

## **Capítulo. II - La contaminación atmosférica en la ZMVM**

### **1. Aspectos geográficos y climáticos de la ZMVM**

Las características geográficas y climáticas de la ZMVM, son consideradas como los principales factores que favorecen la acumulación o dispersión de los contaminantes generados por procesos antropogénicos. La ZMVM, se localiza en la región central de la República Mexicana, a una altura de 2,240 msnm<sup>1</sup>; forma parte de una cuenca cerrada de 9,560 km<sup>2</sup> de superficie y abarca casi en su totalidad al Distrito Federal (DF) y 18 municipios del Estado de México. Se encuentra rodeada por una cadena montañosa formada por las sierras del Ajusco, Chichinautzin, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina (Inventario, 2000).

Esta cadena montañosa alcanza su nivel más alto hacia el sur, con 3,952 msnm, mientras que en el norte la altura máxima es de 3,000 msnm. Debido a esta altura, el contenido de oxígeno del aire de la ZMVM es aproximadamente 23% menor que al nivel del mar, lo que contribuye a que los sistemas de combustión interna sean menos eficientes y emitan una mayor cantidad de contaminantes. Por otro lado, la cadena montañosa que la rodea impide una adecuada dispersión de contaminantes, propiciando su estancamiento (Ídem).

Aunado a esto, su latitud a 19° N ocasiona que reciba una radiación solar intensa que acelera la formación fotoquímica de contaminantes atmosféricos. Así mismo, su ubicación en el centro del país permite que a lo largo del año resulte afectada por sistemas anticiclónicos, lo que provoca viento débil en superficie y cielo despejado a causa de la estabilidad atmosférica, con la consecuente dificultad para la dispersión de contaminantes.

---

<sup>1</sup> metros sobre el nivel del mar

La presencia de cuatro subtipos de clima, como resultado de las diferencias de relieve y elevación (altitud), influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. Su temperatura media anual varía entre 12 y 18 °C, con valores máximos en abril y mayo (hasta 33.5 °C) y mínimos durante diciembre y enero (hasta -1 °C). Este parámetro suele tener niveles más elevados en el oriente de la ZMVM y gradualmente decrece hacia el poniente (INEGI - ZMCM, 2003).

Estas condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México permiten reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación de secas. Esta última se caracteriza por tener una humedad relativa baja. Sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15 °C permiten dividirla en las estaciones Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero (INEGI, 1999).

La estación de lluvias y humedad relativa alta se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, sobre todo en la primera quincena de este último mes, descendiendo los niveles de algunos contaminantes, principalmente por la inestabilidad atmosférica que provocan los sistemas meteorológicos propios de la época. Espacialmente, los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (noreste) (Inventario, 2000).

En el Valle de México, se tiene una entrada principal del viento la cual se ubica en la zona noreste del mismo, región donde el terreno es plano. Dependiendo de la época del año, la influencia de los sistemas meteorológicos cambia en mayor o menor grado, haciendo que exista una segunda entrada del viento, siendo ésta por la región oriental del Valle. Pero puede ser incluso, que el flujo del viento sea de sur a norte, cuando el viento en

capas medias de la tropósfera es suficientemente intenso como para que, a pesar de la barrera montañosa, se imponga dicha dirección.

El viento se ubica, desde el punto de vista de la contaminación, entre los factores meteorológicos más importantes, ya que a partir de su dirección se identifican los sistemas meteorológicos que afectan en cierto momento a determinado lugar. Su intensidad es el factor principal para que los contaminantes emitidos a la troposfera; ubicados en capas cercanas a la superficie, se acumulen o se dispersen.

Debido a las características propias de los sistemas meteorológicos en conjunto con los rasgos orográficos del Valle, suelen formarse remolinos, líneas de confluencia y zonas de convergencia del viento, lo cual tiende a incrementar la acumulación de los contaminantes.

La contaminación atmosférica es un problema que crece al ritmo acelerado de la población, volviéndose crítico en zonas urbanas aglomeradas; ejemplo de ello es la ZMVM. Es allí donde los elevados niveles de emisiones, se suman a los factores meteorológicos adversos que resultan de la ubicación de la capital en el fondo de la cuenca (Jáuregui, 1993).

## **2. Aspecto socio – demográfico**

La ZMVM para 1995 contaba con 17.08 millones de habitantes, de los cuales 49.68% correspondían al Distrito Federal y 50.32% al Estado de México. En el 2000, contó con 18.24 millones de habitantes, de los cuales 48.22% correspondían al DF y 51.78% al Estado de México. Dentro de la ZMVM, los municipios conurbados mantuvieron en el periodo 1990-2000 un ritmo de crecimiento superior al del DF e inclusive al del promedio nacional, su tasa de crecimiento promedio anual fue de 2.9 %, mientras que el de las

delegaciones del DF fue de 0.4%. Entre 1990 y 1995, Chimalhuacán tuvo una tasa de crecimiento de 9.4%, una de las más altas del mundo (INEGI, 2000).

La ZMVM, genera una tercera parte del producto interno bruto (PIB) nacional. En el Distrito Federal, de las nueve grandes divisiones económicas, las que más aportaron al PIB entre 1993 y 1998, fueron en orden decreciente: Servicios comunales, sociales y personales (32% del total); Comercio, restaurantes y hoteles (22%); Servicios, financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler (19%); y hasta el cuarto lugar aparece la Industria manufacturera (17%). Estas cuatro grandes divisiones suman el 90% del total del producto.

En el Estado de México en cambio, la industria manufacturera se encuentra en primer lugar con 32% del total del PIB estatal, destacando dos divisiones: Productos metálicos, maquinaria y equipo (9%) y Alimentos, bebidas y tabaco (7%); le siguen Comercio, restaurantes y hoteles (20%); Servicios comunales, sociales y personales (17%); y Servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler (14%) (INEGI).

La ZMVM cuenta con un nivel tecnológico competitivo en sectores como las telecomunicaciones e informática. Es el centro financiero más importante del país, sede de un elevado número de empresas con participación extranjera directa, con potencial de desarrollo en sectores dinámicos como en la industria manufacturera, construcción, comercio y servicios.

De los cuatro modos o categorías de transporte como el aéreo, ferroviario, terrestre y eléctrico, los cuales intervienen en el traslado de personas y productos dentro de la ZMVM, destaca el terrestre. Este último incluye autos privados, de carga, taxis, colectivos y autobuses, constituyendo el principal causante del fenómeno de la contaminación

atmosférica en la ZMVM. Los más de tres millones de vehículos automotores que transitan en la metrópoli contribuyen con 75% del total de las emisiones contaminantes del aire.

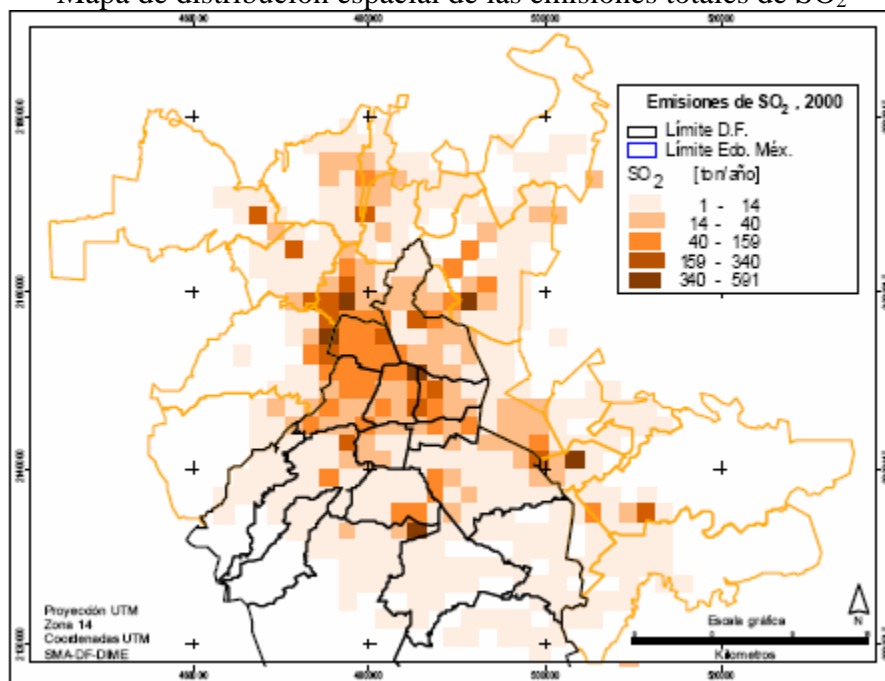
### **3. Contaminantes y sus niveles de concentraciones.**

El análisis de tendencias de los contaminantes atmosféricos a lo largo del tiempo permite conocer la existencia de un problema de degradación o mejora de la calidad del aire, a fin de poder evaluar si una ciudad se acerca o no a lo que se conoce como buena calidad del aire (ver tabla A.1). Actualmente se cuenta con un inventario de emisiones de contaminantes de la ZMVM, lo cual nos ayuda a dimensionar el efecto de dichos contaminantes. A continuación se menciona la situación registrada al 2000 de los principales contaminantes de la ZMVM:

## Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El SO<sub>2</sub> es emitido principalmente por el sector industrial, dicho sector genera cerca del 70% de las concentraciones, los niveles máximos alcanzados son alrededor de las 9:00hrs y disminuye al romperse la inversión térmica (ver figura A.1). La figura II.1 nos indica la distribución espacial de las emisiones totales de SO<sub>2</sub> en la ZMVM, destacando la mayor concentración industrial en las delegaciones de Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y en las zonas colindantes al DF de los municipios de Tlalnepantla y Naucalpan (Inventario, 2000).

Figura II.1  
Mapa de distribución espacial de las emisiones totales de SO<sub>2</sub>



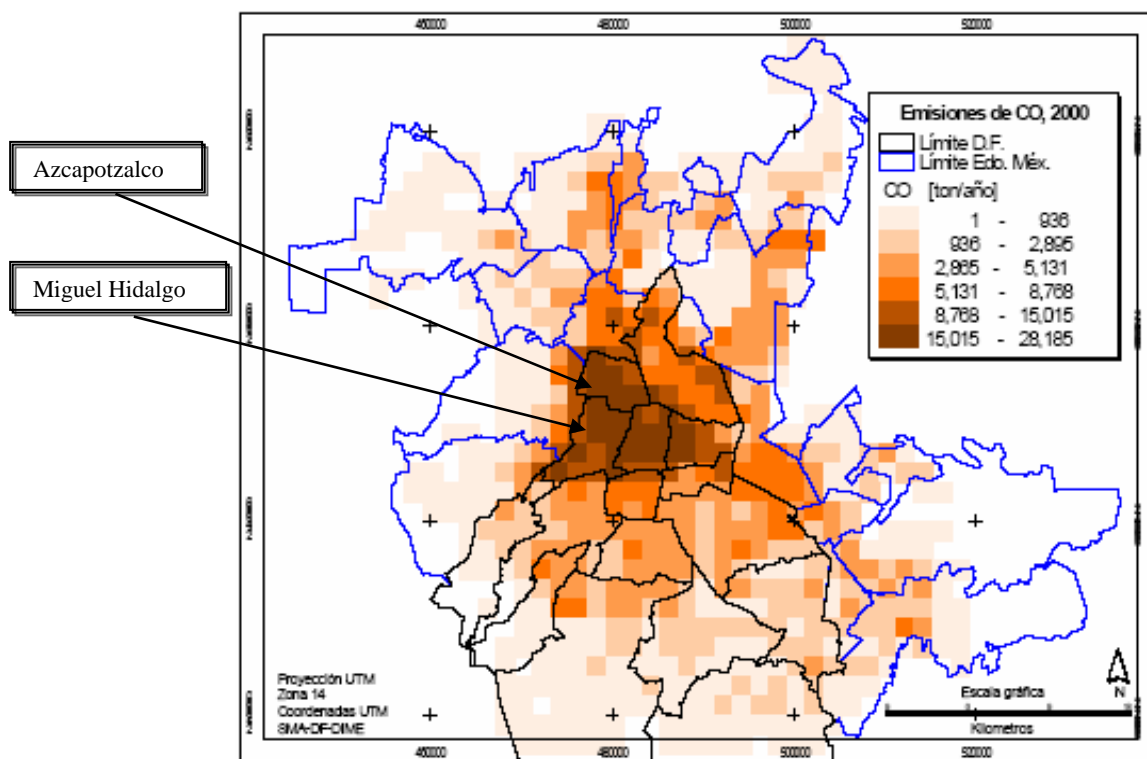
Fuente: Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000

## Monóxido de carbono(CO)

El comportamiento del CO en la Ciudad de México, refleja uno de sus principales orígenes en la emisión vehicular, la cual representa un 99% de las concentraciones de dicho contaminante (Inventario, 2000). El nivel máximo de CO se presenta en la mañana, alrededor de las 9:00 horas y coincide con el periodo de mayor tránsito urbano.

El segundo valor más elevado está directamente relacionado con el incremento del tránsito, que ocurre al final de la jornada diurna, y se extiende desde las 18:00 hasta las 21:00 horas aproximadamente. La figura II.2 presenta la distribución espacial de las emisiones totales de CO en la ZMVM, en donde se puede apreciar que las delegaciones de Azcapotzalco y Miguel Hidalgo presentan la mayor concentración de emisiones de dicho contaminante, superando las 15 000 toneladas al año (Ídem).

Figura II.2  
Mapa de distribución espacial de las emisiones totales de CO

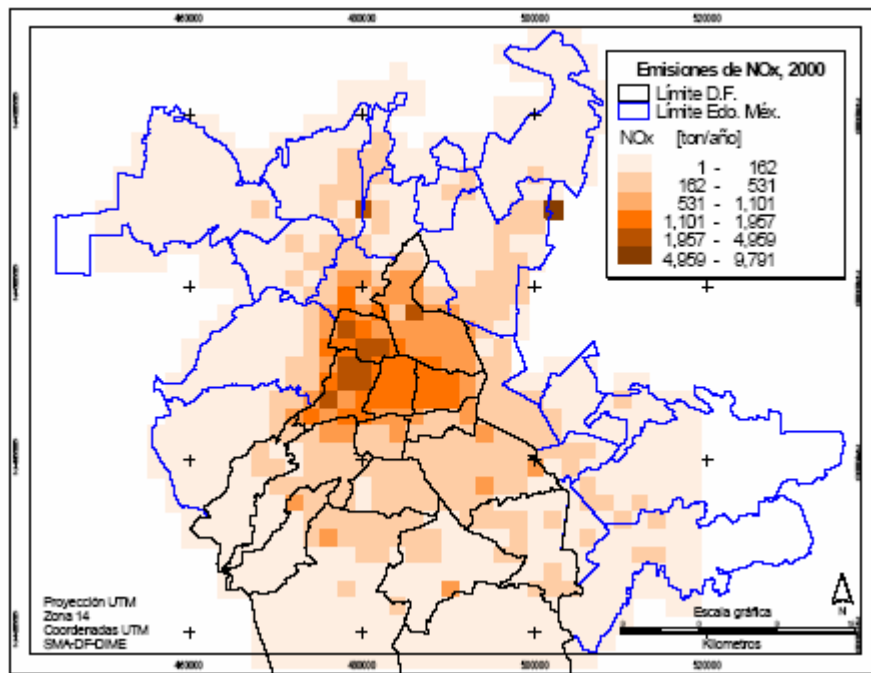


Fuente: Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000

## Óxidos de nitrógeno (NOx)

La distribución espacial de los óxidos de nitrógeno, sigue un patrón similar a la del CO, éste se concentra en el área urbana y es generado, en primer término por la flota de vehículos particulares y menores tres toneladas. Estos vehículos en conjunto representan el 83% del parque vehicular de la ZMVM y generan el 42% de las emisiones de NOx. Otra fuente importante de mencionar son las industrias generadoras de energía eléctrica ubicadas en los municipios de Tultitlán y Acolman (ver figura II.3) en el Estado de México (Inventario, 2000).

Figura II.3  
Distribución espacial de las emisiones totales de NOx



Fuente: Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000

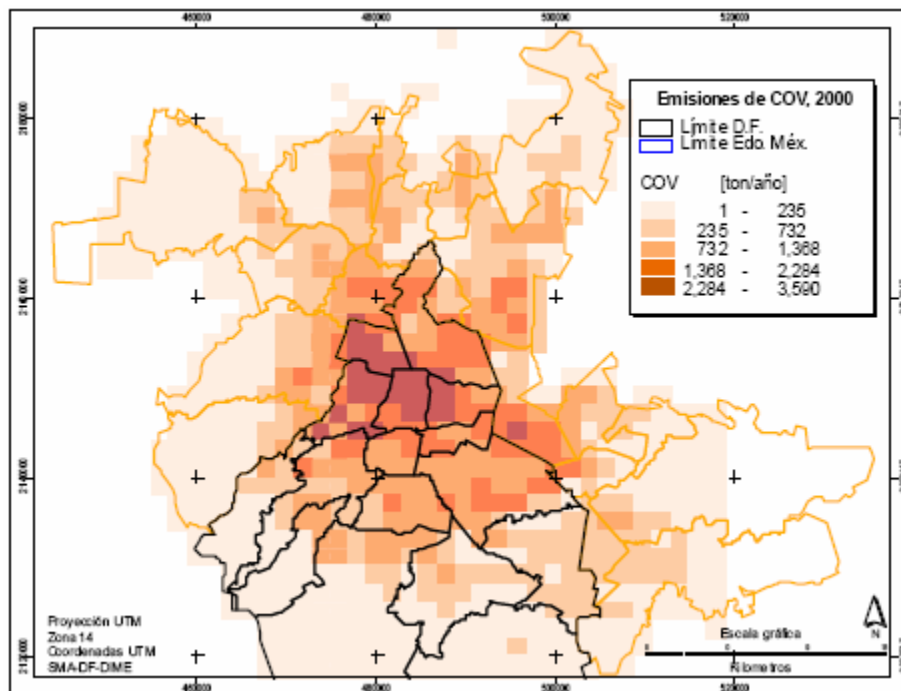


## Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles son generados en proporciones similares por las fuentes móviles y las fuentes de área (45% respectivamente), su distribución está ligada a las fuentes móviles (ver figura II.4), esto hace que se distribuyan en forma similar a los NOx y al CO. El área urbana es la que presenta las mayores concentraciones debido al gran flujo vehicular de ésta zona; por lo tanto, se puede decir que los mayores valores de emisiones siguen el patrón de distribución de las principales avenidas o de las más transitadas (Ídem).

Figura II.4

Distribución espacial de las emisiones totales de COV



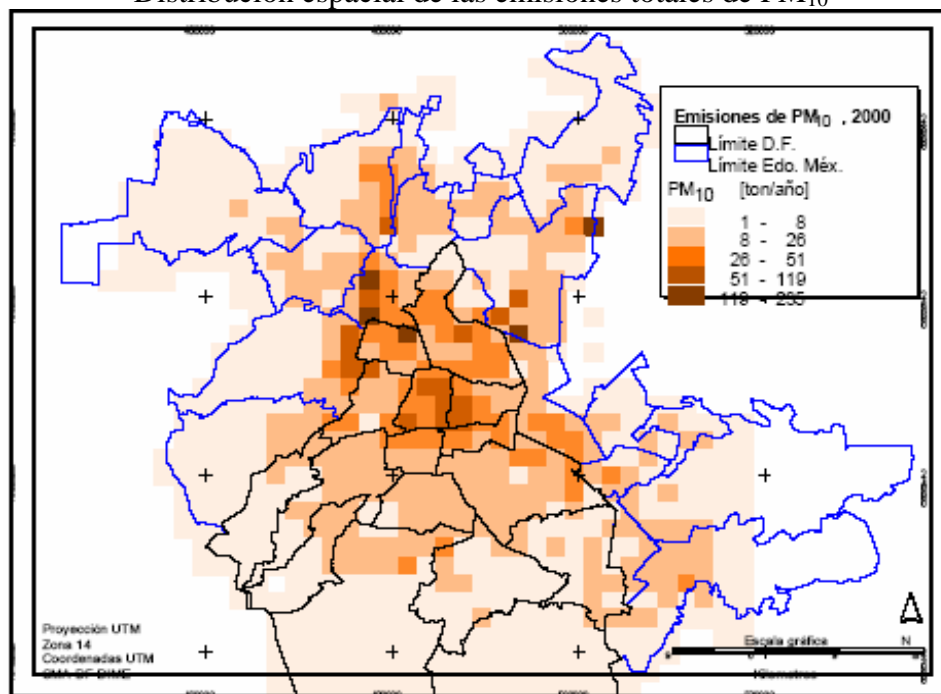
Fuente: Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000

## Partículas en suspensión (PM<sub>10</sub>)

En cuanto a las partículas en suspensión PM<sub>10</sub> estas alcanzan las 10.3 mil toneladas/año de las cuales cerca del 58% corresponde a PM<sub>2.5</sub>. La figura II.5 presenta el mapa de la distribución espacial de las emisiones de PM<sub>10</sub> para la ZMVM, donde podemos apreciar que aún cuando las fuentes móviles generan más del 50% de las emisiones de PM<sub>10</sub>, existen zonas donde las concentraciones alcanzan niveles superiores a las 119 toneladas al año (Inventario, 2000).

El municipio de Tlalnepantla, al sur de Ecatepec y en la colindancia junto al Estado de México, de las delegaciones de Azcapotzalco y Gustavo A. Madero, así como en Acolman, destaca importantes concentraciones de PM<sub>10</sub>, debido tal vez a la generación de energía eléctrica.

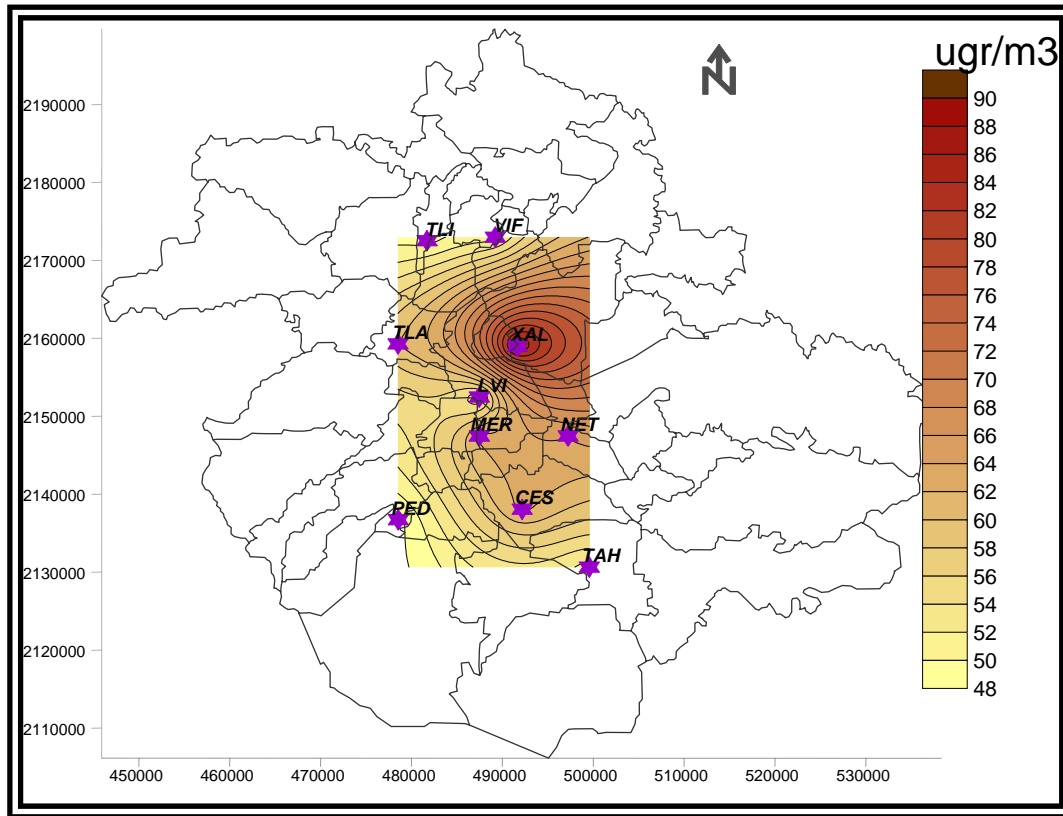
Figura II.5  
Distribución espacial de las emisiones totales de PM<sub>10</sub>



Fuente: Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000

Figura II.6

Tendencia de las concentraciones promedio de las  $PM_{10}$ , 1995-2001, ZMCM.

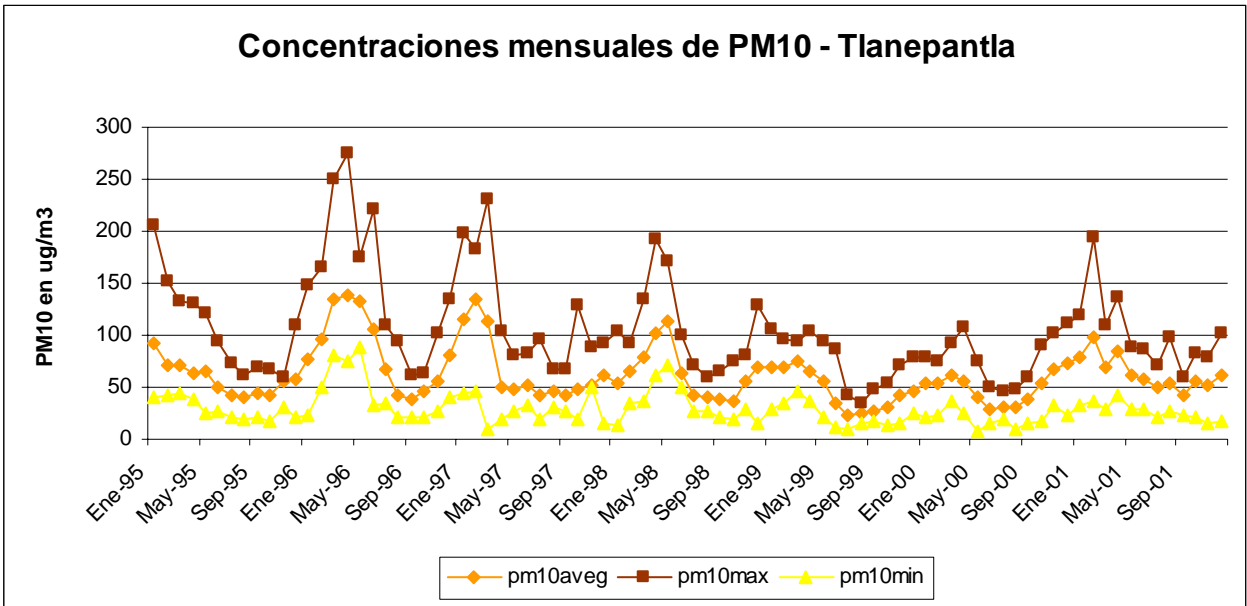


fuelle: M. en C. Virginia Mora, PIMAS-IMP

En general, en las figuras anteriores se pueden apreciar como las mayores emisiones se generan en la zona centro y norte de la ZMVM, esto debido a que es en esas zonas, donde se concentra el área urbana y la mayor actividad vehicular e industrial.

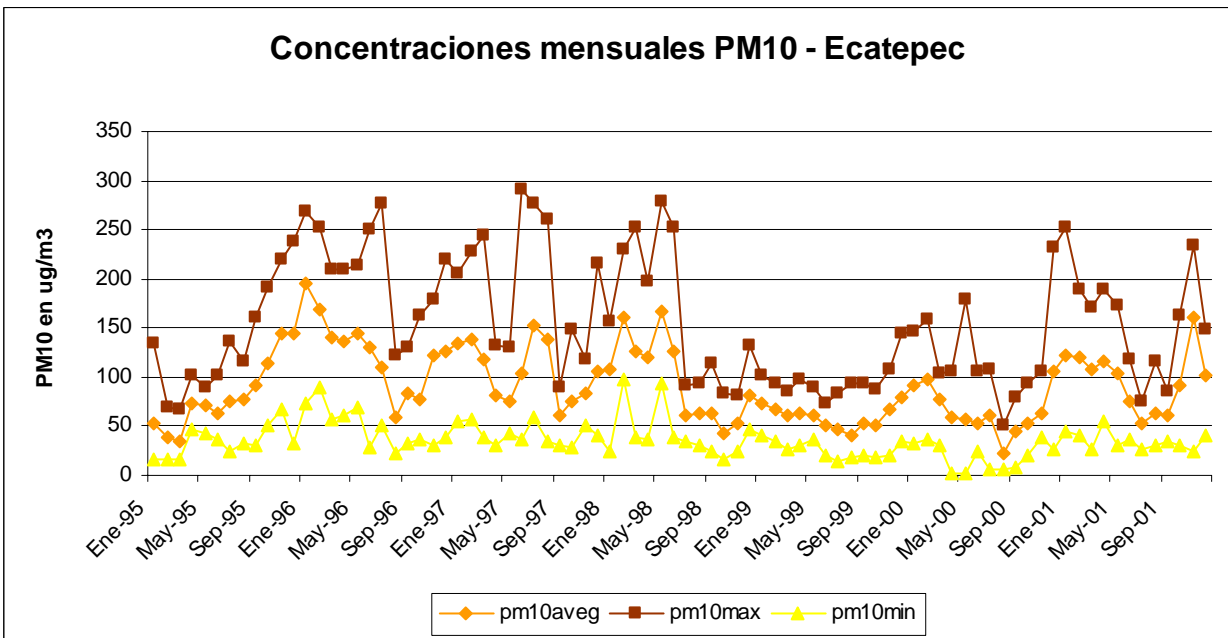
En las graficas que se presentan a continuación se puede apreciar concentraciones de  $PM_{10}$  que rebasan la norma (ver tabla A.5) en repetidas ocasiones en localidades de la ZMVM que se destacan por sus actividades industriales, a través de periodo de interés de este estudio (1995-2001).

Figura II.7



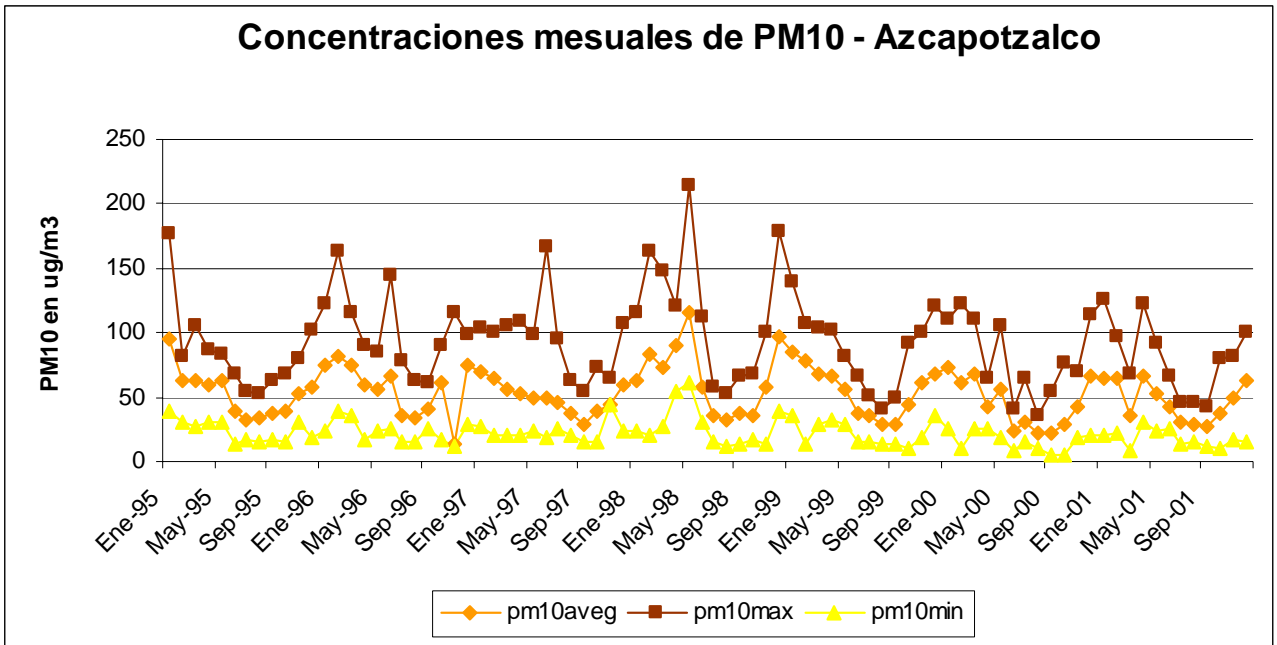
fuelle: creaci3n propia con datos de RAMA

Figura II.8



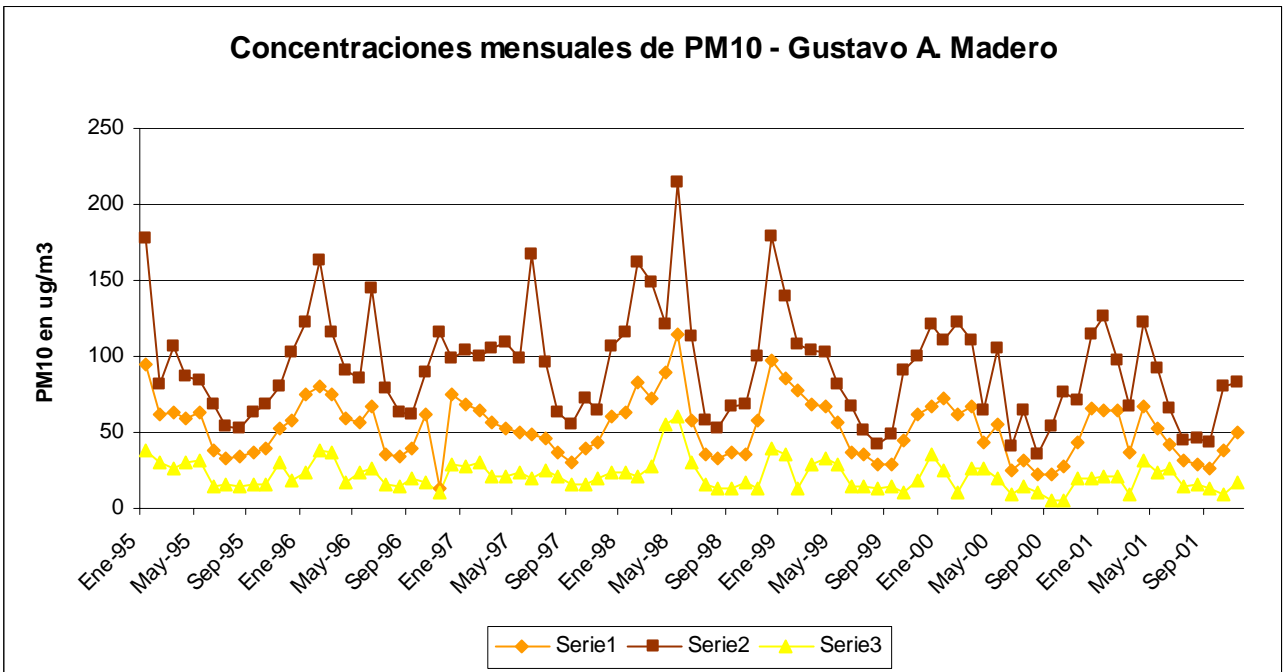
fuelle: creaci3n propia con datos de RAMA

Figura II.9



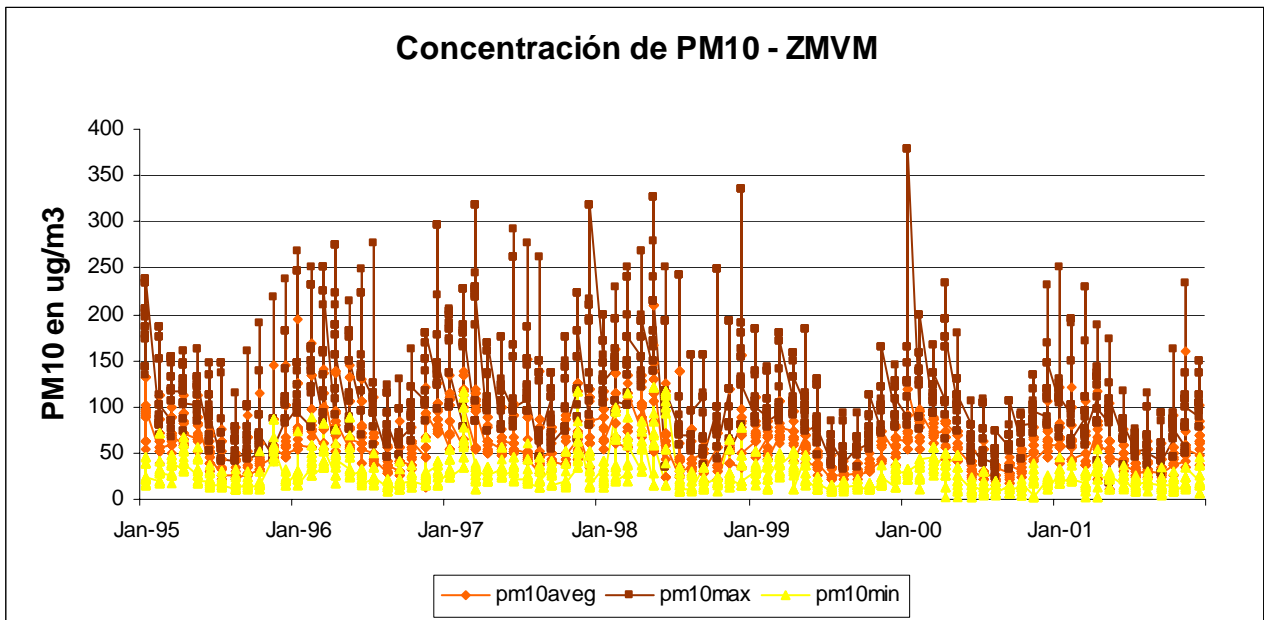
fuelle: creaci3n propia con datos de RAMA

Figura II.10



fuelle: creaci3n propia con datos de RAMA

Figura II.11



fuelle: creación propia con datos de RAMA

Es importante hacer mención de las normas oficiales mexicanas, sobre la calidad del aire<sup>2</sup>, contemplan los límites de concentraciones de contaminantes atmosféricos. Dicha norma establece que para considerar que no se produce daño a la salud, no deberá de exceder el límite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (media aritmética anual) de lo contrario la población susceptible (niños y ancianos) tendrá un efecto crónico en su salud por las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  y en cuanto al efecto agudo si se excede la norma de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio en un día habrá efecto inmediato en la salud de la población.

En conclusión, en este capítulo se presentaron las principales razones por las que la ZMVM se considera como una de las zonas más contaminadas del país. Es por ello que es de llamar la atención las condiciones de salud que poseen los habitantes de la misma. En el siguiente capítulo, se presentarán una serie de estudios que analizan la asociación entre los

<sup>2</sup> Publicadas por la secretaría de salud en el diario oficial de la federación el día 23 de diciembre de 1994.

cambios en la salud de los individuos y la contaminación atmosférica de  $PM_{10}$ , así como los métodos que se utilizan para la valoración económica de dichos cambios en la salud.