

## 5. INVENTARIO DE EMISIONES 1998

La elaboración de un inventario de emisiones desagregado, preciso y actualizado es una tarea compleja que demanda la integración sistemática de la información en un marco de concurrencia institucional entre los gobiernos del Estado de México, del Distrito Federal y del Federal. Algunas experiencias internacionales y nacionales señalan que son necesarios años de estudio y una considerable cantidad de recursos para elaborar un inventario completo<sup>1</sup>, para el desarrollo del inventario 1998, se partió de un inventario base, que con el tiempo se ha enriquecido con información de mejor calidad y estudios locales que permiten aportar datos más detallados.

El resumen de las emisiones totales generadas en la Zona Metropolitana del Valle de México se muestran en las tablas 5.1 y 5.2; en la primera de ellas se presentan las estimaciones de las toneladas de partículas menores a 10µm (PM<sub>10</sub>), de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), de monóxido de carbono (CO), de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y de hidrocarburos (HC), y en la segunda la contribución porcentual por contaminante. En suma se liberaron a la atmósfera en la ZMVM por cada sector en el año 1998, en suma se liberaron a la atmósfera casi 2.5 millones de toneladas de contaminantes criterio, de los cuales el contaminante que más se emite es el monóxido de carbono, el cual representa el 71% de las emisiones totales, los HC el 19%, los NO<sub>x</sub> el 8% y las PM<sub>10</sub> el 1% al igual que el SO<sub>2</sub>.

**Tabla 5.1. Inventario de emisiones de la ZMVM, 1998**

Sector	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Fuentes puntuales	3,093	12,442	9,213	26,988	23,980
Fuentes de área	1,678	5,354	25,960	9,866	247,599
Vegetación y suelos	7,985	N/A	N/A	3,193	15,669
Fuentes móviles	7,133	4,670	1,733,663	165,838	187,773
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica

**Tabla 5.2. Inventario de emisiones porcentual de la ZMVM, 1998**

Sector	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Fuentes puntuales	16	55	0.5	13	5
Fuentes de área	8	24	1.5	5	52
Vegetación y suelos	40	N/A	N/A	2	3
Fuentes móviles	36	21	98	80	40
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

N/A. No Aplica

Las tablas 5.3 y 5.4 contienen el inventario en forma desagregada en peso y porcentaje, respectivamente. En ellas se observa que el sector transporte tiene importantes aportaciones de casi todos los contaminantes: genera el 98% del monóxido de carbono (CO), el 80% de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el 40% de los hidrocarburos (HC), el 36% de las partículas menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>) y el 21% del bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Los suelos contribuyen con el 40% de las emisiones de PM<sub>10</sub>. Las fuentes de área emiten más del 52% de los HC y el 24% de los SO<sub>2</sub>. El sector industrial contribuye con el 55% de las emisiones de bióxido de azufre, el 16 de las PM<sub>10</sub> y con el 13% de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

**Tabla 5.3. Inventario de emisiones desagregado de la ZMVM, 1998**

Sector	Emisiones [ton /año]
--------	----------------------

<sup>1</sup> Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, 1995-2000

## Inventario de Emisiones 1998

	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>3,093</b>	<b>12,442</b>	<b>9,213</b>	<b>26,988</b>	<b>23,980</b>
Generación de energía eléctrica	138	16	1,111	9,540	48
Industria de consumo alimenticio	515	1,103	400	924	416
Industria del vestido	379	2,262	463	1,316	386
Industria química	415	2,299	2,422	1,335	6,305
Madera y derivados	216	2,295	527	1,066	1,002
Mineral metálica	249	714	893	513	291
Mineral no metálica	504	1,698	653	4,570	765
Productos de consumo varios	73	261	78	129	873
Productos de impresión	46	173	67	145	3,723
Productos de vida larga	140	302	821	2,128	2,654
Productos de vida media	120	86	473	624	1,457
Productos metálicos	175	774	1,137	4,432	3,024
Productos vegetales y animales	61	287	36	109	12
Otros	62	172	132	157	3,024
<b>Fuentes de área</b>	<b>1,678</b>	<b>5,354</b>	<b>25,960</b>	<b>9,866</b>	<b>247,599</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	76,623
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	30,146
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,752
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,414
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	10,049
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,692
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,601
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,175
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	803
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,314
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	892
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	22,173
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	26,177
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	496
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	102
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,512	1,517	400
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	10	54	62	492	19
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	7,380
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	206
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	78
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	23
Combustión en hospitales	9	24	21	80	3
Combustión habitacional	126	0.25	653	4,417	166
Combustión comercial- institucional	820	5,276	526	2,720	149
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>7,985</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>7,133</b>	<b>4,670</b>	<b>1,733,663</b>	<b>165,838</b>	<b>187,773</b>
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	199	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículos a diesel < 3 ton.	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículos a diesel > 3 ton	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

Tabla 5.4. Inventario de emisiones porcentual desagregado de la ZMVM, 1998

Sector	Emisiones [%]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>15.55</b>	<b>55.38</b>	<b>0.52</b>	<b>13.11</b>	<b>5.05</b>
Generación de energía eléctrica	0.69	0.07	0.06	4.63	0.01
Industria de consumo alimenticio	2.59	4.91	0.02	0.45	0.09
Industria del vestido	1.91	10.07	0.03	0.64	0.08
Industria química	2.09	10.23	0.14	0.65	1.33
Madera y derivados	1.09	10.22	0.03	0.52	0.21
Mineral metálica	1.25	3.18	0.05	0.25	0.06
Mineral no metálica	2.53	7.56	0.04	2.22	0.16
Productos de consumo varios	0.37	1.16	N/S	0.06	0.18
Productos de impresión	0.23	0.77	N/S	0.07	0.78
Productos de vida larga	0.70	1.34	0.05	1.03	0.56
Productos de vida media	0.60	0.38	0.03	0.30	0.31
Productos metálicos	0.88	3.45	0.06	2.15	0.64
Productos vegetales y animales	0.31	1.28	N/S	0.05	N/S
Otros	0.31	0.77	0.01	0.08	0.64
<b>Fuentes de área</b>	<b>8.43</b>	<b>23.83</b>	<b>1.47</b>	<b>4.79</b>	<b>52.12</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	16.13
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	6.35
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	4.79
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	4.51
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	2.12
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	1.41
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	0.55
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	0.46
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	0.17
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	2.59
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	0.19
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	4.67
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	5.51
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.10
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.02
Operación de aeronaves	N/S	N/S	0.14	0.74	0.08
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.05	0.24	N/S	0.24	N/S
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	1.55
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	0.04
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	0.02
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S
Combustión en hospitales	0.04	0.11	N/S	0.04	N/S
Combustión habitacional	0.63	N/S	0.04	2.15	0.03
Combustión comercial- institucional	4.12	23.48	0.03	1.32	0.03
Incendios forestales	3.55	N/E	1.25	0.31	0.79
Incendio en estructuras	0.04	N/A	0.01	N/S	N/S
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>40.15</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>1.55</b>	<b>3.30</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	1.55	3.30
Suelo	40.15	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>35.86</b>	<b>20.79</b>	<b>98.01</b>	<b>80.55</b>	<b>39.53</b>
Autos particulares	3.52	8.90	46.50	23.01	17.20
Taxis	1.00	2.52	7.43	5.39	3.22
Combis	0.05	0.12	1.16	0.45	0.41
Microbuses	0.30	0.74	12.25	4.63	4.16
Pick up	0.92	2.32	14.44	9.21	5.18
Camiones de carga a gasolina	0.42	1.07	12.26	7.43	3.93
Vehículos a diesel < 3 ton.	0.67	0.11	0.01	0.07	0.04
Tractocamiones a diesel	10.01	1.62	0.94	11.01	1.60
Autobuses a diesel	5.90	0.95	0.52	5.65	0.81
Vehículos a diesel > 3 ton	12.88	2.08	1.18	13.44	1.94
Camiones de carga a gas LP	0.08	0.07	0.02	0.15	0.05
Motocicletas	0.11	0.28	1.28	0.10	1.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

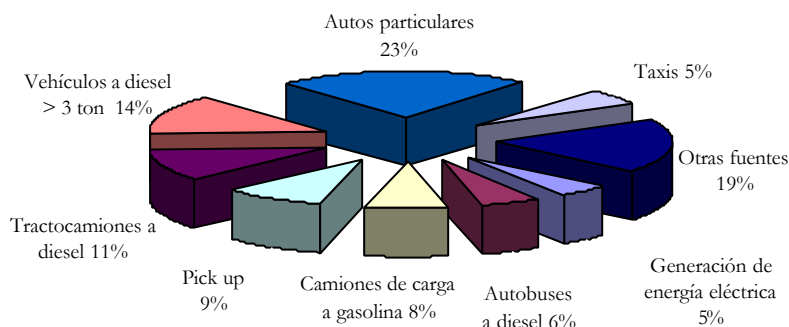
N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

## 5.1 EMISIONES POR CONTAMINANTE

A continuación se describe la participación de los diferentes sectores inventariados en la generación de emisiones totales en cada contaminante.

Si se hace un recuento de la participación de todas las fuentes que integran el inventario de emisiones, en cuanto a las contribuciones de óxidos de nitrógeno (gráfica 5.1.1), se tiene que el sector transporte es el que más contribuye (81%), dentro de este los autos particulares aportan el 23%, los vehículos a diesel con un peso bruto de más de 3 toneladas el 14%, los tractocamiones a diesel el 11%, las pick up el 9%, camiones de carga a gasolina el 8%, los autobuses a diesel el 6% y los taxis el 5%. De los otros sectores la generación de energía eléctrica es la que más contribuye, aportando sólo el 5%.

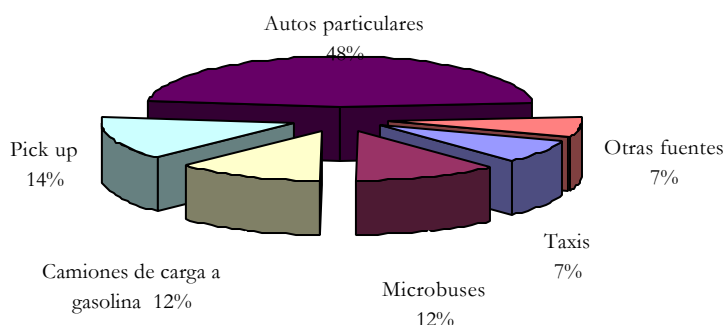
**Gráfica 5.1.1. Contribución porcentual de óxidos de nitrógeno por tipo de fuente**



Nota: En otros sectores se integran todas las fuentes que contribuyen con menos del 5% de las emisiones.

En la gráfica 5.1.2 se muestra que los autos particulares, las pick-up, los camiones de carga a gasolina, microbuses y taxis, contribuyen con el mayor porcentaje de emisiones de monóxido de carbono (48%, 14%, 12%, 12%, 7% respectivamente).

**Gráfica 5.1.2. Contribución porcentual de monóxido de carbono por tipo de fuente**

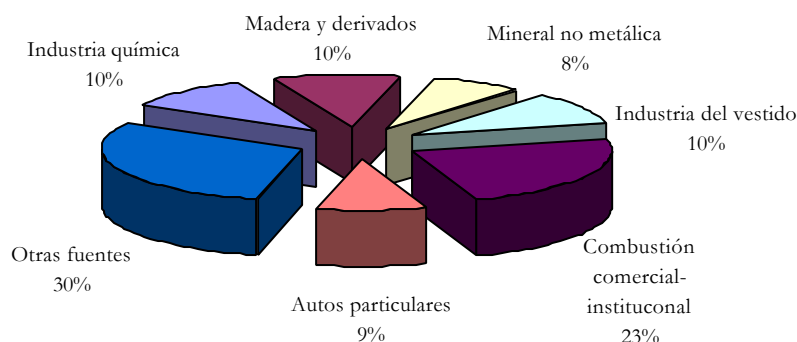


Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 7% de las emisiones.

Respecto a las emisiones de dióxido de azufre, la industria es la responsable de la generación del 55%, dentro de este porcentaje los giros que más emiten son la industria química, madera y

derivados, industria del vestido y mineral no metálica (10%, 10%, 10% y 8%, respectivamente), la combustión comercial-institucional contribuye con el 23%.

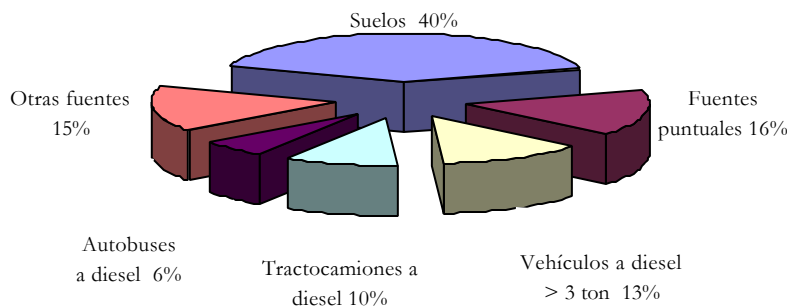
**Gráfica 5.1.3. Contribución porcentual de bióxido de azufre por tipo de fuente**



Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 8% de las emisiones.

De acuerdo con la gráfica 5.1.4, el 40% de las  $PM_{10}$  emitidas en la ZMVM son generadas por la erosión de los suelos y el 16% por las fuentes puntuales. Dentro del sector transporte los vehículos que consumen diesel (vehículos con un peso bruto de más de 3 toneladas, tractocamiones y autobuses) contribuyen con el 29%. De igual forma dentro de las fuentes de área los incendios forestales y la combustión residencial institucional son las categorías que más contribuyen. Estas actividades se consideran prioritarios en la definición de medidas para reducir las emisiones de  $PM_{10}$ , ya que este contaminante rebasa con frecuencia la norma de calidad del aire y por lo tanto será necesario reducir sus emisiones en la ZMVM e identificar el comportamiento regional para discernir los mecanismos de transporte o dispersión con las áreas circunvecinas.

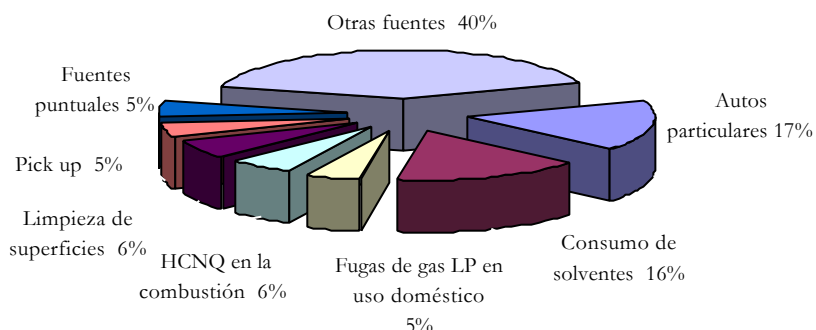
**Gráfica 5.1.4. Contribución porcentual de emisiones de  $PM_{10}$  por sector**



Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 6% de las emisiones.

Referente a las emisiones de hidrocarburos, estos son generados por actividades registradas en todos los sectores, en la gráfica 5.1.5, se muestra que la categoría denominada otras fuentes la cual contribuye con el 40% de ella, se suman las emisiones de los sectores que contribuyen con menos del 5%; referente a la contribución individual tenemos que los autos particulares son los que más contribuyen (17%), seguido por el consumo de solventes (16%), y posteriormente tenemos las fugas de hidrocarburos no quemados en la combustión (HCNQ) residencial de gas LP (6%), la limpieza de superficie (6%) y las fugas de gas licuado en usos domésticos (5%). Estas aportaciones son relevantes ya que en la ZMVM se rebasa con frecuencia la norma de calidad del aire de ozono y por ser los HC un precursor de este contaminante será necesario reducir sus emisiones.

**Gráfica 5.1.5. Contribución porcentual de hidrocarburos por sector**



Nota: En otras fuentes se integran todos los sectores que contribuyen con menos del 5% de las emisiones.

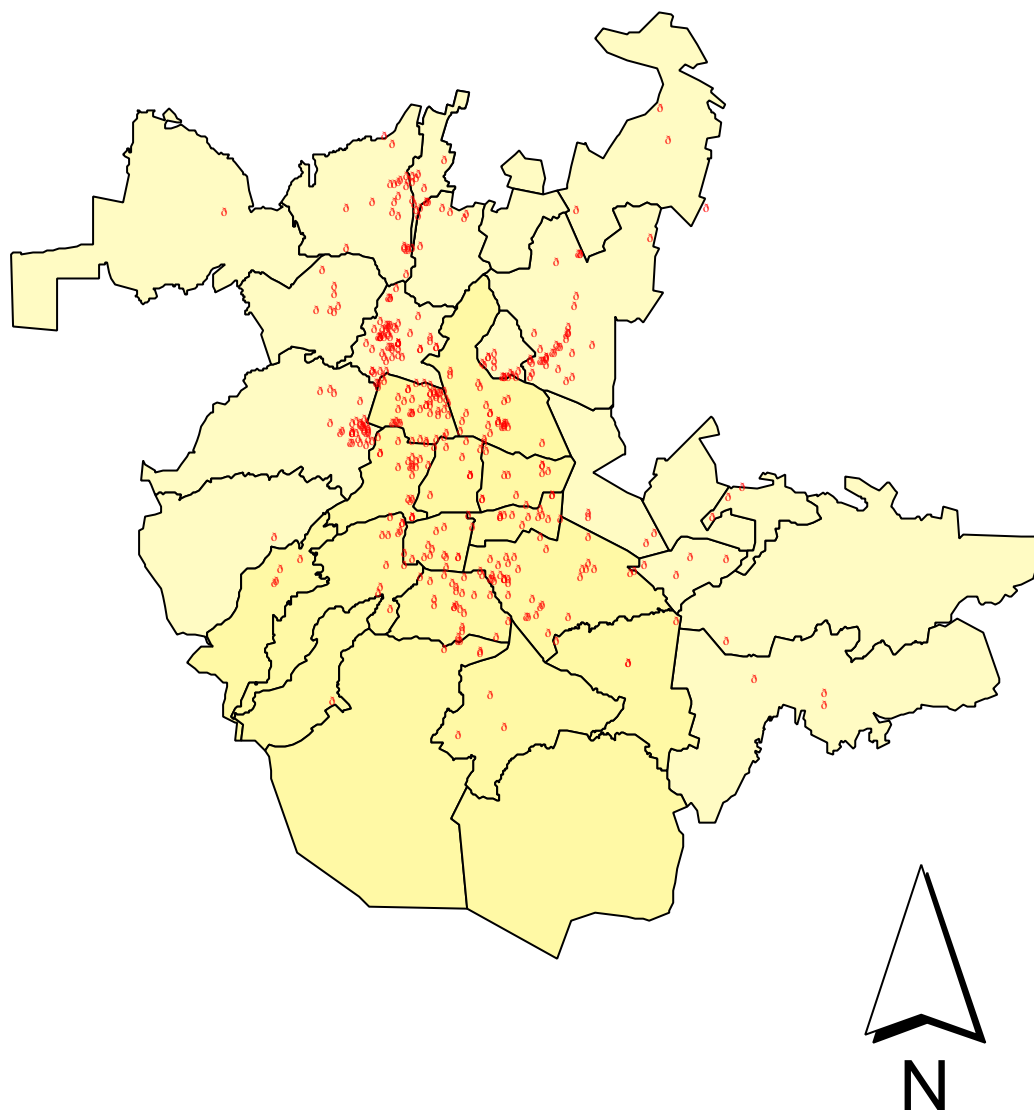
## 5.2 EMISIONES POR SECTOR

### 5.2.1 Fuentes puntuales

Para distribuir las emisiones generadas por las fuentes puntuales, las empresas se han dividido de acuerdo a su jurisdicción en federal o local, basado en la clasificación que se hace 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 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), considerándose industrias locales todas aquellas que no están mencionadas en el artículo citado. Para la integración del inventario de emisiones las industrias deben entregar sus cédulas de operación anual en el ámbito de su jurisdicción, ya sea en el Instituto Nacional de Ecología las de competencia federal, en la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y Secretaría de Ecología del Estado de México las de jurisdicción local, de acuerdo a su domicilio.

El número de industrias que se tienen registradas para 1998 son 6,233, de estas 3,678 se encuentran ubicadas en el Distrito Federal y 2,555 en los municipios conurbados del Estado de México, en la figura 5.2.1.1, se muestra la distribución de las industrias de mayor generación de emisión.

Figura 5.2.1.1. Ubicación industrial



Fuente: Los datos de ubicación industrial se tomaron de las cédulas de operación anual 1998.

Para la integración del inventario de emisiones, los datos fueron obtenidos de la siguiente forma: como datos históricos y actualizados. Las empresas con datos históricos, son aquellas que han reportado la COA en el periodo de 1994-1997, y las actualizadas son las industrias que reportaron su COA para 1998, tanto en el ámbito federal como en el ámbito local.

Con la información registrada en las bases de datos del Instituto Nacional de Ecología, de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y de la Secretaría de Ecología del Estado de México, las fuentes puntuales por ubicación y por jurisdicción, se distribuyen de la siguiente forma: 56% en total de jurisdicción local, de estas el 27% se ubican en el Estado de México y el 29% en el DF y 44% restantes son de jurisdicción federal de estas el 30% están ubicadas en el Distrito Federal y el 14% del Estado de México.



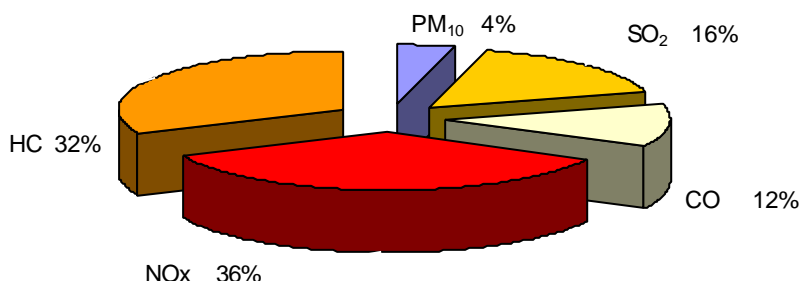
En este inventario se consideraron 2 plantas generadoras de energía eléctrica que se ubican en el municipio de Acolman, el cual no se considera un municipio conurbado, pero debido al tamaño de las plantas y cercanía a la ZMVM, sus emisiones impactan en forma considerable en la calidad del aire de la zona, motivo por el cual han sido incluidas en el presente inventario. Para realizar la clasificación de la industria por giro, se tomó como base el Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas (SNIFF), dando como resultado el agrupamiento de la industria en 14 giros, los cuales se presentan en la tabla 5.2.1.1, así como las emisiones de los 5 contaminantes criterio que fueron evaluados.

**Tabla 5.2.1.1. Emisiones totales por giro industrial en la ZMVM**

Giros	Emisiones [ton/año]				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Generación de energía eléctrica	138	16	1,111	9,540	48
Industria de consumo alimenticio	515	1,103	400	924	416
Industria del vestido	379	2,262	463	1,316	386
Industria química	415	2,299	2,422	1,335	6,305
Madera y derivados	216	2,295	527	1,066	1,002
Mineral metálica	249	714	893	513	291
Mineral no metálica	504	1,698	653	4,570	765
Productos de consumo varios	73	261	78	129	873
Productos de impresión	46	173	67	145	3,723
Productos de vida larga	140	302	821	2,128	2,654
Productos de vida media	120	86	473	624	1,457
Productos metálicos	175	774	1,137	4,432	3,024
Productos vegetales y animales	61	287	36	109	12
Otros	62	172	132	157	3,024
<b>Total</b>	<b>3,093</b>	<b>12,442</b>	<b>9,213</b>	<b>26,988</b>	<b>23,980</b>

En conjunto, la industria de la ZMVM emite alrededor de 76,000 toneladas de contaminantes al año, de las cuales el 36% son emisiones de NO<sub>x</sub>, el 32% de HC, 16% de SO<sub>2</sub>, 12% de CO y el restante 4% de PM<sub>10</sub>, como se muestra en la gráfica 5.2.1.1.

**Gráfica 5.2.1.1. Contribución porcentual por contaminante**

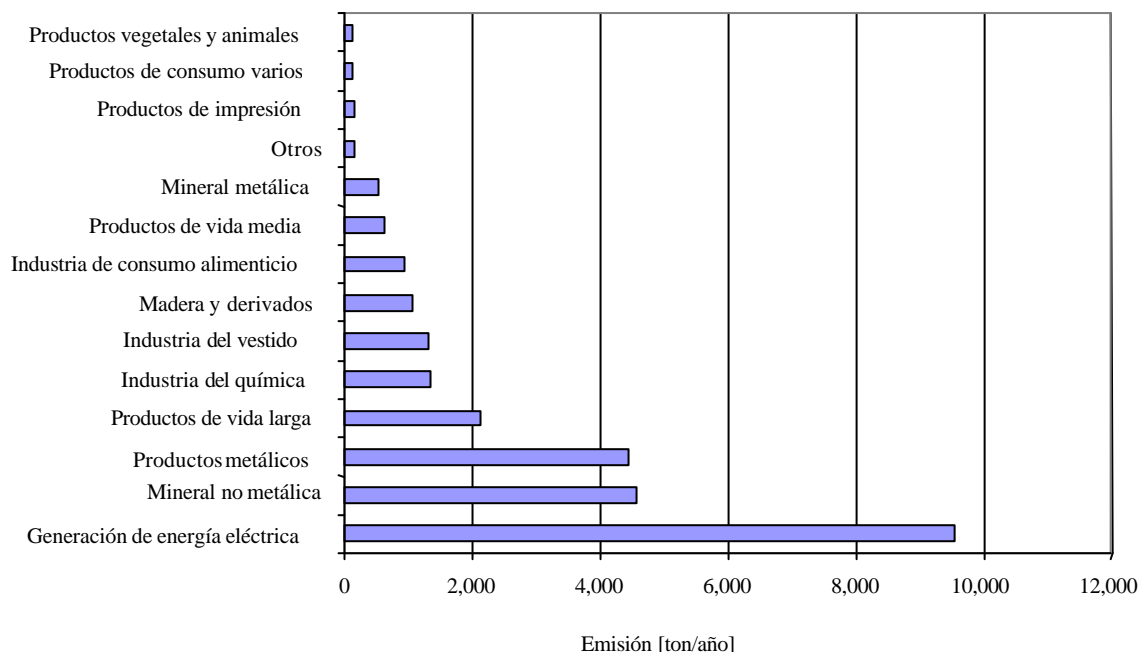


Para conocer con mayor detalle los giros más importantes de acuerdo a su emisión, a continuación se hace un análisis de las emisiones estimadas para las fuentes puntuales por contaminante y por giro industrial.

En la emisión de óxidos de nitrógeno (gráfica 5.2.1.2) los giros que más emiten, son el de generación de energía eléctrica con 9,540 ton/año, que representa más de un tercio del total de

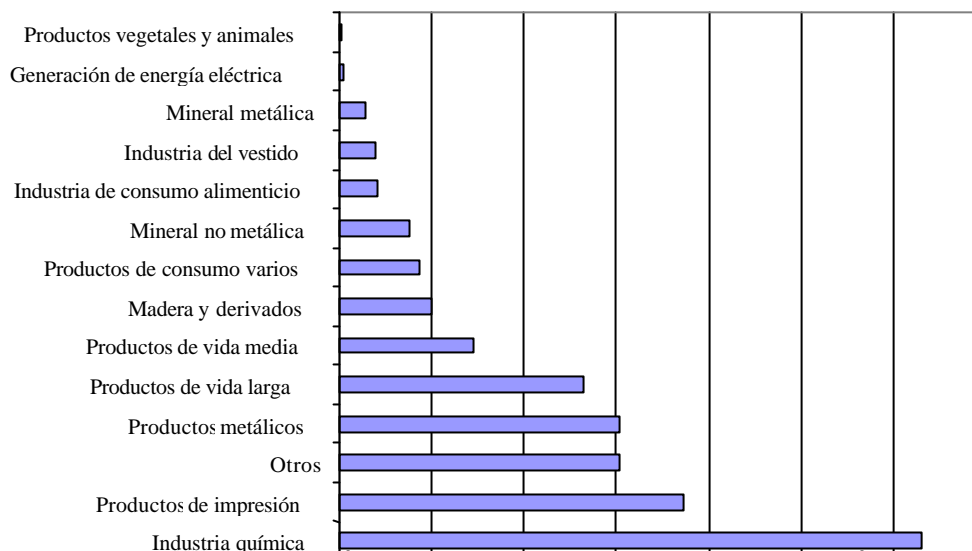
este contaminante, seguido de la industria mineral no metálica y los productos metálicos, los 3 giros anteriores aportan 18,541 ton/año que representan más de dos terceras partes de las emisiones totales generadas por la industria, mientras que los 11 giros restantes generan 8,446 ton/año.

**Gráfica 5.2.1.2. Emisiones de NO<sub>x</sub> de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM**



Los principales giros industriales que contribuyen con HC son la industria química, seguida de los productos de impresión, otros y productos metálicos, estos giros contribuyen con 16,075 ton/año, que representan alrededor del 70%, destacando la industria química con más de 6,000 ton/año y los restantes 10 giros contribuyen con 7,905 ton/año (gráfica 5.2.1.3).

**Gráfica 5.2.1.3. Emisiones de HC de fuentes puntuales por giro industrial en la ZMVM**



Los principales emisores de dióxido de azufre son: la industria química, madera y derivados, industria del vestido, mineral no metálica y consumo alimenticio, los cuales aportan 9,657 ton/año, los restantes 10 giros contribuyen con 7,905 ton/año (gráfica 5.2.1.4).