Perfil horario de las emisiones de fuentes móviles en la ZMVM



Las emisiones debidas al aumento del tráfico, comienzan alrededor de las 6:00 y continúan creciendo, hasta presentar un máximo alrededor de la 10:00 A.M. Lo anterior coincide con las mediciones de concentración de contaminantes atmosféricos, realizadas durante las campañas MCMA 2002-2003 (Campañas de medición de concentración de COV en la ZMVM, 2002-2003 “E. Velasco, B. Lamb *et al*, 2007”), donde se menciona el incremento de las concentraciones a partir de las 6:00 horas y los máximos encontrados después de la salida del sol, pero antes que la capa de mezclado ha comenzado a elevarse.

Cabe mencionar que de las 6:00 a las 12:00 horas se emite el 31% de las emisiones y después se presenta una pequeña disminución hasta las 21:00 horas. Las emisiones comienzan a disminuir rápidamente a partir de las 21:00 horas, después que gran parte de la población ha regresado a sus hogares.

### ***Emisiones anuales***

El principal aporte de emisiones en la ZMVM es generado por las fuentes móviles y cabe mencionar que estas representan más del 99% del CO y el 82% de los NOX, que se emiten en la zona. Los autos particulares por ser los más numerosos, generan la mayor emisión de varios contaminantes de las fuentes móviles. Los tractocamiones y autobuses por su consumo de diesel, contribuyen en gran cantidad a las emisiones de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

En las Tablas 4.3.15 y 4.3.16, se muestran las emisiones generadas por el parque vehicular de la ZMVM, por tipo de vehículo y contaminante, así como su contribución porcentual.

**Tabla 4.3.15 Emisiones de las fuentes móviles en la ZMVM, 2006**

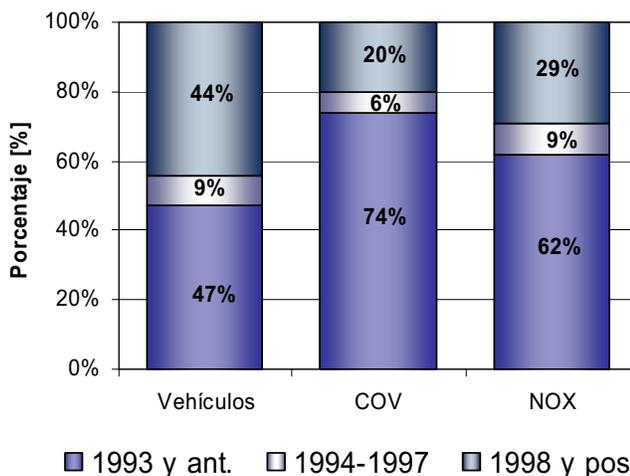
Tipo de Vehículo	Emisiones [ton/año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Autos Particulares	916	500	1,463	1,043,734	63,937	94,189	86,780	2,896
Taxis	175	93	326	122,707	11,072	11,283	10,395	655
Combis	53	30	104	98,900	6,116	13,740	12,657	152
Microbuses	57	31	96	163,044	12,126	20,494	19,004	223
Pick Up	81	46	139	103,366	9,754	13,536	12,501	182
Vehículos de hasta 3 ton	130	85	108	66,826	6,150	6,557	6,103	62
Tractocamiones	1,734	1,394	232	17,981	19,034	13,827	13,211	24
Autobuses	1,203	968	552	36,674	16,333	7,579	7,178	30
Vehículos de más de 3 ton	800	631	237	204,760	13,350	15,796	14,399	96
Motocicletas	99	57	67	118,807	1,669	11,842	11,066	31
<b>Total</b>	<b>5,248</b>	<b>3,835</b>	<b>3,324</b>	<b>1,976,799</b>	<b>159,541</b>	<b>208,843</b>	<b>193,294</b>	<b>4,351</b>

**Tabla 4.3.16 Contribución porcentual por contaminante de las fuentes móviles**

Tipo de Vehículo	Emisiones [%]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Autos Particulares	17.5	13.0	44.0	52.8	40.1	45.1	44.9	66.6
Taxis	3.3	2.4	9.8	6.2	6.9	5.4	5.4	15.1
Combis	1.0	0.8	3.1	5.0	3.8	6.6	6.5	3.5
Microbuses	1.1	0.8	2.9	8.2	7.6	9.8	9.8	5.1
Pick Up	1.5	1.2	4.2	5.2	6.1	6.5	6.5	4.2
Vehículos de hasta 3 ton	2.5	2.2	3.2	3.4	3.9	3.1	3.2	1.4
Tractocamiones	33.0	36.3	7.0	0.9	11.9	6.6	6.8	0.6
Autobuses	22.9	25.2	16.6	1.9	10.2	3.6	3.7	0.7
Vehículos de más de 3 ton	15.2	16.5	7.1	10.4	8.4	7.6	7.4	2.2
Motocicletas	1.9	1.5	2.0	6.0	1.0	5.7	5.7	0.7
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

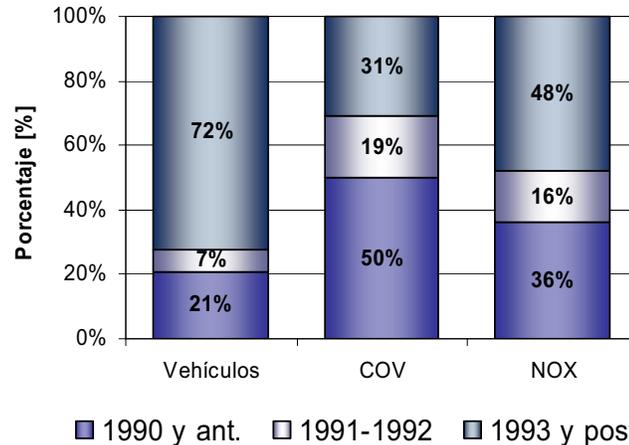
El ozono troposférico es un contaminante atmosférico secundario, es generado por una serie de reacciones químicas entre los óxidos del nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de radiación solar; debido a la importancia de estos dos precursores en la problemática de contaminación del aire en la ZMVM, a continuación se presenta un análisis de las emisiones vehiculares de NO<sub>x</sub> y COV por tipo de combustible y estrato tecnológico.

Del parque vehicular de la ZMVM que utiliza diesel como combustible, los años modelo 1993 y anteriores representan el 47% de la flota, generando el 74% de COV y el 62% de NO<sub>x</sub>. Los vehículos con tecnología EPA-94 (años modelo 1994-1997) representan sólo el 9% de la flota y el 44% restante son vehículos tecnología EPA-98 (1998 y posteriores), estos últimos generan el 20% de los COV y el 29% de los NO<sub>x</sub>.



**Gráfica 4.3.7 Vehículos a diesel por estrato tecnológico [%]**

Los vehículos a gasolina que no cuentan con sistemas para controlar sus emisiones (años modelo 1990 y anteriores), representan el 21% de la flota a gasolina, contribuyen con el 50% de los COV y el 36% de NO<sub>x</sub>. El 7% de vehículos ya presentan algunos sistemas de control de emisiones, como es el encendido electrónico y el convertidor catalítico de dos vías, éstos emiten el 19% de COV y el 16% de NO<sub>x</sub>. Debido a que el parque vehicular a GNC y GLP no es significativo, para el presente análisis, se incluyó dentro de la flota a gasolina.



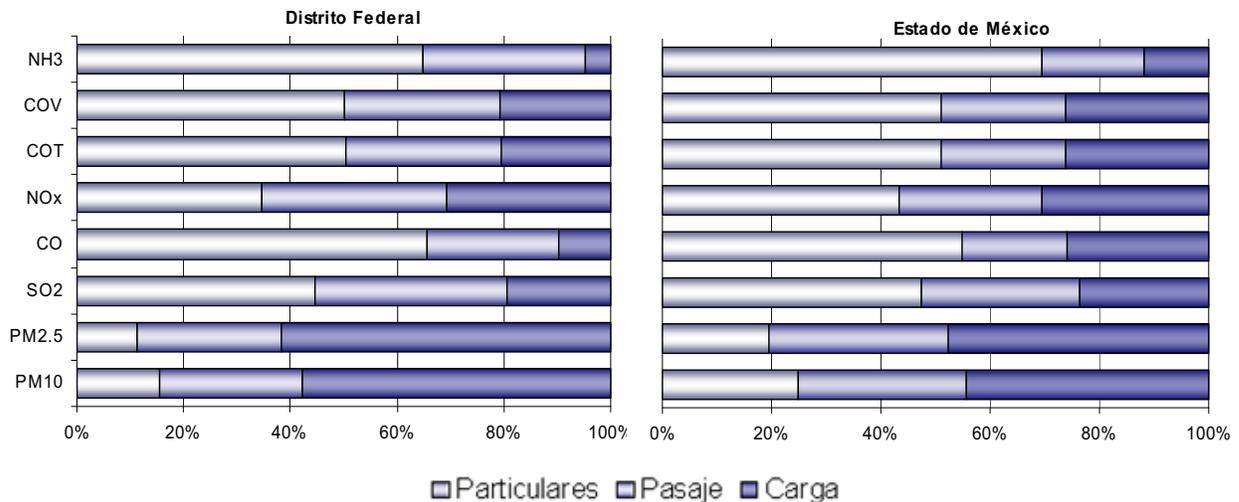
**Gráfica 4.3.8 Vehículos a gasolina por estrato tecnológico [%]**

Por último, los vehículos correspondientes a los años modelo 1993 y posteriores (72%), aportan el 31% de los compuestos orgánicos volátiles y el 48% de los óxidos de nitrógeno; éstos se consideran los menos contaminantes debido a que ya están equipados con sistemas de control de emisiones avanzados, tales como convertidor catalítico de tres vías, canister para controlar las emisiones evaporativas, computadoras a bordo y sensores de oxígeno, entre los principales.

### ***Emisiones por tipo de uso vehicular***

A continuación se presenta la contribución porcentual de emisiones del Distrito Federal y Estado de México de acuerdo al uso de los vehículos. En la Gráfica 4.3.9, se observa que los vehículos de uso particular de ambas entidades aportan las mayores emisiones de casi todos los contaminantes que emiten las fuentes móviles (excepto partículas).

En el caso de las  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , el transporte de carga es el gran emisor, debido al tipo de combustible utilizado, pues cabe mencionar que la mayoría de los vehículos de carga, utilizan diesel como combustible.



**Gráfica 4.3.9 Porcentajes de emisiones de fuentes móviles por tipo de uso**

### Emisiones generadas por pasajero transportado

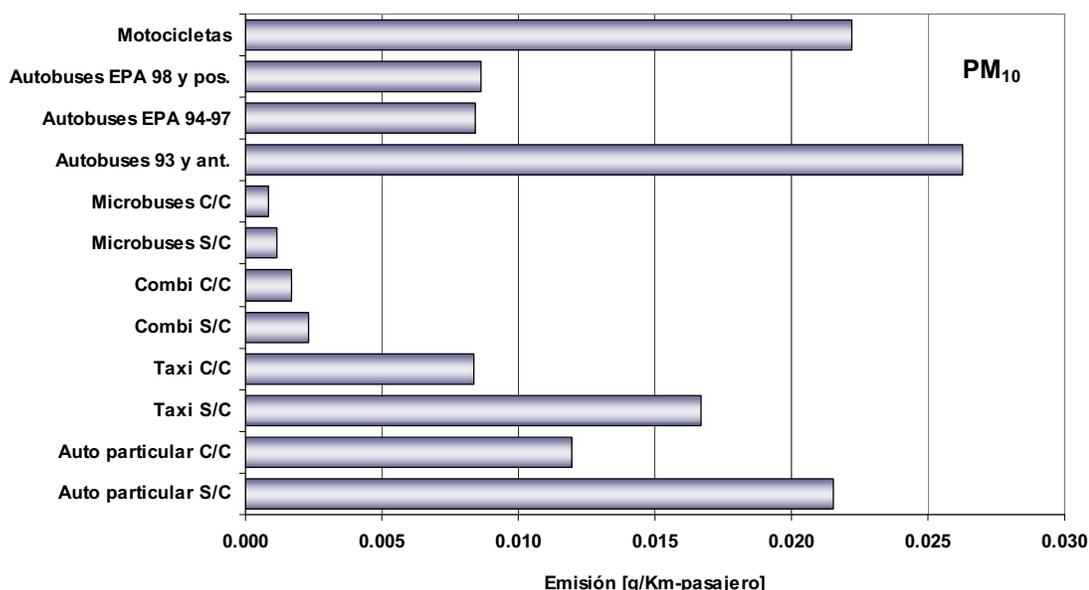
El siguiente análisis se realiza para diferenciar la contribución de emisiones de partículas PM<sub>10</sub>, partículas PM<sub>2.5</sub> y de precursores de ozono, por pasajero transportado en cada uno de los modos de transporte de pasajeros existente en la ZMVM. Ver Tabla 4.3.17.

**Tabla 4.3.17 Emisiones por pasajero transportado**

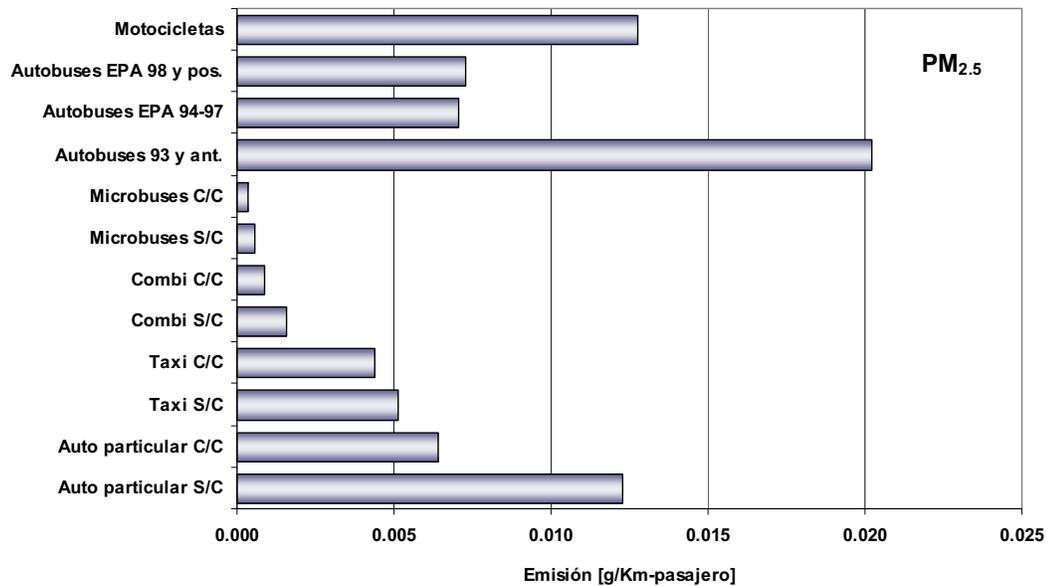
Tipo de vehículo	Tecnología	Emisiones [g/Km-pasajero]			
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>x</sub>	COV
Autos particulares	Sin Control	0.022	0.012	1.603	3.498
	Con Control	0.012	0.006	0.726	0.717
Taxis	Sin Control	0.017	0.005	1.038	2.444
	Con Control	0.008	0.004	0.490	0.449
Combis	Sin Control	0.002	0.002	0.274	0.805
	Con Control	0.002	0.001	0.158	0.288
Microbuses	Sin Control	0.001	0.001	0.220	0.404
	Con Control	0.001	0.000	0.099	0.269
Autobuses	93 y anteriores	0.026	0.020	0.353	0.133
	EPA 94-97	0.008	0.007	0.235	0.070
	EPA 98 y post	0.009	0.007	0.125	0.058
Motocicletas	Sin Control	0.022	0.013	0.374	2.480
<b>Total</b>		<b>0.130</b>	<b>0.078</b>	<b>5.696</b>	<b>11.615</b>

### Emisiones de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>

Los autobuses que no cuentan con sistema de control de emisiones (años modelo 1993 y anteriores) son el modo de transporte que emite más partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, 0.026 y 0.02 g/Km-pasajero, respectivamente, seguidos por las motocicletas y los autos particulares de años modelo 1990 y anteriores. Cabe mencionar que los microbuses años modelo 1993 y posteriores (con control), son el modo de transporte que emite menos partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.



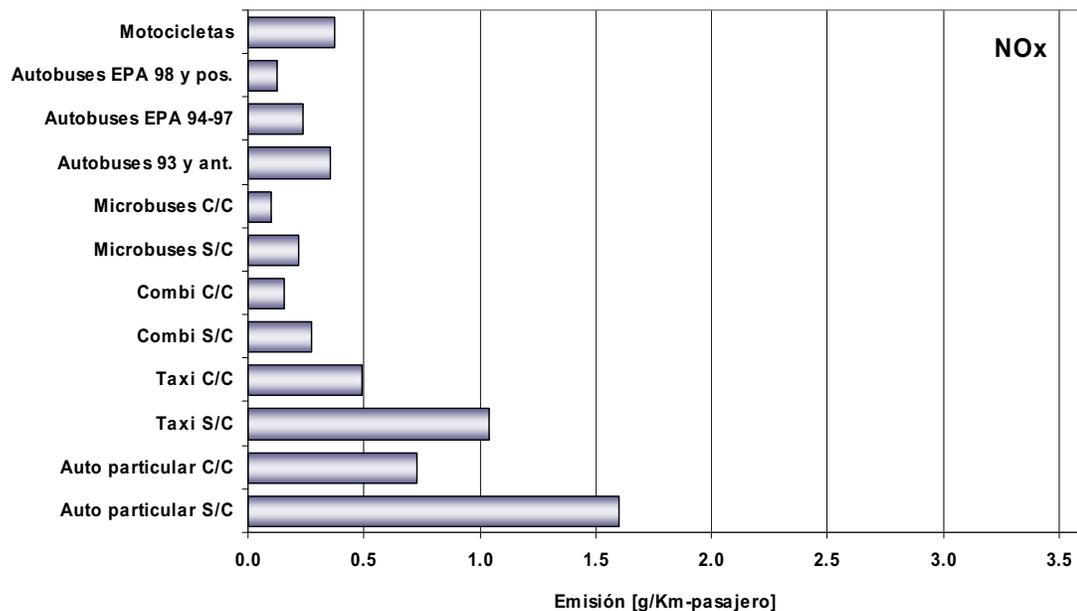
**Gráfica 4.3.10 Emisiones de PM<sub>10</sub> por kilómetro recorrido y pasajero transportado**



**Gráfica 4.3.11 Emisiones de  $PM_{2.5}$  por kilómetro recorrido y pasajero transportado**

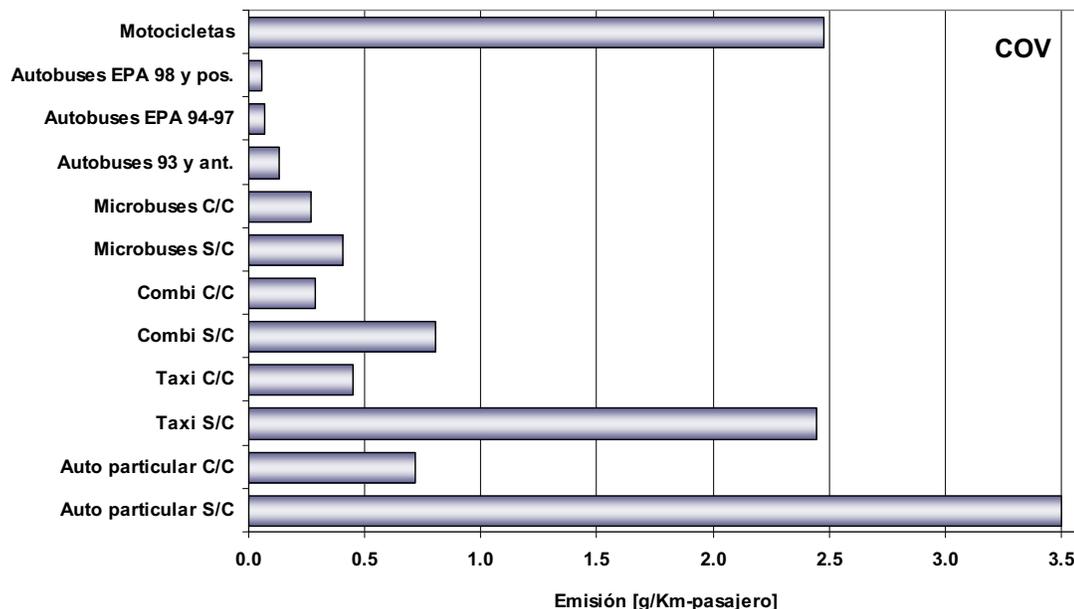
### Emisiones de precursores de ozono

De los óxidos de nitrógeno, los medios de transporte más contaminantes son los autos particulares y los taxis que no cuentan con ningún sistema de control emisiones (años modelo 1992 y anteriores), emiten 1.6 y 1.0 gramos por kilómetro recorrido por pasajero respectivamente. El modo de transporte menos emisor de  $NO_x$ , al igual que las partículas, son los microbuses que tienen sistemas de control de emisiones.



**Gráfica 4.3.12 Emisiones de  $NO_x$  por kilómetro recorrido y pasajero transportado**

Referente a los Compuestos Orgánicos Volátiles, tenemos que los medios de transporte más contaminantes son los autos particulares, motocicletas y taxis que no cuentan con ningún sistema de control emisiones (años modelo 1990 y anteriores), éstos emiten 3.5, 2.5 y 2.4 gramos de COV por kilómetro recorrido por pasajero, respectivamente. El modo menos emisor de COV, son los autobuses que cumplen con los estándares EPA-98. Ver Gráfica 4.3.13.



**Gráfica 4.3.13 Emisiones de COV por kilómetro recorrido y pasajero transportado**

El análisis anterior nos indica que se tiene un menor impacto ambiental con la utilización de medios de transporte masivos y de años modelos recientes, y que este impacto aumenta con la utilización de modos de transporte de baja capacidad que no cuentan con convertidor catalítico.

### Emisiones del transporte de carga

A pesar de que el transporte de carga representa el 9% de los vehículos que circulan en la ZMVM, éstos tienen una contribución importante a las emisiones anuales de las fuentes móviles; aportan el 52% (2,732 ton) de las partículas PM<sub>10</sub>, el 56% (2,152 ton) de las partículas PM<sub>2.5</sub>, el 30% de los NO<sub>x</sub> (47,281 ton) y el 24% (45,442 ton) de los COV.



**Tabla 4.3.18 Emisiones del transporte de carga por tipo de combustible y año-modelo**

Tipo de combustible	Año-modelo	Emisiones [ton/año]				
		COV	CO	NOx	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Gasolina	1990 y ant.	18,812	248,637	10,637	116	74
	1991-1992	4,393	57,501	2,461	17	11
	1993-1998	2,555	37,561	3,352	26	16
	1999-2006	1,326	19,206	2,980	37	23
	<b>Subtotal</b>	<b>27,086</b>	<b>362,905</b>	<b>19,430</b>	<b>196</b>	<b>124</b>
Diesel	1990 y ant.	14,137	13,686	16,744	1,866	1,488
	1991-1993	1,724	3,212	3,541	177	143
	1994-1997	710	2,278	2,018	91	73
	1998-2006	1,785	8,795	5,548	402	324
	<b>Subtotal</b>	<b>18,356</b>	<b>27,971</b>	<b>27,851</b>	<b>2,536</b>	<b>2,028</b>
<b>Total</b>		<b>45,442</b>	<b>390,876</b>	<b>47,281</b>	<b>2,732</b>	<b>2,152</b>

La Tabla 4.3.18, muestra las emisiones por contaminante del transporte de carga, por tipo de combustible (gasolina y diesel) y estrato tecnológico. Cabe mencionar que los vehículos a gasolina año modelo 1990 y anteriores, respecto a las emisiones anuales totales del transporte de carga, emiten el 41% (18,811 ton) de los compuestos orgánicos volátiles y el 22% (10,638 ton) de los óxidos de nitrógeno.

Así mismo, los vehículos a diesel, año modelo 1993 y anteriores emiten el 35% de los compuestos orgánicos volátiles, el 43% de los óxidos de nitrógeno y el 75% y 76% de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, respectivamente.

### ***Emisiones por contaminante y entidad federativa***

Las Tablas 4.3.19 y 4.3.20, presentan las emisiones generadas por las fuentes móviles por tipo de vehículo y por entidad, así mismo se presentaran las emisiones por uso vehicular y por jurisdicción.

**Tabla 4.3.19 Emisiones por las fuentes móviles, Distrito Federal**

Tipo de Vehículo	Emisiones [ton/año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Autos Particulares	391	211	678	369,794	26,700	33,636	30,991	1,355
Taxis	121	64	227	76,804	7,538	7,111	6,551	457
Combis	5	3	10	8,486	601	1,309	1,204	19
Microbuses	31	16	47	80,756	7,829	13,166	12,209	155
Pick Up	14	8	24	11,067	1,366	1,419	1,312	33
Vehículos de hasta 3 ton	30	22	23	3,788	623	538	504	7
Tractocamiones	1,323	1,064	176	13,720	14,536	10,582	10,111	17
Autobuses	673	541	312	15,400	8,911	3,969	3,778	15
Vehículos de más de 3 ton	427	339	100	41,248	6,603	5,403	5,044	45
Motocicletas	90	52	61	107,443	1,510	10,709	10,007	28
<b>Total</b>	<b>3,105</b>	<b>2,320</b>	<b>1,658</b>	<b>728,506</b>	<b>76,217</b>	<b>87,842</b>	<b>81,711</b>	<b>2,131</b>

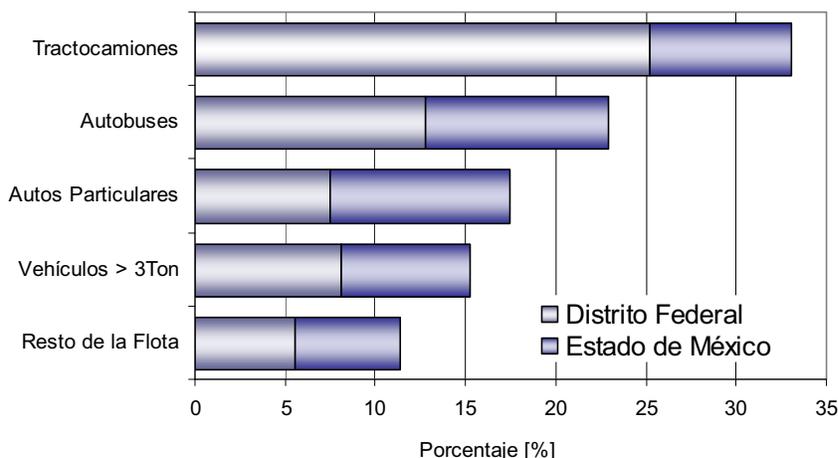
**Tabla 4.3.20 Emisiones por las fuentes móviles, Estado de México**

Tipo de Vehículo	Emisiones [ton/año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Autos Particulares	525	289	785	673,940	37,237	60,553	55,789	1,541
Taxis	54	29	99	45,903	3,534	4,172	3,844	198
Combis	48	27	94	90,414	5,515	12,431	11,453	133
Microbuses	26	15	49	82,288	4,297	7,328	6,795	68
Pick Up	67	38	115	92,299	8,388	12,117	11,189	149
Vehículos de hasta 3 ton	100	63	85	63,038	5,527	6,019	5,599	55
Tractocamiones	411	330	56	4,261	4,498	3,245	3,100	7
Autobuses	530	427	240	21,274	7,422	3,610	3,400	15
Vehículos de más de 3 ton	373	292	137	163,512	6,747	10,393	9,355	51
Motocicletas	9	5	6	11,364	159	1,133	1,059	3
<b>Total</b>	<b>2,143</b>	<b>1,515</b>	<b>1,666</b>	<b>1,248,293</b>	<b>83,324</b>	<b>121,001</b>	<b>111,583</b>	<b>2,220</b>

Cabe mencionar que los municipios conurbados que fueron agregados recientemente, representan en promedio, el 15% de los contaminantes criterio del Estado de México y el 8% de las emisiones totales de las fuentes móviles de la ZMVM.

A continuación se analizan las emisiones por contaminantes y entidad, distinguiéndose los vehículos de mayor emisión.

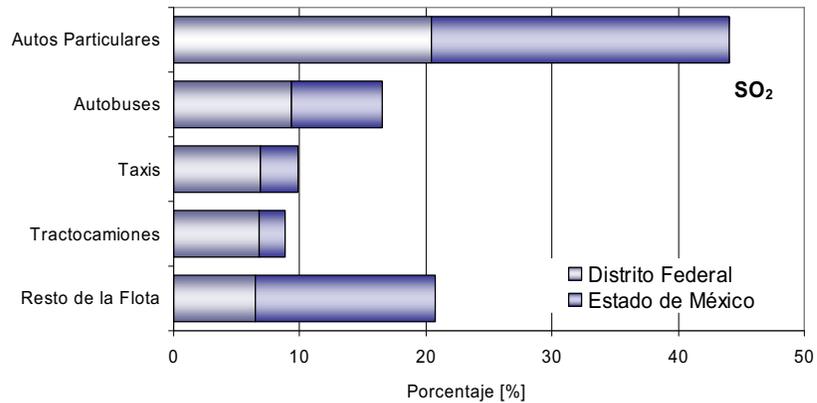
De las emisiones de PM<sub>10</sub> de las fuentes móviles, los tractocamiones por el consumo de diesel para transportar la carga aportan el 33%, seguido por los autobuses y los autos particulares, con 23% y 17% respectivamente; cabe mencionar que las PM<sub>2.5</sub> presentan un patrón similar a las PM<sub>10</sub>. Ver Gráfica 4.3.14.



**Gráfica 4.3.14 Emisiones porcentuales de PM<sub>10</sub> de las fuentes móviles**

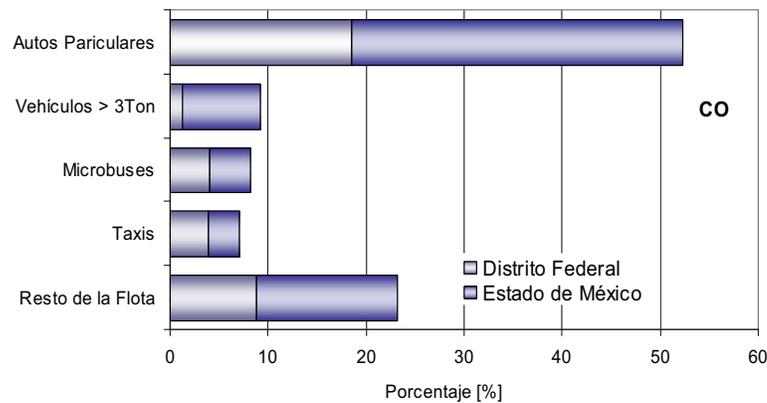


El  $\text{SO}_2$  es emitido en su mayoría por los autos particulares (44%) y dicha emisión está relacionada al gran número de vehículos en circulación. En menor proporción se tiene a los autobuses que en su mayoría utilizan diesel como combustible con el 17%. Ver Gráfica 4.3.15.



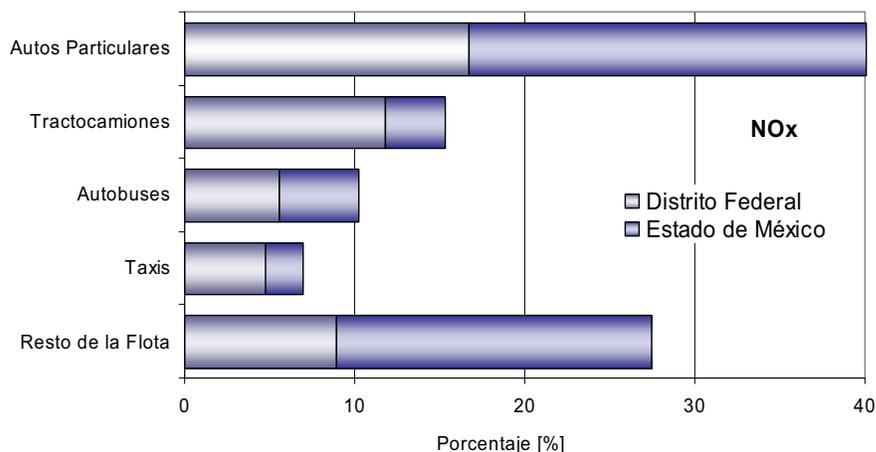
**Gráfica 4.3.15 Emisiones porcentuales de  $\text{SO}_2$  de las fuentes móviles**

Más de la mitad del CO es generado por los autos particulares (52%), éstos emiten aproximadamente cinco veces más que los vehículos mayores a tres toneladas, categoría que sigue en emisión. Las mayores emisiones son generadas por los vehículos que portan placas del Estado de México, debido a que flota vehicular de esta jurisdicción es más antigua y por lo tanto más contaminante. Ver Gráfica 4.3.16.



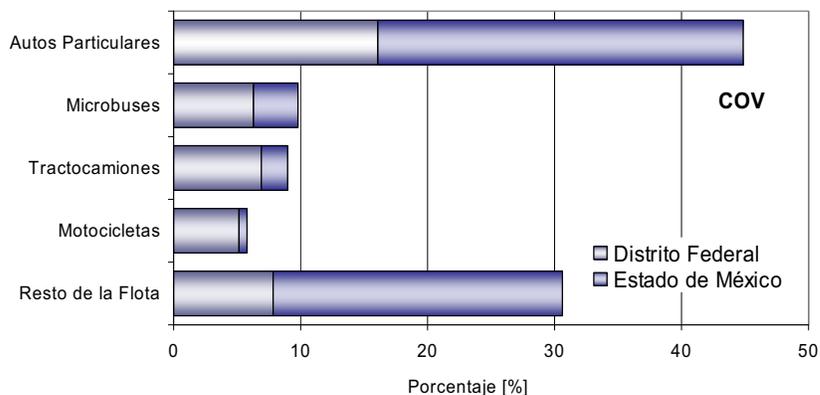
**Gráfica 4.3.16 Emisiones porcentuales de CO de las fuentes móviles**

Los autos particulares emiten la mayor cantidad de NOx, con un 40% del total de las emisiones generadas por las fuentes móviles. Nuevamente las unidades matriculadas en el Estado de México son las de mayor aporte, aún cuando los autos particulares en el Distrito Federal son casi el doble de los registrados en el Estado de México. Ver Gráfica 4.3.17.



**Gráfica 4.3.17 Emisiones porcentuales de NOx de las fuentes móviles**

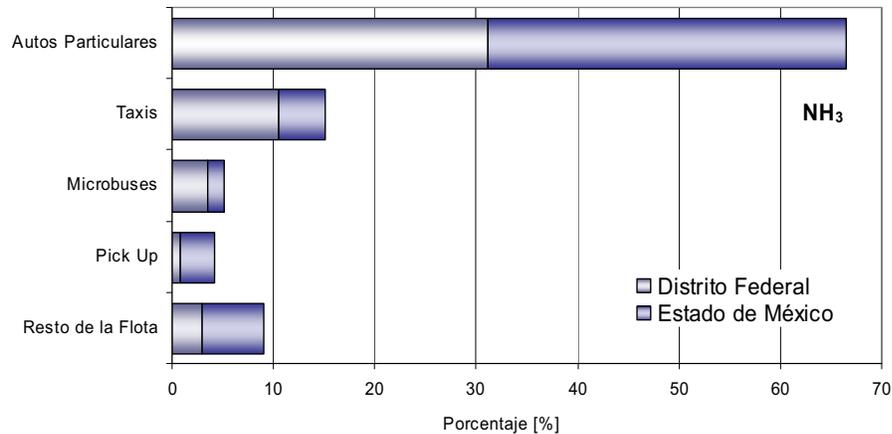
Los COV muestran un comportamiento similar a los NOx. Los autos particulares generan el 45% de las emisiones y más de la mitad de éstas provienen de los vehículos matriculados en el Estado de México; los microbuses aportan el 10% de las emisiones de COV, teniendo al Distrito Federal como mayor emisor por la cantidad de vehículos de este tipo. Ver Gráfica 4.3.18.



**Gráfica 4.3.18 Emisiones porcentuales de COV de las fuentes móviles**



La distribución porcentual de las emisiones de amoniaco, nos indica que el 67% es generado por los autos particulares y el 15% por los taxis, como los segundos más emisores. Ver Gráfica 4.3.19.



**Gráfica 4.3.19 Porcentajes de emisiones de NH<sub>3</sub> por tipo de vehículo**

### ***Emisiones por jurisdicción***

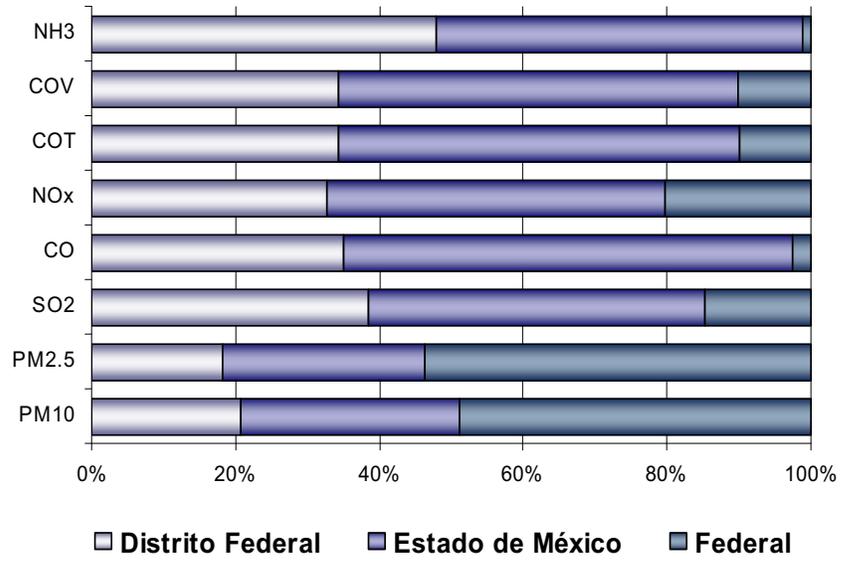
Es importante analizar las emisiones vehiculares generadas en la ZMVM por la jurisdicción a la que pertenecen, ya que esto permitirá corresponsabilizar la instrumentación de medidas de control.

En la ZMVM se generan 5,248 ton/año de partículas PM<sub>10</sub> y 3,835 ton/año de partículas PM<sub>2.5</sub>, y la flota de jurisdicción del gobierno Federal que en su mayoría son tractocamiones y autobuses, aportan el 49% de PM<sub>10</sub> y el 54% de PM<sub>2.5</sub>. De las emisiones de monóxido de carbono los vehículos de jurisdicción de gobierno del Estado de México contribuyen con el 63%.

Referente a los precursores de ozono tenemos que nuevamente los vehículos de jurisdicción del Estado de México, contribuyen con el 48% de los óxidos de nitrógeno y con el 56% de los compuestos orgánicos volátiles, ver Tabla 4.3.21 y Gráfica 4.3.20.

**Tabla 4.3.21 Emisiones de las fuentes móviles por jurisdicción en la ZMVM**

Jurisdicción	Emisiones [ton/año]							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Distrito Federal	1,089	700	1,279	690,883	51,922	71,647	66,274	2,090
Estado de México	1,590	1,072	1,557	1,237,224	76,808	116,453	107,251	2,207
Federal	2,569	2,063	488	48,692	30,811	20,743	19,769	54
<b>Total</b>	<b>5,248</b>	<b>3,835</b>	<b>3,324</b>	<b>1,976,799</b>	<b>159,541</b>	<b>208,843</b>	<b>193,294</b>	<b>4,351</b>



**Gráfica 4.3.20 Emisiones de fuentes móviles por jurisdicción**



## 4.4 FUENTES NATURALES

Las fuentes naturales emiten contaminantes a la atmósfera generados por procesos bióticos y abióticos, dentro de ellas se puede mencionar a las emisiones biogénicas (COV de la vegetación-NOx del suelo) y a las generadas por la erosión del suelo. Aún cuando las mediciones de COV de la vegetación son escasas y las emisiones son poco significativas, es necesario cuantificarlos ya que son una fuente de radicales libres y juegan un papel importante en la química atmosférica como precursores de ozono.

### 4.4.1 Vegetación y suelos

La vegetación tiene gran importancia para el ambiente y el ser humano, tanto a nivel ecológico como económico, entre los aspectos más importantes se puede mencionar: la protección del suelo, la regulación de los escurrimientos de agua, la generación de alimento, la regulación del clima, así como el embellecimiento del paisaje y limpieza del aire, por mencionar algunas. Sin embargo, a pesar de los beneficios, también libera al aire compuestos orgánicos volátiles tales como el isopreno y los terpenos, que junto con los óxidos de nitrógeno que se generan en el suelo por el proceso de nitrificación-desnitrificación de la materia orgánica, son precursores de ozono.

La importancia de cuantificar estas emisiones, radica en determinar el grado de participación en la formación del ozono, pues cabe mencionar que el isopreno es uno de los COV de más alta reactividad<sup>6</sup>, entre los COV medidos en la ZMVM. Además de enfocar las campañas de reforestación mediante la selección de las especies aptas para la región y que generen compuestos orgánicos volátiles menos reactivos.

De los 7,734 kilómetros cuadrados de superficie que comprende la Zona Metropolitana del Valle de México, los principales usos de suelo se distribuyen de la siguiente manera: 55% es de uso agrícola, 22% es urbano y un 17% son suelos de uso forestal (ver tabla 4.4.1 y mapa 4.4.1).

**Tabla 4.4.1 Uso de suelo en la Zona Metropolitana del Valle de México**

Uso de suelo	Distrito Federal		Estado de México*		ZMVM	
	[Km <sup>2</sup> ]	%	[Km <sup>2</sup> ]	%	[Km <sup>2</sup> ]	%
Agrícola	430	6	3,754	49	4,184	55
Forestal	642	8	687	9	1,329	17
Urbano	390	5	1,348	17	1,738	22
Otros	21	N/S	460	6	481	6
<b>Total</b>	<b>1,483</b>	<b>19</b>	<b>6,249</b>	<b>81</b>	<b>7,732</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaborada con información del Inventario Nacional Forestal, 2000.

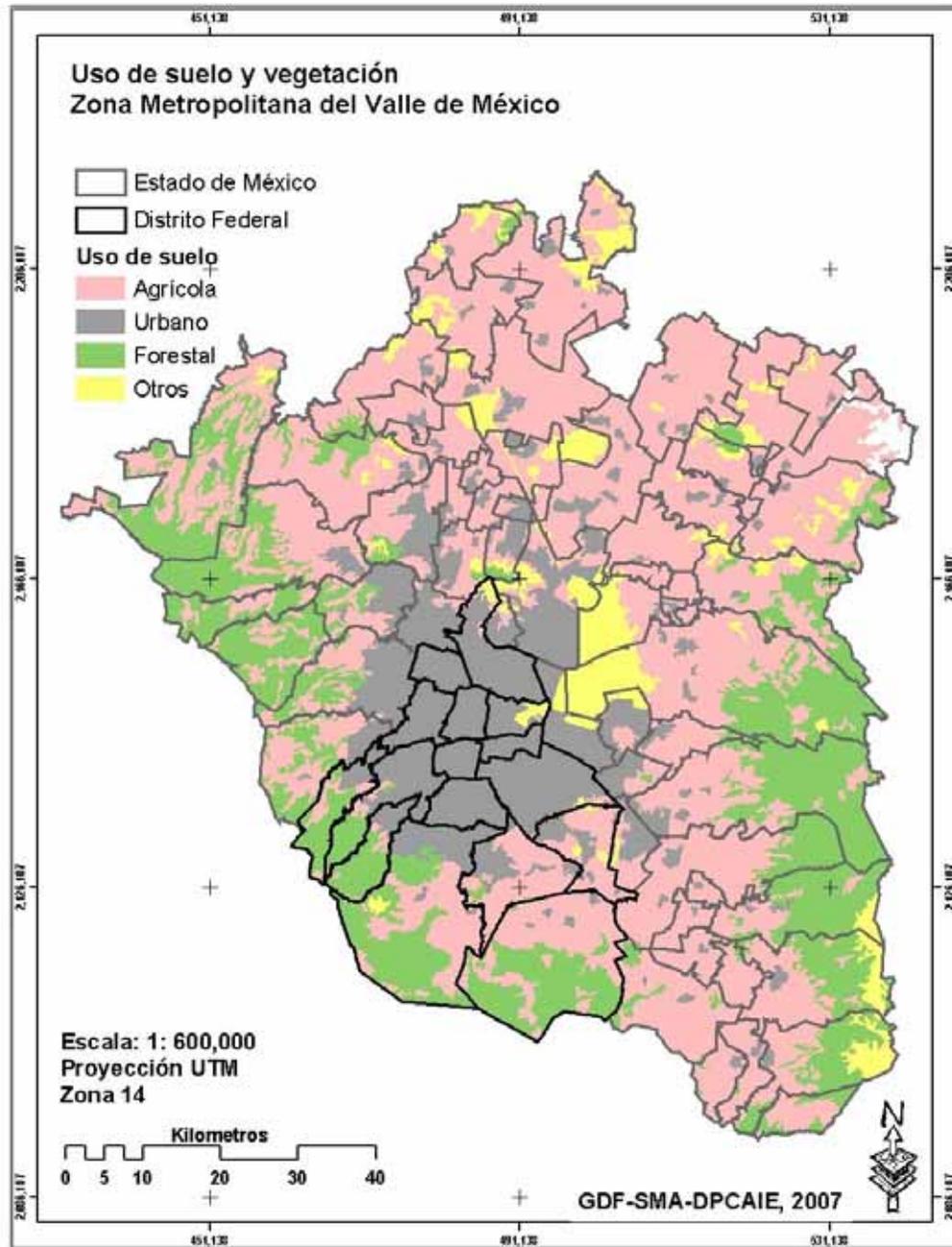
Nota: El uso de suelo "Otros" incluye a los cuerpos de agua, matorral y áreas sin vegetación aparente.

La antigua ZMVM incluía solo 18 municipios conurbados con 2,082 km<sup>2</sup>

La nueva ZMVM incluye 59 municipios del Estado de México (GODF, 2006).

N/S = No significativo.

<sup>6</sup> En términos de reactividad con el radical OH, el cual es un limitante en la formación de ozono. Campañas de medición MCMA 2002-2003.



Fuente: Elaborado con información del Inventario Nacional Forestal, 2000

**Mapa 4.4.1 Uso de Suelo y vegetación de la ZMVM**

El cálculo de las emisiones biogénicas se desarrolló con base en la metodología descrita en el Programa de Inventario de Emisiones para México, Manual VII “Desarrollo del Inventario de Fuentes Naturales”, utilizando el modelo GloBEIS, por sus siglas en inglés (Global Biosphere Emissions and Interaction System).

Para la estimación de emisiones se requirió recabar tres tipos de información:



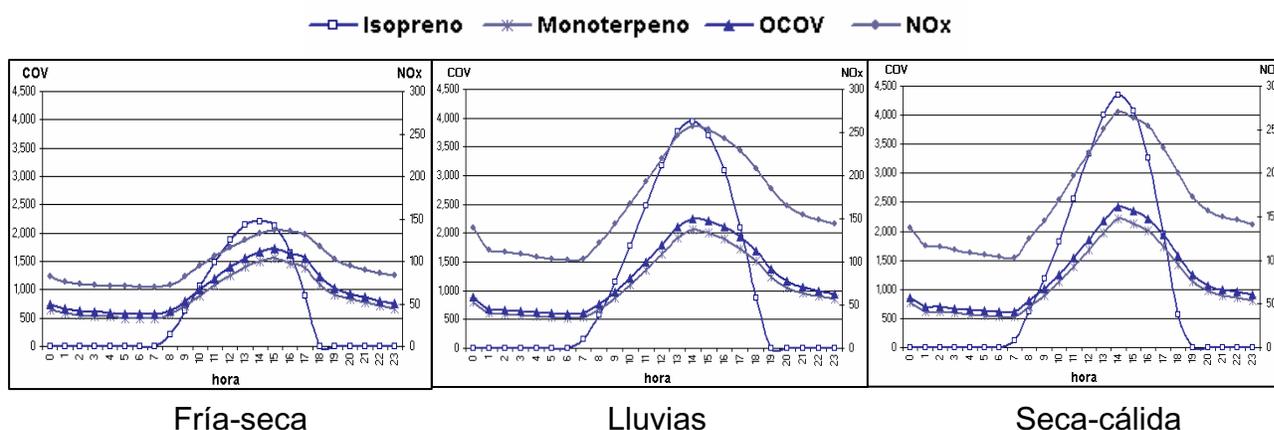
**1.- Uso de suelo.** Se definió el área de estudio o dominio en Km<sup>2</sup> y se clasificó el uso del suelo en: *forestal, urbano, agrícola y otros*. Así mismo, se distribuyeron las superficies de cada uso de suelo por especie vegetal dominante, de acuerdo a la clasificación que incluye el GloBEIS.

**2.- Meteorología.** Se utilizaron datos horarios de temperatura y radiación para la actividad fotosintética, "PAR"<sup>7</sup> del día representativo de cada temporada climatológica de la ZMVM: seca fría (febrero 10), seca cálida (mayo 21) y lluvias (junio 25).

**3.- Factores de emisión.** Se utilizaron los factores por especie vegetal o categoría provenientes del GloBEIS.

### **Emisiones horarias de la vegetación y suelos**

En la Zona Metropolitana del Valle de México, diariamente se emiten más de 75 toneladas de COV generados por la vegetación y más de 3 toneladas de óxidos de nitrógeno, como resultado de los procesos bioquímicos del suelo. Con el fin de mostrar la distribución horaria de las emisiones, la gráfica 4.4.1 muestra las emisiones correspondientes al día representativo de cada temporada.



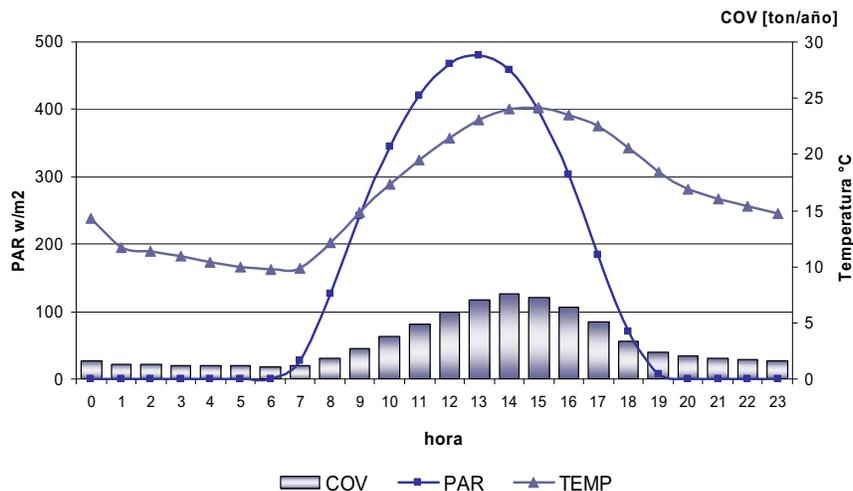
**Gráfica 4.4.1 Emisiones biogénicas horarias [kg/hr]**

En forma general, las emisiones de COV y NOx siguen un comportamiento similar al de la temperatura a través del día. Las emisiones de isopreno están más relacionadas al incremento de la radiación, sin embargo, los picos de las emisiones no siempre coinciden con los valores más altos de esta variable. Algunos autores sugieren que este comportamiento se debe a que la producción de dicho hidrocarburo, es para aumentar la tolerancia térmica de la planta y que existe cierto límite de radiación que puede soportar la hoja, después del cual, ésta sufre cierto daño y deja de incrementar sus emisiones (Sharkey y Singaas, 1995; en Benjamín, *et al*, 1995).

Los COV presentan las mayores emisiones en horas de elevada radiación o temperatura, los valores más altos oscilan entre las 12:00 y 14:00 horas del día (Gráfica 4.4.2).

<sup>7</sup> La radiación solar en la parte del espectro visible de 400 a 700 nm es conocida como PAR y la fracción de onda corta (de 200 a 400 nm) es la utilizada para la fotosíntesis de las plantas.

Es conveniente aclarar que las temperaturas mayores, no siempre corresponden a las horas de mayor radiación, ya que la temperatura también se ve influenciada por otras variables ambientales como la humedad y el viento de la zona, por mencionar algunas.



**Gráfica 4.4.2 Temperatura, PAR y COV de la ZMVM**

***Emisiones anuales de la vegetación y suelos por entidad***

**Distrito Federal**

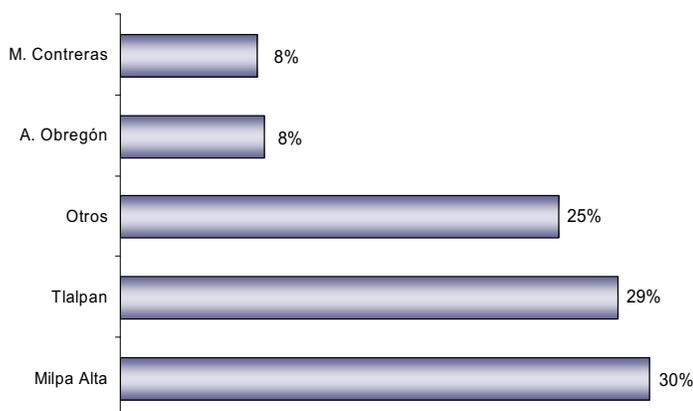
De las 9,275 toneladas anuales de COV biogénicos que se emiten en el Distrito Federal, el principal contaminante es el monoterpeno con 3,728 toneladas anuales, lo cual representa el 40% de las emisiones de hidrocarburos en esta entidad, siguen en orden de importancia, los otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV: metanol, etanol, ácido acético, aldehído, formaldehído, entre otros) contribuyendo con 3,673 toneladas anuales, los cuales representan el 39%.

**Tabla 4.4.2 Emisiones biogénicas del Distrito Federal**

Temporada	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx
Seca-fría	371	1,029	1,018	2,418	51
Lluvias	958	1,690	1,663	4,311	293
Seca-cálida	545	1,009	992	2,546	178
<b>Total</b>	<b>1,874</b>	<b>3,728</b>	<b>3,673</b>	<b>9,275</b>	<b>522</b>

Total de COV = COT

Del total de COV que se generan en el Distrito Federal, aproximadamente el 59% se generan en las delegaciones de Tlalpan y Milpa Alta, el compuesto más abundante que se emite es el monoterpeno (Gráfica 4.4.3), generado principalmente por especies forestales como el pino; otras delegaciones que siguen en importancia de emisión son, La Magdalena Contreras y Álvaro Obregón, que en conjunto, contribuyen con un 16% a las emisiones de COV.



**Gráfica 4.4.3 Principales delegaciones generadoras de COV biogénicos**

### Estado de México

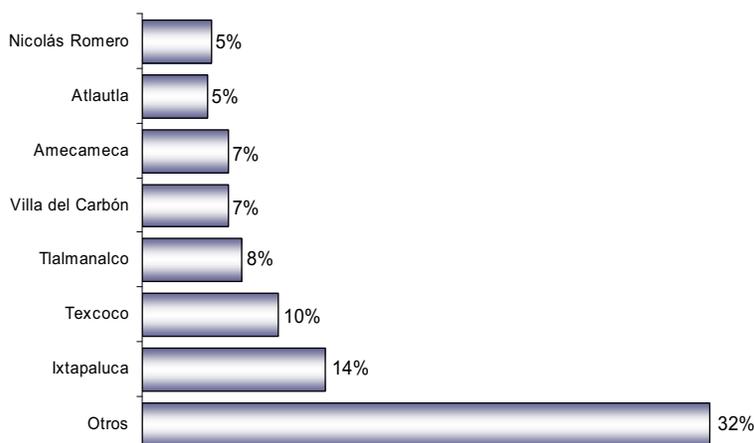
Las emisiones de COV generadas en el Estado de México se estiman en 18,206 toneladas anuales, las principales emisiones corresponden al isopreno con 6,470 ton/año y otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV) con 6,409 ton/año, éstos representan el 36% y el 35% del total de COV respectivamente.

**Tabla 4.4.3 Emisiones biogénicas del Estado de México**

Temporada	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx
Seca-fría	1,352	1,534	1,850	4,736	225
Lluvias	3,109	2,340	2,808	8,257	311
Seca-cálida	2,009	1,453	1,751	5,213	190
<b>Total</b>	<b>6,470</b>	<b>5,327</b>	<b>6,409</b>	<b>18,206</b>	<b>726</b>

Total de COV = COT

Las mayores emisiones se tienen en el municipio de Ixtapaluca (14%) y se generan principalmente en las áreas forestales. Otros municipios que son importantes por sus emisiones son: Texcoco y Tlalmanalco, los cuales en conjunto contribuyen con el 18% del las emisiones, que son generadas principalmente en sus áreas de pino y encino (Gráfica 4.4.4)



**Gráfica 4.4.4 Principales municipios generadores de COV biogénicos**

### Zona Metropolitana del Valle de México

Las emisiones anuales de COV que son generados por la vegetación ubicada en la ZMVM, ascienden a 27,481 toneladas, de los cuales el monoterpeno y OCOV (otros compuestos orgánicos volátiles), son los que más se emiten representando el 33% y 37% respectivamente, el 30% restante es isopreno. Por otra parte, las emisiones de NOx que se liberan por los procesos de los micro-organismos en el suelo, se estimaron en 1,248 toneladas anuales (ver Tabla siguiente).

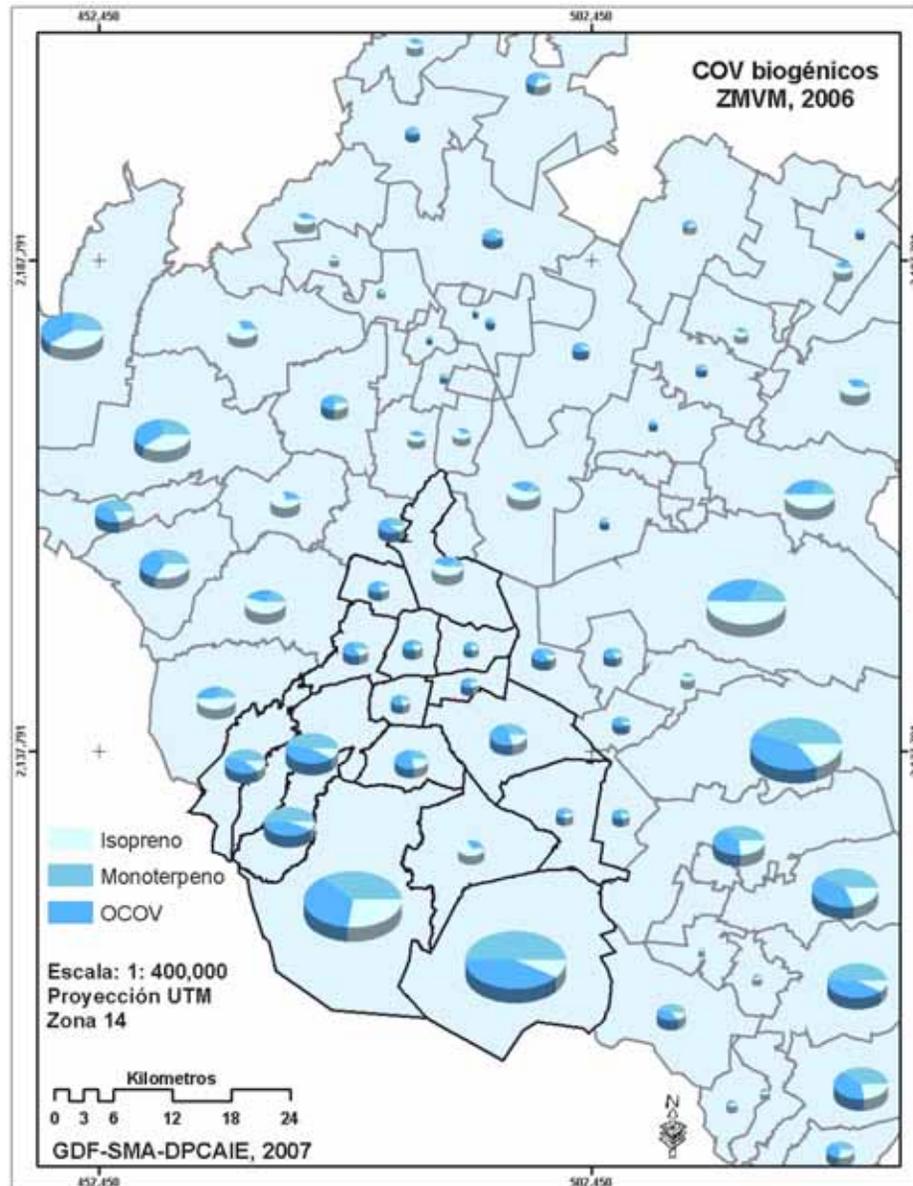
**Tabla 4.4.4 Emisiones biogénicas en la ZMVM**

Temporada	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx
Seca-fría	1,723	2,563	2,868	7,154	276
Lluvias	4,067	4,030	4,471	12,568	604
Seca-cálida	2,554	2,462	2,743	7,759	368
<b>Total</b>	<b>8,344</b>	<b>9,055</b>	<b>10,082</b>	<b>27,481</b>	<b>1,248</b>

Total de COV = COT

Del total de las emisiones biogénicas, el Distrito Federal contribuye con el 34% de los COV y el 66% restante lo generan los municipios conurbados del Estado de México. El siguiente mapa muestra la contribución a las emisiones de COV por delegación y municipio.

En el Mapa 4.4.2, se puede observar que las emisiones de COV se generan principalmente en las delegaciones y municipios que cuentan con áreas forestales; para el caso del Estado de México se puede mencionar a Ixtapaluca, Texcoco Tlalmanalco; en el Distrito Federal tenemos a las delegaciones de Milpa Alta, Tlalpan y Álvaro Obregón.

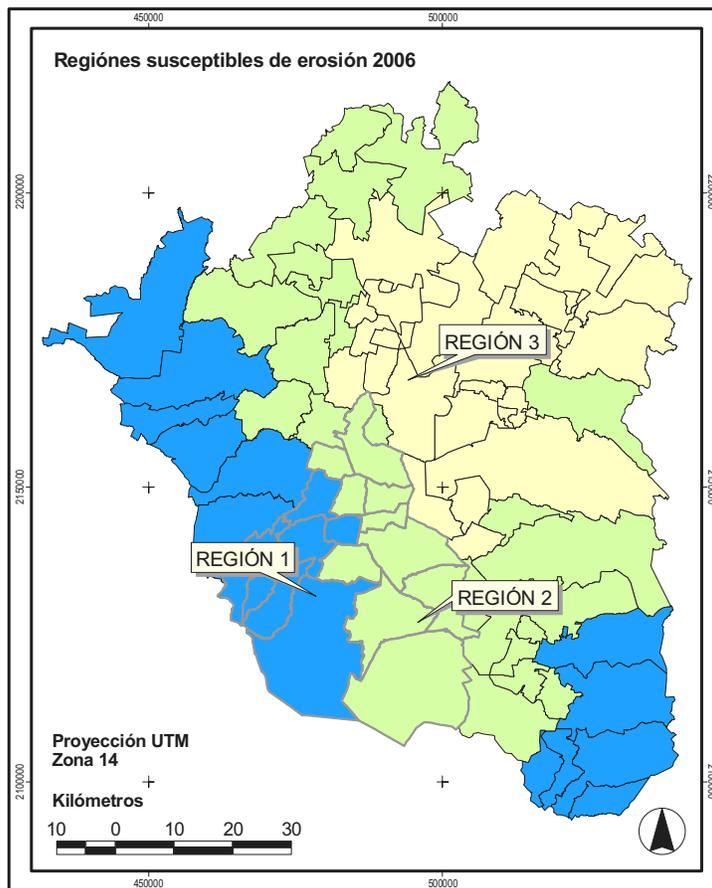


Mapa 4.4.2 COV biogénicos en la Zona Metropolitana del Valle de México

#### 4.4.2 Erosión eólica del suelo

La erosión eólica del suelo, es un proceso natural, que en la ZMVM se acelera debido principalmente a la deforestación, las quemas y prácticas agrícolas, entre los de mayor importancia (SMA-Universidad de Chapingo, 2000). Lo anterior ha llevado a la alteración del régimen hidrológico y ha ocasionado la remoción de los suelos, haciendo a la ZMVM cada vez más susceptible a un aumento de partículas suspendidas; aunado a esto, los vientos que existen en la cuenca y que se producen durante las horas más calientes del día, provocan remolinos que se levantan a gran altura, llevando a la suspensión grandes cantidades de polvo, principalmente en época de secas.

Para la estimación de partículas generadas por erosión eólica, la ZMVM se dividió en tres regiones, con la finalidad de obtener condiciones meteorológicas específicas de las mismas; ver Mapa 4.4.3.

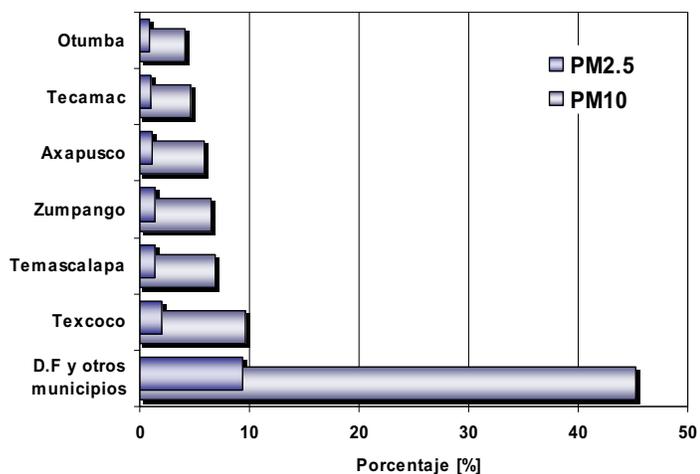


**Mapa 4.4.3 Regiones para el cálculo de emisiones por erosión eólica**

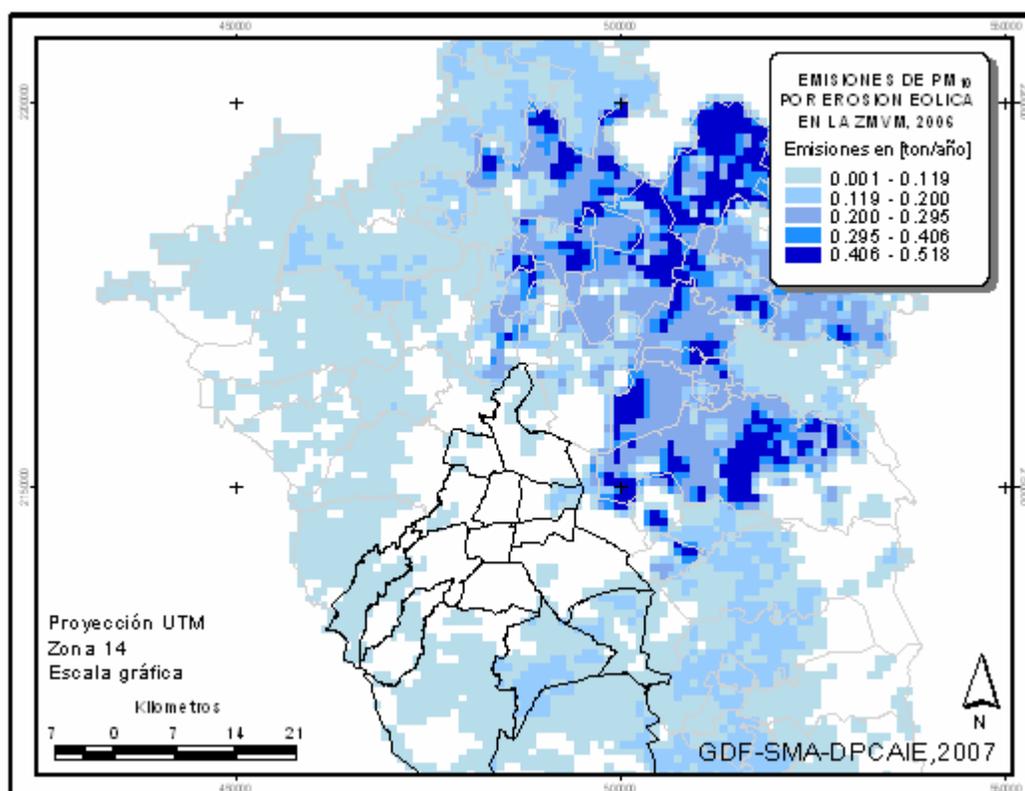
La superficie considerada como susceptible de erosión eólica en la Zona Metropolitana del Valle de México, es de 441,894 hectáreas (ha), 46,343 ha corresponden al Distrito Federal y 395,551 ha al Estado de México. En total, en la ZMVM se generan por erosión eólica 803 ton/año de partículas PM<sub>10</sub> y 164 toneladas de partículas PM<sub>2.5</sub>, siendo los municipios de Texcoco, Temascalapa y Zumpango los más emisores (Gráfica 4.4.5 y Tabla 4.4.5 y mapa 4.4.4).

**Tabla 4.4.5 Partículas generadas por erosión eólica, ZMVM**

Entidad	Superficie [ha]	Emisiones [ton/año]	
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
<b>Distrito Federal</b>	46,343	38	7
<b>Estado de México</b>	395,551	765	157
<b>ZMVM</b>	<b>441,894</b>	<b>803</b>	<b>164</b>



Gráfica 4.4.5 Principales municipios generadores de partículas



Mapa 4.4.4 Distribución Geográfica de las emisiones de PM<sub>10</sub> por erosión eólica



---

## **5. EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE LAS EMISIONES EN LA ZMVM, 1990-2006**

---



## 5.1 EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES

La evolución que han tenido las emisiones desde 1990 hasta el año 2006 se presentan en la Tabla 5.1.1; se puede apreciar que la emisión de SO<sub>2</sub> disminuye en un 91% debido principalmente a la reducción del contenido de azufre en los combustibles y al cambio en el uso de los mismos.

Las emisiones de PM<sub>10</sub> se ven reducidas en un 50%, esto ocasionado por la reducción del contenido de azufre en las gasolinas; además, cabe mencionar que las partículas tienen gran correlación con la intensidad del viento, la precipitación y días de lluvia en cada año de inventario. La reducción del 62% de CO es consecuencia del cambio tecnológico del parque vehicular donde los vehículos con sistema de control han ido en aumento y aquellos que no cuentan con sistema de control se han reducido paulatinamente, a las mismas causas se atribuyen las reducciones de NO<sub>x</sub> (26%) y de los COV (41%).

**Tabla 5.1.1 Evolución de la emisión de contaminantes en la ZMVM, 1990-2006**

Año del inventario	Emisiones [ton/año]					
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV
1990	41,358	70,436	4,730,297	242,471	1,016,651	876,608
1992	30,543	33,942	4,420,963	243,939	863,686	708,882
1994	30,212	26,676	3,820,866	234,872	859,108	674,195
1996	28,107	24,777	3,232,628	212,584	839,315	632,903
1998	32,520	14,780	1,792,964	185,013	737,419	513,127
2000	25,034	8,385	2,032,580	193,476	791,990	540,182
2002	23,473	8,548	1,941,656	188,262	821,014	542,572
2004	20,686	6,646	1,792,081	179,996	822,545	532,168
2006*	20,618	6,317	1,783,087	180,412	829,587	516,019

\* La ZMVM incluye las 16 delegaciones del Distrito Federal y 18 municipios del Estado de México, para fines de comparación con los inventarios de años anteriores

Es importante mencionar que en 1990, las emisiones de partículas PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>, fueron generadas en gran parte por las fuentes puntuales, debido a los procesos productivos y al escaso control de las emisiones de estos contaminantes, además del consumo de combustibles líquidos con alto contenido de azufre como el combustóleo en los procesos de combustión.

Las fuentes móviles son responsables de casi el 100% de la emisión del monóxido de carbono desde el año 1990 a la fecha; de igual forma, estas fuentes generan alrededor del 82% de los óxidos de nitrógeno.

La Figura 5.1.1, nos permite observar el comportamiento y la contribución por contaminante, en el Estado de México y Distrito Federal; cabe señalar que la contribución por entidad federativa se ha ido modificando a través de los años, lo cual es un reflejo de las medidas de control aplicadas a cada fuente y entidad.

De la tendencia de emisiones de 1990 al año 2006, resalta la reducción sostenida de las emisiones de monóxido de carbono de las fuentes móviles de jurisdicción del gobierno del Distrito Federal y el aumento constante de este mismo contaminante en las fuentes móviles de jurisdicción del Estado de México; referente a los otros contaminantes tenemos una situación similar al comportamiento evolutivo de las emisiones de CO.

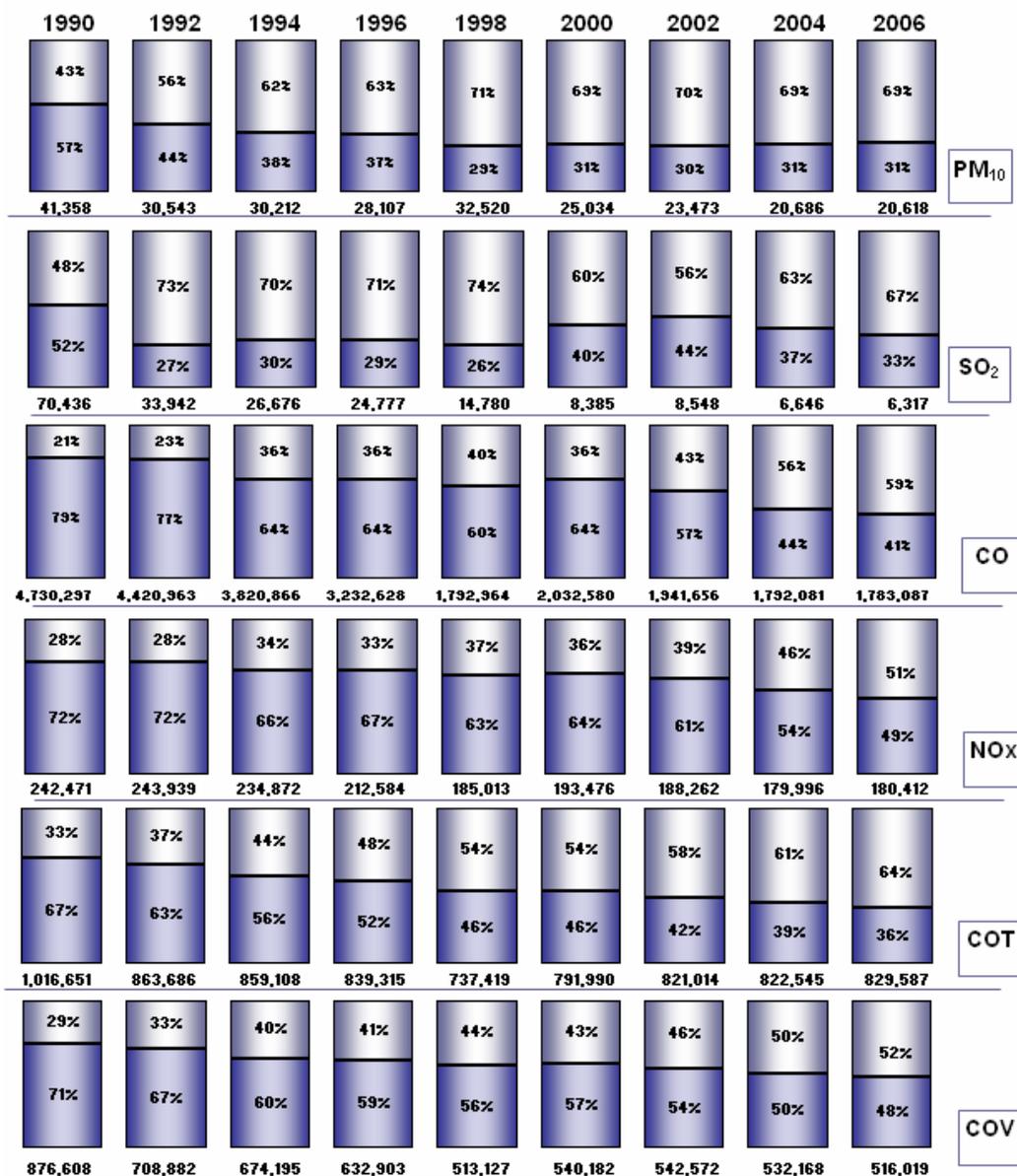


Figura 5.1.1 Evolución de las emisiones 1990-2006 de la ZMVM y contribución porcentual de las emisiones por entidad [ton/año]

## 5.2 TENDENCIA Y CONCENTRACIÓN DE EMISIONES

Con la finalidad de validar la estimación de emisiones del periodo de 1990 al año 2006, se procedió a analizar individualmente las emisiones de partículas  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  y  $CO$ , resultado del presente recálculo, con su respectiva tendencia de monitoreo de calidad del aire. Debido a que aún no se realiza el monitoreo de  $COT$  y  $COV$ , no se analizaron estos contaminantes, así mismo es conveniente mencionar que las mediciones de  $PM_{2.5}$  son recientes, por lo que no se incluye en el presente análisis.

### Tendencias y concentración de emisiones de $PM_{10}$

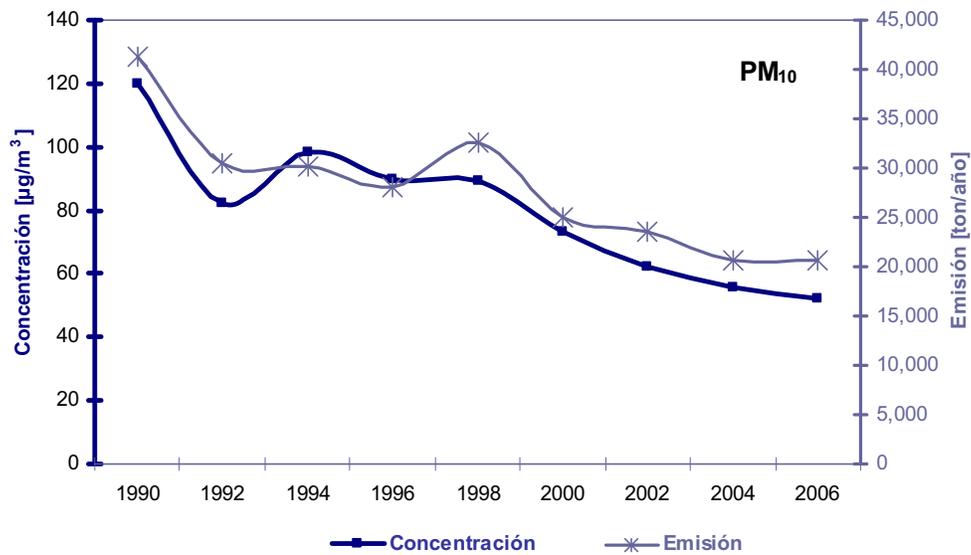
La siguiente gráfica muestra que el comportamiento de las partículas  $PM_{10}$  de 1990 a 2006, donde se observa una tendencia similar en concentración y emisión, además, se puede apreciar una disminución de poco mas del 50%, tanto en las emisiones como en las concentraciones.

En 1998 se presenta un aumento en las emisiones de partículas  $PM_{10}$ , debido a que las partículas geológicas aumentaron, como consecuencia de la combinación de algunos factores meteorológicos, como son: baja precipitación o ausencia prolongada de lluvias y alta temperatura; la combinación de estas variables climatológicas provoca que la carga de sedimentos en los suelos sea elevada y se desprenda con mayor facilidad. Las partículas geológicas incluyen los suelos sin cubierta vegetal, así como los caminos pavimentados y sin pavimentar, siendo estos últimos los que generan las mayores emisiones.

Es importante mencionar que las estaciones de monitoreo del SIMAT<sup>1</sup> se encuentran dentro del área urbana y que los caminos no pavimentados se localizan en los márgenes de la misma, lo que puede ser una causa de que en algunos años, las concentraciones de las partículas, muestren una tendencia desigual con respecto a las emisiones estimadas.

---

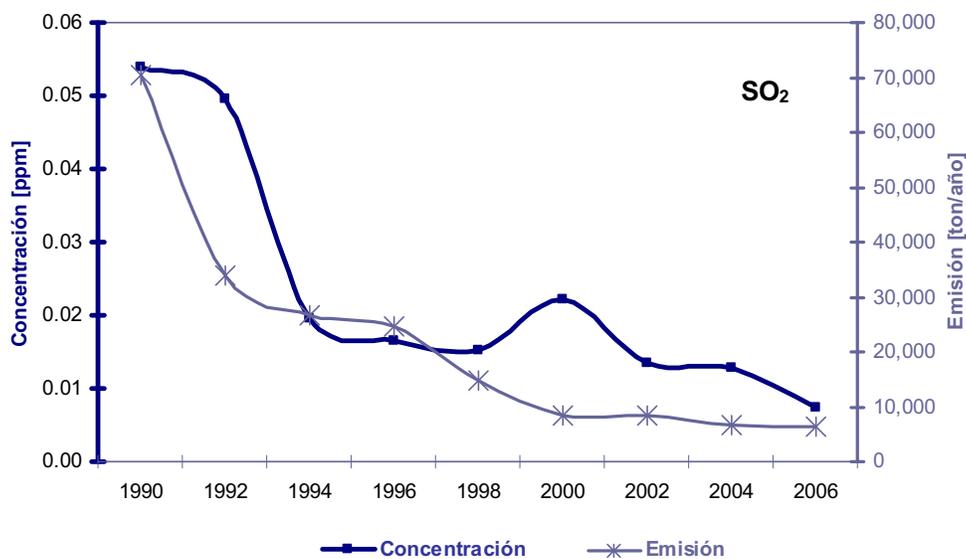
<sup>1</sup> Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal



**Gráfica 5.2.1 Tendencias de emisiones y concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la ZMVM, 1990-2006**

### Tendencias y concentración de emisiones de $\text{SO}_2$

La tendencia de las emisiones y concentración del  $\text{SO}_2$  presentan una similitud, ya que ambas van a la baja, sin embargo, las concentraciones indican un aumento en el año 2000, que posiblemente fue consecuencia de que algunas industrias en la periferia de la ZMVM, consumieron sin autorización, combustibles líquidos con alto contenido de azufre; el cual no se refleja en las emisiones debido a que no se reportaron dichos consumos y/o combustibles utilizados, pues como se ha mencionado, la generación de  $\text{SO}_2$  es ocasionada en su mayoría por el sector industrial.

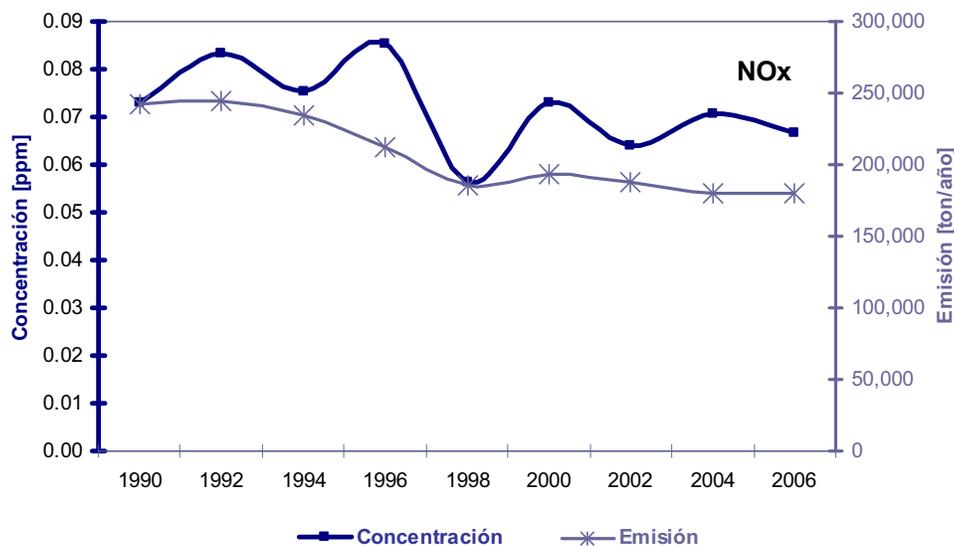


**Gráfica 5.2.2 Tendencias de emisiones y concentración de  $\text{SO}_2$  en la ZMVM, 1990-2006**

## Tendencias y concentración de emisiones de NOx

La Gráfica 5.2.3, muestra que tanto las tendencias de calidad del aire y las emisiones de NOx de 1990 a 1998, presentan una importante reducción de alrededor del 24%; de 1998 al año 2000, se presenta un incremento en ambas tendencias, posiblemente causado por el incremento en la circulación de autos, debido a las modificaciones del programa Hoy No Circula, que permitió que los vehículos año modelo 1993 y posteriores circularan todos los días.

Por último del 2000 al año 2006, ambas tendencias presentan una reducción promedio del 8%, lo cual puede atribuirse a la instalación de nuevas tecnologías de control de emisiones en algunos sectores industriales, como es el caso del sector de generación de energía eléctrica, así como a las mejoras tecnológicas del parque vehicular.

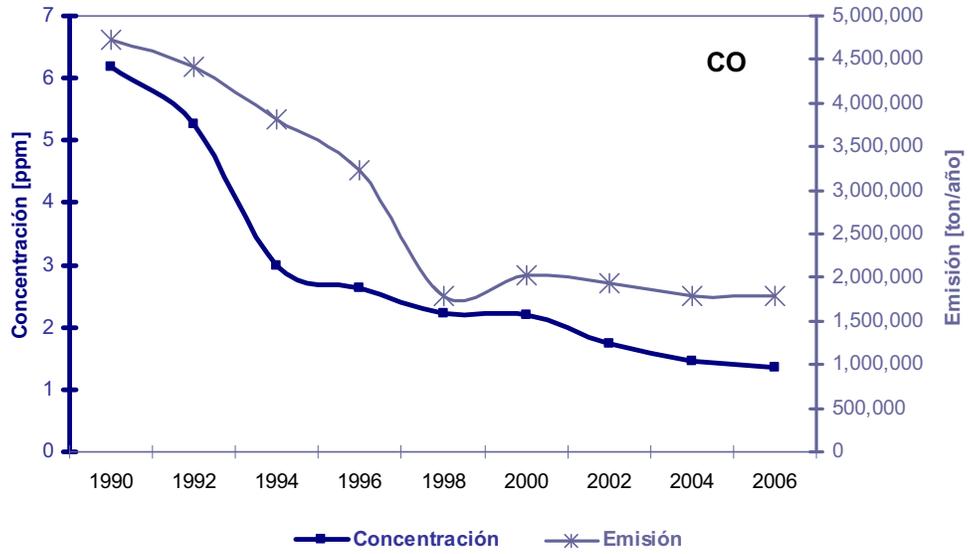


Gráfica 5.2.3 Tendencias de emisiones y concentración de NOx en la ZMVM, 1990-2006

## Tendencias y concentración de emisiones de CO

Es importante comentar que en el presente recálculo de emisiones se han hecho considerables mejoras a la estimación de contaminantes generados por las fuentes móviles, lo cual se refleja en las emisiones de CO y NOx, que son generados en su mayoría por el parque vehicular. En lo referente al CO, las concentraciones ambientales registradas y las emisiones de los inventarios presentan una tendencia de disminución.

Es notoria la baja de emisiones en el año de 1998, la cual se atribuye a que en este año se incrementaron en aproximadamente 70% los autos con sistemas de control y por último, se puede mencionar que el aumento registrado de 1998 al año 2000, puede ser causado porque a más del 35% de la flota vehicular, que dejaba de circular un día entre semana, se les permitió circular todos los días en el año 2000.



**Gráfica 5.2.4 Tendencias de emisiones y concentración de CO en la ZMVM, 1990-2006**

---

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---



## 6.1 CONCLUSIONES

Con base en los resultados expuestos anteriormente, se podría concluir que:

El contaminante de mayor abundancia en la ZMVM es el monóxido de carbono (CO), emitiéndose a la atmósfera poco más de dos millones de toneladas al año y es generado básicamente por las fuentes móviles. Así mismo, de las 201 mil toneladas de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que se generan en la ZMVM, las fuentes móviles contribuyen con el 84%.

Aún cuando las fuentes móviles tienen una importante contribución de compuestos orgánicos volátiles (35% de COV), las fuentes de área son las más emisoras con el 43% del total; entre sus categorías más contaminantes se pueden mencionar: el uso comercial y doméstico de solventes, las fugas en instalaciones de gas L.P. y la combustión incompleta de gas L.P.

Referente a las PM<sub>10</sub>, las cuales son uno de los contaminantes de mayor problema en la ZMVM, se tiene que el 43% proviene de las vialidades no pavimentadas y, dentro de éstas, el 26% son partículas menores a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>).

Los autos particulares son una de las categorías más contaminantes, generan el 52% del CO, el 32% de NO<sub>x</sub> y el 21% de SO<sub>2</sub>; otra emisión importante en las fuentes móviles son los vehículos a diesel, en específico los tractocamiones y autobuses, los cuales aportan el 27% y 16% de las PM<sub>2.5</sub> respectivamente y en conjunto, el 24% de NO<sub>x</sub>.

Es importante mencionar que las fuentes contaminantes de jurisdicción del Gobierno del Estado de México, aportan a la ZMVM el 61% de las emisiones de partículas PM<sub>10</sub>, generadas principalmente por el tránsito vehicular sobre vialidades sin pavimentar; así mismo las fuentes de jurisdicción del Gobierno Federal son responsables del 45% de las emisiones totales de partículas PM<sub>2.5</sub> que se emiten a la atmósfera de la ZMVM, éstas generadas en su mayoría por la actividad vehicular de los tractocamiones y autobuses.

Los NO<sub>x</sub> al igual que los COV, los generan con más abundancia las fuentes emisoras que se encuentran a cargo del Gobierno del Estado de México, estas aportan el 42% de NO<sub>x</sub> y el 49% de los COV que se generan en la ZMVM, destacando las emisiones de los vehículos particulares y la del transporte de pasajeros.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Para los usuarios del presente inventario que requieran conocer la información base para el cálculo de las emisiones estimadas, se recomienda consultar las Memorias de Cálculo del Inventario de Emisiones de la ZMVM del año 2006, que al igual que el presente documento se publicarán en la página web de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Por falta de recursos económicos y de interés de algunas dependencias en proporcionar la información requerida, han quedado pendientes algunas recomendaciones que fueron resultado de la *Evaluación del Inventario de Emisiones de la ZMVM de 1998*, realizado por Eastern Research Group, Inc. y del *Análisis y Diagnóstico del Inventario de Emisiones de la ZMVM*, realizado por el Instituto Tecnológico de Massachussets para mejorar el desarrollo de los inventarios de emisiones (verificar si las industrias que han dejado de entregar la actualización del anexo A de la Licencia Ambiental Única o la Cédula de Operación Anual, continúan operando actualmente; identificar el contenido de solvente de la mezcla de asfalto que se utiliza en las vialidades de los municipios que integran la ZMVM; así como emplear algunos modelos para verificar los kilómetros recorridos por tipo de vehículo).

Es importante mencionar que se requiere de la realización de estudios para cuantificar y caracterizar los niveles de actividad de la flota vehicular matriculada en otras entidades diferentes al Distrito Federal y el Estado de México que circula en la Zona Metropolitana del Valle de México. Además, es necesario contar con un programa continuo que determine a nivel metropolitano y a detalle el parque vehicular circulante (aforos vehiculares); éste debe ser capaz de proporcionar la información actualizada anualmente. Lo anterior significa integrar información de los vehículos registrados en el Distrito Federal, en el Estado de México y vehículos con placa federal.

Es necesario contar con el apoyo de recursos económicos y humanos para continuar con el proceso de obtención y actualización de factores de emisión locales, además de incluir las emisiones de sectores faltantes, entre los que se pueden mencionar: los procesos de cocción de alimentos en taquerías, las actividades de demolición y construcción de estructuras, actividades relacionadas con la ganadería, así como el manejo y aplicación de plaguicidas y fertilizantes.

Se deberán instrumentar nuevas medidas para incentivar al sector industrial y de servicios en la entrega de su Licencia Ambiental Única (LAU-DF), y propiciar la integración de la información en una base única y común para las diferentes autoridades ambientales que convergen en la ZMVM. Además es necesario aumentar el control de calidad de dicho reporte, debido a que en ocasiones contiene información errónea o simplemente no se reportan datos; incrementando así, el grado de incertidumbre del inventario de emisiones de fuentes puntuales y de servicios.

Para mejorar la estimación horaria de las emisiones, es necesario el desarrollo de estudios que nos permitan identificar los horarios en los que se generan las emisiones en los hogares y las actividades cotidianas como son: ir al trabajo, a la escuela y preparar alimentos, por mencionar algunas. En este contexto, es de suma importancia desagregar las actividades en los diferentes sectores contaminantes, como por ejemplo la categoría de combustión comercial/institucional y sus sectores definidos en: baños públicos, tortillerías, panaderías, tintorerías, hoteles, centros deportivos y puestos semifijos, entre los principales.

Así mismo, una de las prioridades en la realización del inventario es el desarrollo y actualización de factores de emisión locales, tales como los de las termoeléctricas, vehículos a diesel y unidades viejas a gasolina. Referente al cálculo de las emisiones de vialidades no pavimentadas, es necesario realizar, entre otros, estudios de humedad del suelo y determinar la carga de sedimento en estas vialidades, así como en las vialidades pavimentadas.

Uno de los problemas ambientales más frecuentes en la ZMVM, es la generación de ozono fotoquímico, para que esto suceda es necesaria la combinación de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles; de estos últimos se generaron más de 576 mil toneladas y aproximadamente el 43% es producto de las fuentes de área. Dicho lo anterior, es necesario realizar estudios de aquellas categorías que más contribuyen, esencialmente, de las que provienen de cálculos con factores *per cápita*, con el fin de precisar su emisión e identificar posibles medidas para el control de la generación de estos compuestos.

Es necesario proponer alternativas de verificación y validación para los factores de emisión utilizados en aquellos sectores de mayor contribución de contaminantes, como es el caso del uso comercial y doméstico de solventes, el cual genera el 10% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Para esto, se propone la realización de un estudio para identificar la cantidad y variedad de los compuestos orgánicos utilizados, así como su reactividad en la atmósfera, asociada con la formación de ozono, además de validar los factores de emisión y crear alternativas de sustitución o eliminación de los compuestos orgánicos más reactivos en los productos comerciales que los contienen.

Finalmente y no menos importante, es la actualización de las emisiones reportadas en los anteriores Inventarios de Emisiones, considerando los 59 municipios del Estado de México, los cuales forman parte de la nueva declaratoria de la ZMVM.



---

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

---





---

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2007. Volumen de Turbosina y Gas Avión 100/130, suministrado al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México 2006. Dirección de Combustibles.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2007. Número de operaciones de vuelo por tipos de aeronave. Dirección General Adjunta de Administración/Subdirección de Sistemas ASA.

Alfonso, S. A., 2007. Subdirección de Meteorología de la SMA-GDF.

Baker, K.; 2001. Evaluation of PAR Estimation Methods. Lake Michigan Air Directors Consortium. DRAFT – 6/15/01.

Benjamin, M. T.; Sudol, M.; Bloch, L. y Winer, A. M.; 1996. Low -emitting urban forest: a taxonomic methodology for assigning isoprene and monoterpene emission rates. Atmospheric Environment vol. 30 No. 9.1437-1452 pp. Great Britain.

Birth, T. L. y Geron, C. D., 1995. User's guide to personal computer version of the Biogenic Emissions Inventory System (PC-BEIS), version 2.0. Computer Science Corporation, Research Triangle Park, NC 27709. Emissions Modeling Division, Air and Energy Engineering Research laboratory. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC 27711.

Boletín Metrópoli 2025.. Año. 1 Núm 11. <http://www.metropli.org.mx> (noviembre 2006)

Bureau of Automotive Repair, 2000. Methodology for calculating vehicle miles traveled (VMT). Engineering and Research Branch. State of California.

California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), 2002. 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.

Colorado Institute for Fuels and High Altitude Engine Research, 1998 .Heavy-Duty Diesel Vehicle Testing for the Northern Front Range Air Quality Study.

Chow, J.C.; Watson, J. G.; Edgerton, S. A.; Vega, E.; 2002. Chemical composition of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in Mexico City during winter 1997. The Science of the Total Environment 287 (2002) 177-201.

Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, 1997. Estudio No. 5 Definición de Políticas de Modernización, Inspección Sustitución, Eliminación Definitiva, Adaptación de Vehículos y Combustibles Alternos.

Comisión Nacional del Agua, 2007. Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. <http://www.cna.gob.mx> (octubre 2007).

CONAPO, 2001. La distribución territorial de la población en México. <http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/Lapoblacion/07.pdf> (noviembre 2007).

CONAPO, 2006. Situación demográfica de México 2006.

[http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/sdm2006/sdm06\\_01.pdf](http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/sdm2006/sdm06_01.pdf) (noviembre 2007).

CORENADER, 2003. Inventario de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal.

<http://www.sma.df.gob.mx> (agosto 2003).

Edgerton, S.A.; Arriaga, J. A.; Bian, X.; Bossert, J.E.; Chow, J.C.; Coulter, R.L.; Doran, J.C.; P.V. Dpskey, S.; Elliot, J.D.; Fast, J.S.; Gaffney, F.; Guzmán, J.M.; Hubbe, J.T.; Lee, E.L.; Malone, N.A.; McNair, W.; NET, E.; Ortiz, R.; Petty, M.; Ruiz, W.J.; Shaw, G.; Sosa, E.; Vega, J.G.; Watson, C.D.; Whiteman, S.; Zhong ; 1998. Particulate Air Pollution in Mexico City. A Collaborative Research Project: U.S. Department of Energy (DOE)-PEMEX.

ERG, 2002. Manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México. Volumen VII- Desarrollo de Inventario de Recursos Naturales. Final. Preparado por: Eastern Research Group, Inc. (ERG), para: Asociación de Gobernadores del Oeste y Comité Binacional de Asesoría. 8959 Cal. Center Dr., Suite 260 Sacramento, Cal. 95826-3259.

ERG, 2002. Evaluación del Inventario de emisiones de la ZMVM, 1998. Preparado por: Eastern Research Group, Inc. (ERG), para: Asociación de Gobernadores del Oeste y Comité Binacional de Asesoría. 8959 Cal. Center Dr., Suite 260 Sacramento, Cal. 95826-3259.

ETEISA, 2003. Sistema de Información de Condiciones de Tránsito para la Estimación de Emisiones Contaminantes por Fuentes Móviles en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Fehsenfeld, F.; Calvert, J.; Fall, R.; Goldan, P.; Guenther, A.; Hewitt, C.; Lamb, B.; Liu, S.; Trainer, M.; Westberg, H. y Zimmerman, P.; 1992. Emmissions of volatile organic compounds from vegetation and the aplicaciones for atmospheric chemistry. Global Biogeochemical Cycles. 6, 4, 389-430 pp.

Ferrocarril y Terminal del Valle de México S.A. de C.V., 2007. Programa de Administración y Operación de Locomotoras Foráneas y de Patio y Factores de Rendimiento por Uso de Diesel. Información de la Subdirección de Transporte.

Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V., 2002 Consumo de Diesel por Locomotoras, 2002. Distribución de Vías Férreas por Delegación y Municipio y Rendimiento de Combustible. Información de la Subdirección de Transporte.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, diciembre 2006. Declaratoria de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2002. Acuerdo por el que se ordena la Publicación del Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006.

GDF-RTP, 2006. Cuantificación de Emisiones de Gases Contaminantes producidos por la Operación de la Flota de Autobuses de la RTP del Gobierno del Distrito Federal, durante el periodo de enero 2000 a marzo 2006.

GDF-RTP, 2007. Numeralia RTP 2006. Enero 2006. <http://www.rtp.gob.mx> (febrero 2007).



---

GDF-RTP, Estadísticas RTP 2006. <http://www.rtp.gob.mx> (febrero 2007).

GDF-Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DCGOH), 2007. Información sobre las plantas de tratamiento de agua residual ubicadas en el Distrito Federal.

GDF-Dirección General del Heroico Cuerpo de Bomberos, 2007. Información del número de Incendios en estructuras del Distrito Federal por delegación y tipo de estructura.

GDF-Secretaría de Obras y Servicios, 2007. Manejo de Residuos Sólidos en el Distrito Federal, Dirección General de Servicios Urbanos, (presentación).

GDF, 2005. Base de Datos de Recursos Materiales de Instalaciones Médicas del D.D.F., IMSS, ISSSTE, SSA, y Privados. Generado por la Dirección de Prevención y Control de la Contaminación. Archivo Magnético.

Gobierno del Estado de México, 2007. Padrón Estatal de Transporte Público. <http://www.edomexico.gob.mx/portalgem/transporte> (junio 2007).

Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (AICM), 2007. Operación horaria de aeronaves. Gerencia de Sistemas, Comunicaciones e Información de la Subdirección de Finanzas y Administración.

IMP; 1998. Investigación sobre material particulado y deterioro atmosférico-Inventario de amoniaco para la ZMCM. Subdirección de Protección Ambiental, Gerencia de Ciencias del Ambiente. 24 p.

INEGI 2007, Síntesis de Resultados. II Censo de Población y Vivienda 2005. <http://www.inegi.gob.mx> (agosto 2007).

INEGI, 2006. Resultados Definitivos del II Censo de Población y Vivienda 2005 para el Estado de México. Comunicado núm. 101/06. <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2006/Mayo/comunica18.pdf> (noviembre 2007).

INEGI, 2006a. Resultados Definitivos del II Censo de Población y Vivienda 2005 para el Estado de México. Comunicado núm. 119/06. <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2006/Mayo/comunica36.pdf> (noviembre 2007).

INEGI, 2005 Estadísticas del Medio Ambiente y Zona Metropolitana del Valle de México 2002.

INEGI, 2002. Marco Geoestadístico Municipal 2000.

INEGI, 2001. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Distrito Federal, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Resultados Definitivos; Tabulados Básicos Nacionales por Entidad Federativa.

INEGI, 2001a. Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000. México, DF.

INEGI, 1997. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos, Censos Económicos 1994.

ISSSTE-Delegación Zona Norte, 1999. Inventario de calderas y equipos de esterilización.

Lamb, B., Westberg, H., Allwine, G., Quales, T., 1985. Biogenic hydrocarbons emissions from deciduous and coniferous trees in the Unites States. Journal of Geophysical Research. Vol. 90, No. D1. February 20.

Mendoza-Dominguez, A.; Wilkinson J. G.; Yueh-Jiun Yang and Armistead G. Russell; 2000. Modeling and Direct Sensitivity Analysis of Biogenic Emissions Impacts on Regional Ozone Formation in the Mexico-U.S. Border Area. School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia. Journal of the Air & Waste Management Association. Vol. 50, January 2000.

Molina, L. T. y Molina, M. J.; 2002. Air Quality in the México Megacity. An Integrated Assessment. Kluwer Academic Publishers. 375 p. Norwell, MA 02061, USA.

Navar, J. y Treviño, E.; 1997. Estimación del tonelaje de partículas de suelo que potencialmente contribuyen a la contaminación del aire en el área metropolitana de Monterrey, México. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L. Aceptado Dic. 1997. 21-31v pp.

OCDE, 1995. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Vol. 3. IPCC.

Orea, C. M.; 1999. Caracterización Ambiental de las Áreas de Emisión Edafológica de PM<sub>10</sub> en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, México. 129 pp.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 1997. Efecto del Gas LP en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 2007. Distribución de GLP en la ZMVM 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Satélite Norte 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Azcapotzalco 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Satélite Oriente 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Distribución de gasolina por estación de servicio Zona Norte de la ZMVM TAD Satélite Sur 2006.

PEMEX Refinación, 2007. Parámetros de Calidad de Combustibles Líquidos ZMVM 2006. Subgerencia de Calidad de Productos.



---

PEMEX Refinación, 2007. Tanques de Almacenamiento de Productos Instalados en las Terminales del Valle de México. Terminal Azcapotzalco/Subgerencia de Calidad de Productos.

PEMEX Refinación, 2007. Hojas de Seguridad de Productos Petrolíferos. Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial.

PEMEX Refinación, 2007. Venta de productos petrolíferos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Gerencia de Comercialización.

Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal, 2007. Estadística Distribución de Mezcla Asfáltica en el D.F. 2006.

Radian International, 1998. Aguascalientes Vehicle Emissions Measurement Study.

Radian Corporation, 1996. Biogenic Sources Preferred Methods. Final Report. Area Sources Committee-Emission Inventory Improvement Program. Vol. V. Research Triangle Park, North Carolina, 27709.

Radian International, 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen II-Fundamentos de Inventarios de Emisiones. Asociación de Gobernadores del Oeste y Comité Asesor Binacional. 0389. Old Placerville Road Sacramento, CA 95827.

Radian International, 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen VI Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores. Asociación de Gobernadores del Oeste y Comité Asesor Binacional. 0389. Old Placerville Road Sacramento, CA 95827.

Radian International, 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V-Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final. Asociación de Gobernadores del Oeste y Comité Asesor Binacional. 0389. Old Placerville Road Sacramento, CA 95827.

Reza, J.; Salazar, G. y Trejo, A.; 1997. Evaluation Of Composition And Evaporation Behavior Of Commercial Thinner Samples Expended In Mexico City. Rev. Int. Contam. Ambient. 13 (2), 87-95.

Ruíz, S. L.; Imaz, G. M.; Montero, M. O.; Hernández, G. F.; Conde, C. y Castro, T.; 1994. Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el valle de México. Reporte Técnico para CONSERVA. DF y Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.

SAGARPA-DF, 2006. Datos de superficie sembrada por delegación, cultivo y ciclo agrícola. Centro de Estadística Agropecuaria.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2007. Estadística Básica del Autotransporte Federal 2005.

Secretaría de Energía 2006. Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2006-2015, Dirección General de Planeación estratégica.

Secretaría de Energía 2006. Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2006-2015, Dirección General de Planeación estratégica.

Secretaría de Energía 2006. Prospectiva de Petrolíferos 2006-2015, Dirección General de Planeación estratégica.

Secretaría de Energía 2006. Prospectiva del Sector Eléctrico 2006-2015, Dirección General de Planeación estratégica.

Secretaría de Energía, 2006. Balance Nacional de Energía 2005, Subsecretaria de Política Energética y Desarrollo Tecnológico.

Secretaría de Salud, 2002. Anuario Estadístico Año 2000, Boletín N°20 Información Estadística 2000 – Volumen 1. Recursos Físicos, Materiales y Humanos y Tipo de Recursos por Institución Distrito Federal 2002. <http://ssa.gob.mx>. (agosto 2007)

Secretaría de Transportes y Vialidad, 2006. Informe SETRAVI enero-diciembre 2006.

Secretaría de Transportes y Vialidad, 2006. Informe SETRAVI 2005-2006.

Secretaría de Transportes y Vialidad, 2005. Anuario de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México 2004.

Secretaría de Transportes y Vialidad, 2002. Anuario de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México 2001.

Secretaría de Transportes y Vialidad, 2002. Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006.

Secretaría del Medio Ambiente/Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, 2007. Cédula de Operación Anual, Año Base 2006.

Secretaría del Medio Ambiente/Dirección General de Gestión Ambiental del Aire/Subdirección de Meteorología y Modelación, 2006. Bases de datos de temperatura precipitación, humedad y altura de capa de mezcla, año 2006.

Secretaría del Medio Ambiente/Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental de Agua, Suelos y Residuos, 2001. Avances Relevantes del Programa de Recuperación de Vapores Fase II en el Distrito Federal.

Secretaría del Medio Ambiente/Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental de Agua, Suelos y Residuos, 2002. Laboratorio de Análisis Ambiental. Convenio de Asistencia Técnica UNAM-GDF 2002. Informe de Prueba de Combustibles NOM-086-ECOL-1994.

SEMARNAT, 2000. Inventario Nacional Forestal 2000. Cartografía digital, escala 1:250,000.

SIEM, 2007. Sistema de Información Empresarial Mexicano. Empresas de Servicios en el Distrito Federal por CMAP <http://siem.gob.mx/portalsiem/> (noviembre 2007).



---

Sierra Research Inc., 1994. Evaluation of MOBILE Vehicle Emission Model. J.A. Volpe National Transportation Systems Center and U.S. Department of Transportation.

Subsecretaría de Hidrocarburos/Dirección General de Gas L.P./Dirección de Operación y Supervisión, 2001. Estaciones Autorizadas de Abastecimiento y Predios Tolerados de Gas L.P. para Carburación en la ZMVM 2001.

SMA-Universidad de Chapingo, 2000. Bases para el manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México.

Thesing K. and E.H. Pechan and Associates, Inc., 2000. Nonroad Source Inventory Development Aircraft, Locomotives, and Commercial Marine vessels (CMv) Section 4; Part II. <http://www.epa.gov/ttn/chief/eidocs/portllsec4.pdf>. (agosto 2007).

TÜV Rheinland de México S.A. de C.V., 2000. Programa para la Reducción y Eliminación de Fugas de GLP en las Instalaciones Domésticas de la ZMVM.

UNAM-CAM, 2006. Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México (EIMTCA-MAVM). Proyecto de realización del estudio matriz origen-destino para el transporte de carga. Informe Final septiembre, 2006. Instituto de Ingeniería-UNAM.

U.S. Environmental Protection Agency, 2007. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 12, Especiate 4.0.

U.S. Environmental Protection Agency, 2005. Copilation of Air Pollutant Emission Factors, volume I. Stationary Point and Area Sources. AIRCHIEF V.12. Fifth Edition, Cap. 1.3 Fuel Oil Combustion, 1.4 Natural Gas Combustion, 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion.

U.S. Environmental Protection Agency, 2004. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 12, FIRE emission factors. 6.25.

U.S. Environmental Protection Agency, 2004. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 12, Source Classification Codes.

U. S. Environmental Protection Agency, 2003. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2001. Washington. D.C. 20360.

U.S. Environmental Protection Agency 2002. User's Guide to Mobile 6.2. Mobile Source Emission Factor Model.

U.S. Environmental Protection Agency, 2001. Emission Factor and Inventory Group and Eastn Research Group, INC/Documentation For The 1996 Base Year National Toxics Inventory For Area Sorces.

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Copilation of Air Pollutant Emission Factors, volume I. Stationary Point and Area Sources. AIRCHIEF V.8. Fifth Edition, Cap. 1.3 Fuel Oil Combustion, 1.4 Natural Gas Combustion, 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion.

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Emission Factor and Inventory Group (MD-14) Emissions, Monitoring and Analysis Division/Documentation for the 1996 Base Year National Toxics Inventory For Aircraft Sources, <http://www.epa.gov/ttn/chief/nti/aircrrpt.pdf> (junio 2007).

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, Source Classification Codes. 454/C-00-003.

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, FIRE emission factors. 6.23 454/C-00-003.

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Emission Factors and Inventory Group EMAD/OAQPS. Versión 8.0, Especiate 3.2.

U.S. Environmental Protection Agency, 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.

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. Engine Programs and Compliance Division Office of Mobile Sources/Evaluation of Air Pollutant Emissions From Subsonic Commercial Jet Aircraft.

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. Aircraft Engine Emission User Guide and Database (FAEED 3.1). <http://www.epa.gov/otaq/aviation.htm> (junio 2000)

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. Office of Air Quality Planning and Standards/Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources. <http://www.epa.gov/ttn/chief>. (agosto 2000).

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. TANKS. Versión 4.0. and User's Guide.

U.S. Environmental Protection Agency, 1998. User's Manual Landfill Gas Emissions Model V.2.01. Washington, DC 20460. <http://www.epa.gov/ttn/atw/landfill/landflpg.html>. (junio 2000).

U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods for Estimating Air Emissions. Vol. III, Chapter 5. Research Triangle Park, North Carolina. Air Chief Vol.12.

U.S. Environmental Protection Agency, 1994. User's Guide to Mobile 5. Mobile Source Emission Factor Model.

U.S. Environmental Protection Agency, 1980. AP-42 Supplement 10 for compilation of Air Pollutant Emission Factors. Third Edition. Research Triangle Park, North Carolina, Office of Air Quality Planning and Standards.

Vega, E. R; Ruiz H.; García J.; Sánchez G.; Martínez-Villa G.; González U. J. C.; Chow J. G.; Watson; 2004. Analisis of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the Atmosphere of Mexico City during 2000-2002. Journal of the Air & Waste Management association. Volumen 54.



---

Velasco, E.; Lamb, B... [et al] , 2007. Distribution, magnitudes, reactivities, ratios and diurnal patterns of volatile organic compounds in the Vallery of Mexico during the MCMA 2002&2003 field campaigns. *Atmospheric Chemistry and Physics* 7,329-353.

Velasco E., Márquez C... [et al], 2007. Vertical distribution of ozone and VOCs in the low boundary layer of Mexico City. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 7, 12751–12779.

Watson y Chow, 2000. Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research. Desert Research Institute. Energy and Environmental Engineering Center. Reno, NV.

Yarwood, G.; Wilson, G.; Emery, C.H. y Guenther, A.; 1999. Development of GloBEIS–A State of the Science Biogenic Emissions Modeling System. Final Report. Prepared for: Mr Mark Estes Texas Natural Resource Conservation Commission, Austin Texas. Prepared by: ENVIRON International Corporation, Novato Cal. y National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.

Yarwood, G.; Wilson, G.; Shepard, S. y Guenther, A.; 2002. User's guide to the Global Biosphere Emissions and Interaction System (GloBEIS) Version 3.0.





---

## COORDINADORES

Ma. Cristina Ruiz Ramírez  
Subdirectora de Planeación y Evaluación de Programas de Calidad del Aire.

Saúl Rodríguez Rivera  
Subdirector de Inventario y Modelación

## INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Ana Lourdes López Pablos  
Francisco Hernández Ortega  
Gabriela García Márquez  
Guadalupe Graciela Ramos Rodríguez  
José Luis Sagú González  
María del Carmen Mendoza Pelcastre  
María Magdalena Armenta Martínez  
Miguel Ángel Flores Román  
Patricia Camacho Rodríguez  
Rodrigo Hernández Calápiz





**El Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México 2006, muestra un análisis detallado de los contaminantes emitidos a la atmósfera. Pretende ser una plataforma para la toma de decisiones, así como en el establecimiento de políticas para mejorar la calidad del aire, con la finalidad de proteger la salud de los habitantes de esta metrópoli.**