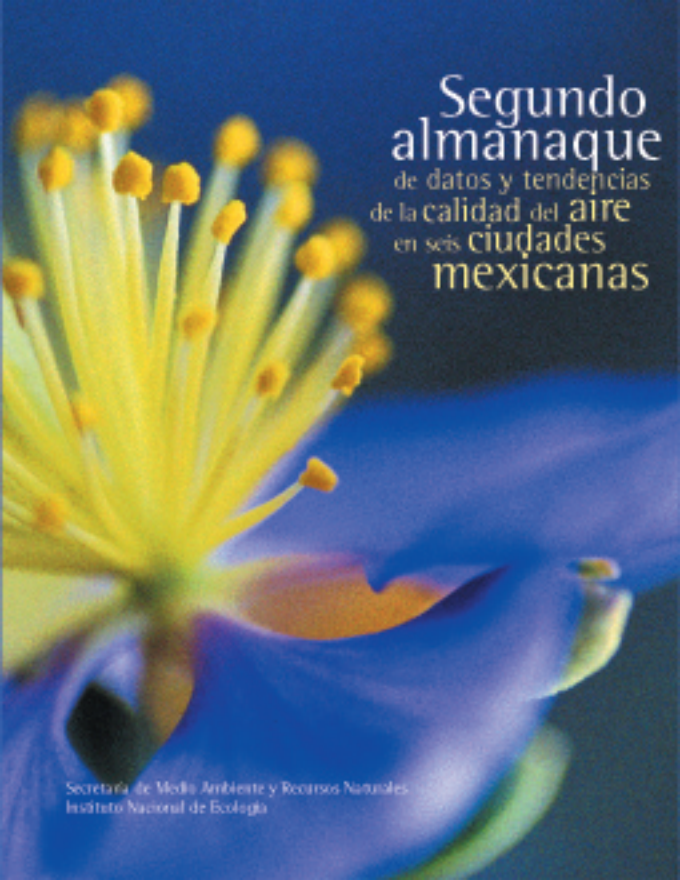




Segundo almanaque

de datos y tendencias
de la calidad del aire
en seis ciudades
mexicanas

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Instituto Nacional de Ecología

ÍNDICE

Prefacio	i
1. Metodología	1
2. Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)	
Red de Monitoreo	7
Monóxido de carbono	9
Dióxido de azufre.....	17
Dióxido de nitrógeno.....	25
Ozono	33
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	43
3. Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG)	
Red de Monitoreo	53
Monóxido de carbono	54
Dióxido de azufre.....	62
Dióxido de nitrógeno.....	69
Ozono	77
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	86
4. Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM)	
Red de Monitoreo	93
Monóxido de carbono	94
Dióxido de azufre.....	100
Dióxido de nitrógeno.....	105
Ozono	110
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	119

5. Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT)

Red de Monitoreo	125
Monóxido de carbono	126
Dióxido de azufre	132
Dióxido de nitrógeno	138
Ozono.....	146
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	155

6. Ciudad Juárez

Red de Monitoreo	161
Monóxido de carbono	162
Ozono.....	168
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	175

7. Ciudad de Puebla

Red de Monitoreo	181
Monóxido de carbono	182
Dióxido de azufre	187
Dióxido de nitrógeno	192
Ozono.....	197
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	204

Anexo

Mapas de distribución espacial de O ₃	211
Mapas de distribución espacial de PM ₁₀	212

PREFACIO

El **Segundo almanaque de datos y tendencias de calidad del aire en seis ciudades mexicanas** presenta información sistematizada sobre los contaminantes criterio, es decir, monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀), en las zonas metropolitanas del Valle de México (ZMVM), Monterrey (ZMM), Guadalajara (ZMG), Valle de Toluca (ZMVT), así como de Ciudad Juárez y Puebla. Las seis ciudades son algunas de las que cuentan con una red de monitoreo de calidad del aire y que por su tamaño, número de habitantes, actividades industriales, parque vehicular, entre otros elementos, presentan problemas de contaminación atmosférica.

En cumplimiento con La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1996), en su Capítulo II, Artículo 159 bis, que describe la competencia de la Secretaría, a través del Instituto Nacional de Ecología (INE), para organizar, actualizar y difundir la información resultante de los monitoreos de la calidad del aire en territorio nacional, el INE publicó en el 2000 el primer **Almanaque de datos y tendencias de calidad del aire en ciudades mexicanas** y, ahora, publica el segundo almanaque, con información de seis ciudades mexicanas y datos hasta el año 2002.

Este Almanaque proporciona estadísticas descriptivas, tendencias históricas de las concentraciones de contaminantes criterio, así como las horas, días, promedios de ocho horas y concentraciones anuales que excedieron las respectivas normas de calidad del aire. También, con el objeto de conocer el comportamiento de las concentraciones diarias máximas registradas, se incluyeron sus distribuciones y tendencias. Además, para los usuarios y lectores interesados en consultar información más detallada se incluye un disco compacto con este documento.

Los siete capítulos que conforman este segundo almanaque incluyen, en primer lugar, la descripción de la metodología e indicadores estadísticos que se utilizaron para la presentación de contaminantes criterio. Los seis capítulos restantes presentan con detalle el comportamiento histórico de contaminantes criterio en cada una de las zonas metropolitanas y ciudades antes mencionadas.

La información que aquí se presenta muestra las tendencias de las concentraciones de contaminantes criterio, en ciertos casos se observa una disminución de algunos contaminantes en ciertas zonas metropolitanas y ciudades, como por ejemplo, CO, SO₂ y O₃ en la ZMVM. Estos cambios son sin duda, al menos parcialmente, resultado de acciones, medidas y programas que se han instrumentado para la gestión de la calidad del aire. Entre ellos, los programas de mejoramiento ambiental de combustibles con los que se ha eliminado el contenido de plomo y reducido el de azufre e hidrocarburos reactivos en las gasolinas, e impulsado la distribución de gasolina oxigenada con éter metil ter-butílico (MTBE); los programas para la instalación de sistemas de recuperación de vapores en terminales de almacenamiento, transporte y distribución de combustibles; asimismo, los programas de verificación vehicular para la inspección y vigilancia de los vehículos automotores; también, se pueden mencionar aquellos programas para el mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías de control de emisiones industriales, y, finalmente, los relativos a la sustitución de combustóleo por gasóleo industrial y gas natural. Asimismo, cabe resaltar la importancia del avance en las tecnologías vehiculares para el control de emisiones, con el conjunto de normas que las regulan, en la reducción de emisiones a la atmósfera. Así, los vehículos año modelo 2000-2001 con convertidor catalítico de tres vías y sistemas electrónicos de inyección de combustible, emiten hasta 10 veces menos CO y cerca de 50% menos óxidos de nitrógeno que aquellos anteriores a 1989.

A través del análisis de la información presentada en este Almanaque se hicieron hallazgos significativos sobre la calidad del aire en las ciudades mencionadas, que se presentan en los siguientes párrafos.

Por ejemplo, algunos contaminantes presentaron niveles por debajo del valor de la norma en forma permanente, como fue el caso del CO (11 ppm como promedio de ocho horas) en la ZMVT y la ciudad de Puebla; en forma similar, en la ZMVM las concentraciones se han mantenido por debajo del valor normado desde el año 2000. Asimismo, se encontró que las concentraciones de SO₂ en la ZMM, ZMVT y la ciudad de Puebla no han excedido las normas anual (0.03 ppm como promedio aritmético) o diaria (0.13 ppm como promedio de 24 horas). Por último, el NO₂ tampoco representó un problema de calidad del aire para la ZMM ni para la ciudad de Puebla, pues todos los valores se ubicaron muy por debajo del límite máximo permisible (0.21 ppm como promedio de una hora); en cuanto a la ZMVM, se ha tenido una mejoría con respecto a este contaminante, ya que la norma dejó de rebasarse en los años 2001 y 2002 (en las cinco estaciones conocidas como “históricas”).

En lo que se refiere a problemas de calidad del aire cabe mencionar la ZMG en donde los valores de CO estuvieron por arriba de norma durante todos los años analizados. Para SO₂ destaca el que en las zonas metropolitanas del Valle de México y Guadalajara, después de no haberse presentado niveles que rebasaran la norma diaria en siete y tres años consecutivos, respectivamente, a partir de 2000 y 2001 ambas zonas metropolitanas registraron concentraciones por arriba de norma. En lo referente a NO₂, la ZMG presenta niveles por arriba de norma durante todo el periodo de análisis, con máximos anuales que duplican el valor normado en casi todos los años.

En cuanto al O₃, es interesante que para la ZMVM se presenta una tendencia decreciente en los días (y horas) en que se rebasa la norma horaria (0.11 ppm, como promedio horario, para no ser rebasado una vez al año), después del haber registrado en 1991 el máximo número de días en que se excedió la misma. En cambio, en la ZMG se presenta un aumento de concentraciones horarias, con un mayor número de días en que se excede dicha norma, duplicándose el número de días en que se rebasa la norma del 2001 al 2002.

La situación es muy diferente para la ZMVM al analizar la calidad del aire en función de la norma de O₃ como promedio móvil de ocho horas (0.080 ppm, valor que no se debe rebasar por el quinto máximo en un periodo de un año), ya que se presenta incumplimiento de la norma en todas las estaciones de monitoreo durante todos los años analizados. En forma similar, este indicador reflejó una deficiente calidad del aire en el resto de las ciudades para el año 2002 (en Ciudad Juárez no se contó con suficientes datos válidos para calcular este valor), pues se observó que, en al menos dos estaciones de monitoreo de cada ciudad, se excedió el valor de norma.

Finalmente, las PM₁₀ han registrado concentraciones cada vez más elevadas en las ZMM y ZMVT; asimismo, en estas dos zonas metropolitanas y en la ZMG se ha rebasado la norma diaria de PM₁₀ (150 µg/m³ como promedio de 24 horas) incluso con más frecuencia que la norma horaria de ozono. En este mismo sentido cabe resaltar que en las seis ciudades se excedió la norma anual (50 µg/m³, como promedio aritmético), presentándose concentraciones por arriba de la norma en al menos una estación por ciudad en cada uno de los años analizados.

Las fuentes de los datos horarios empleados para elaborar este Almanaque fueron amablemente proporcionados por las siguientes dependencias:

- Dirección General de Gestión Ambiental del Aire de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (www.sma.df.gob.mx/simat/).
- Centro de la Información Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco (<http://semades.jalisco.gob.mx/site/index.htm>).
- Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno de Nuevo León (www.nl.gob.mx/dep/sduop/sima/sima.htm).

- Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México (www.edomexico.gob.mx/se/zmvt.htm).
- Dirección General de Ecología y Protección Civil del Municipio de Juárez, Chihuahua. (www.juarez.gob.mx).
- Dirección de Prevención y Control de la Contaminación de la Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano, Ecología y Obra Pública del Estado de Puebla (www.rema.gob.mx/rema_sima/).

El **Segundo almanaque de datos y tendencias de calidad del aire en seis ciudades mexicanas** pone esta recopilación, sistematización y análisis de información a disposición de académicos, autoridades, ambientalistas, ciudadanos, y público en general, es decir, de todos aquellos interesados en el ambiente, en la gestión ambiental, en la calidad del aire de nuestras grandes ciudades. Esperamos que sea de utilidad y que en conjunto sigamos mejorando el aire de nuestros centros urbano-industriales, para nosotros y para las generaciones futuras.

1. METODOLOGÍA

Criterios de verificación para el manejo de datos

La información que se presenta en este Almanaque se sometió a un proceso de verificación¹ para proceder a su análisis, y así obtener las tendencias de la calidad del aire de los contaminantes criterio - CO, SO₂, NO₂, O₃ y PM₁₀-, en las zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Valle de Toluca, así como de Ciudad Juárez y Puebla.

El proceso de verificación contempló los siguientes aspectos:

- Eliminación de datos negativos o nulos. El motivo de la eliminación se debe a que los equipos de monitoreo tienen límites de detección mayores a cero; sin embargo, en la ZMVM, a partir de octubre del 2001 se implementó un control de calidad en los equipos de medición SO₂, NO₂, óxidos de nitrógeno (NO_x) y O₃, que permite el registro de concentraciones iguales a “cero”.
- Eliminación de datos que resultan de períodos en los que se presentaron fallas técnicas en el sistema de monitoreo (energía eléctrica, analizadores, calibración ó mantenimiento preventivo, entre otros). Estos períodos se registran con banderas por los responsables de las redes de monitoreo.
- Identificación de los valores que presentan un comportamiento fuera del patrón que siguen los contaminantes en un determinado periodo de tiempo, los cuales fueron identificados y validados por los responsables de las redes de monitoreo (aseguramiento de datos).

Se identificaron las horas con información verificada y se proceso para generar los diferentes indicadores estadísticos, ya sea que se consideren como datos base, concentraciones horarias ó bien concentraciones diarias (concentración máxima, concentración promedio de 24 horas, ó concentración máxima de los promedios móviles de 8 horas).

Los *promedios móviles de 8 horas para CO y O₃* se calcularon con la concentración horaria de referencia y las 7 concentraciones registradas en las horas previas. Por ejemplo, para estimar el *promedio móvil horario de CO* de las 13:00 horas se calcula el promedio con la concentraciones registradas a las 6:00, 7:00, 8:00, 9:00, 10:00, 11:00 y 12:00 y 13:00 horas de ese mismo día. Estos promedios móviles se calcularon solamente cuando hubo disponibilidad de por lo menos el 75% de los registros obtenidos, es decir, 6 o más concentraciones horarias.

La concentración diaria se calculó a partir de las concentraciones horarias o de los promedios móviles de 8 horas, con la restricción de al menos el 50% de los registros verificados (12 o más concentraciones horarias al día)². Las concentraciones reportadas como diarias para ozono y dióxido de nitrógeno representan la concentración máxima horaria; para partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros y dióxido de azufre, constituyen el *promedio de 24 horas* de las

¹ Verificación es el proceso de evaluar el que se cuente con la información suficiente de un conjunto específico de datos para los propósitos del estudio.

² El procesamiento de información recabada a través del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal requiere de al menos el 75% de los datos, como criterio de suficiencia para el calculo de los registros de las concentraciones diarias.

concentraciones horarias, y para monóxido de carbono y ozono representan el *máximo de los promedios móviles de 8 horas*.

Las Normas Oficiales Mexicanas sobre calidad del aire fueron publicadas el 23 de diciembre de 1994, con una modificación para la norma de ozono publicada el 30 octubre de 2002, en el Diario Oficial de la Federación. Estas tienen como fin proteger la salud de la población, sobre todo la de los grupos más susceptibles como son los niños, los ancianos y las personas con enfermedades respiratorias y cardiopulmonares crónicas (cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Valores normados para los contaminantes del aire en México

Contaminante	Valores límite			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)	
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 hora) (216 µg/m ³)	Ninguna vez al año	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993*
	0.08 ppm (8 horas)	Quinto máximo en un año		
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas) (12595 µg/m ³)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993**
Dióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (24 horas) (341 µg/m ³)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)	NOM-022-SSA1-1993**
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 hora) (395 µg/m ³)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993**
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m ³ (media aritmética anual)	NOM-024-SSA1-1993**
Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM ₁₀)	150 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ (media aritmética anual)	NOM-025-SSA1-1993**
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m ³ (promedio aritmético en 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993**

* Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002.

** Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994.

Análisis de tendencias de la calidad del aire

La información en este Almanaque presenta las tendencias de calidad del aire de los contaminantes criterio para las seis ciudades. En forma complementaria se incluye un disco compacto con anexos e información adicional por mes y año en formato PDF de forma detallada para cada estación de monitoreo.

La información de los indicadores estadísticos se dividió en tres secciones, para un mejor análisis de las tendencias espaciales y temporales.

Secciones para ozono

- *Sección I. Tendencias anuales, mensuales y horarias*
 - ✓ Promedio anual de concentraciones horarias
 - ✓ Tendencias mensuales de las concentraciones horarias
 - ✓ Concentraciones horarias promedio

- *Sección II. Valores fuera de norma*
 - ✓ Horas en que se excede la norma
 - ✓ Días en que se excede la norma horaria
 - ✓ Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas
- *Sección III. Concentraciones diarias*
 - ✓ Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas
 - ✓ Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas

Secciones para dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono

- *Sección I. Tendencias anuales, mensuales y horarias*
 - ✓ Promedio anual de concentraciones horarias
 - ✓ Tendencias mensuales de las concentraciones horarias
 - ✓ Concentraciones horarias promedio
- *Sección II. Valores fuera de norma*
 - ✓ Horas en que se excede el valor de la norma de dióxido de nitrógeno
 - ✓ Días en que se excede el valor de la norma
- *Sección III. Concentraciones diarias*
 - ✓ Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas
 - ✓ Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas

Secciones para PM₁₀ y dióxido de azufre

- *Sección I. Tendencias mensuales y horarias*
 - ✓ Promedio anual de concentraciones horarias
 - ✓ Tendencias mensuales de las concentraciones horarias
- *Sección II. Valores fuera de norma*
 - ✓ Promedio anual de concentraciones horarias
 - ✓ Días en que se excede el valor de la norma (24 horas)
- *Sección III. Concentraciones diarias (24 horas)*
 - ✓ Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas
 - ✓ Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas

Los indicadores estadísticos que se obtuvieron para cada sección se describen a continuación.

Promedio anual de concentraciones horarias. Se trata del estimador central de los valores diarios para cada año. En el caso de PM₁₀ y SO₂ los promedios anuales se pueden comparar con las Normas Oficiales Mexicanas anuales.

Promedio mensual de concentraciones horarias. Se estimaron las medianas de los promedios de las concentraciones horarias para cada uno de los meses del año, durante el periodo analizado.

Concentraciones horarias promedio. Se calcularon los promedios de las concentraciones para cada una de las horas del día, durante el periodo analizado.

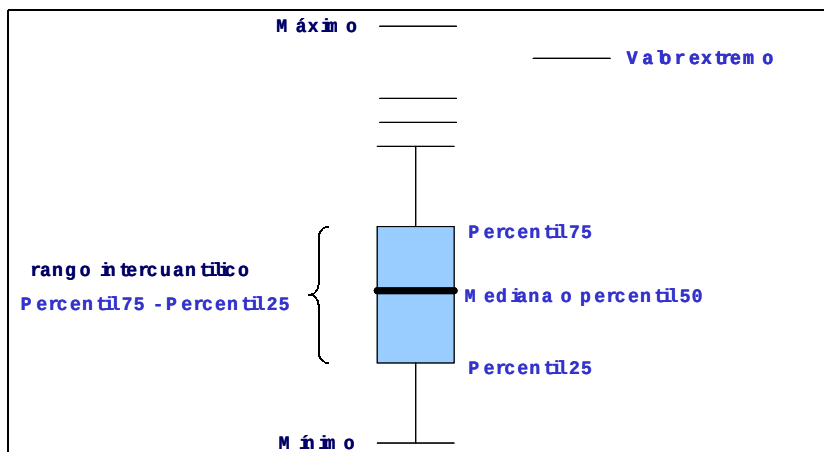
Horas en que se excede el valor de la norma horaria. Se calculó el número de horas durante las que se rebasó el valor de la norma horaria de calidad del aire para O₃ o para NO₂. En un solo día se pudo haber rebasado el valor de la norma durante varias horas.

Días en que se excede el valor de la norma. Se calcularon los días en que se excede el valor de la norma de calidad del aire para cada uno de los contaminantes. Cabe aclarar que al rebasarse el valor de la norma horaria en más de una hora al día, este indicador muestra sólo un día. Para SO_2 y PM_{10} los resultados que se presentan en este documento difieren de aquellos presentados en el Almanaque 2000, ya que en ese documento se reportaron los días en que se excede la norma con base en la concentración máxima de los promedios móviles de 24 horas.

Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas. Este indicador se obtuvo de acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos en la Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 de ozono, que indican que una estación de monitoreo cumple con la norma anual al contar con más del 75% de datos válidos durante el año y con un valor para el quinto máximo anual menor o igual a 0.08 ppm. El valor del quinto máximo se calcula a partir de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 horas de todo el año.

Concentraciones diarias máximas por año. Se presentan los máximos de las concentraciones diarias por ciudad, en forma de estadísticas descriptivas, para cada contaminante, tales como: promedio aritmético, desviación estándar, valores mínimo y máximo, percentiles 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 y 98, y, también número de días con datos verificados. En forma complementaria, se incluyen gráficas de caja y bigotes para cada uno de los contaminantes y para cada año. Estas gráficas permiten visualizar la distribución y la magnitud de la distribución de los datos, así como el rango intercuantílico, la mediana y las estadísticas de orden de las concentraciones diarias (figura 1.1).

Figura 1.1. Descripción de la gráfica de caja y bigotes



Mapas de distribución espacial de las concentraciones de O_3 y PM_{10}

Con la finalidad de presentar la distribución espacial de la concentración de ozono y PM_{10} para las diferentes ciudades se elaboraron mapas utilizando los promedios anuales de cada estación que mide estos contaminantes. Además, se crearon campos de concentración a partir de una interpolación de los datos disponibles en cada ciudad, utilizando software para el manejo de información georeferenciada (ARCGIS). El método que se usó fue **SPLINE** con los siguientes parámetros:

- Tipo de SPLINE: regularizado, con ponderación de 0.1
- Número de puntos: los que estuvieran disponibles para cada ciudad
- Tamaño de la celda de salida: 100 metros

Este método crea una malla de información interpolada de los datos disponibles medidos. La interpolación predice valores para cada celda de una malla, limitada por los datos disponibles (puntos).

Los valores se calculan usando una función matemática que minimiza la curvatura total de la superficie, lo que resulta en una superficie “suavizada”, que pasa exactamente a través de los puntos de entrada. **SPLINE** se considera el mejor método para superficies con variaciones suaves y se recomienda para concentraciones de contaminantes.

Puntos importantes a destacar

- Sólo se incluyeron las concentraciones verificadas.
- En los casos en los que no se contó con la información se indicó “información no disponible” (ND), ya fuera porque el contaminante no se hubiera medido o porque no se contara con los registros suficientes.
- Los cuadros que contienen el porcentaje de horas o días con valores fuera de norma de los diferentes contaminantes, dicho porcentaje se calculó con referencia al total de horas o días con información disponible.
- En Ciudad Juárez la medición de PM₁₀ se realiza con equipo manual cada seis días.
- En los cuadros de promedios anuales para O₃, NO₂, CO y SO₂ se reportan valores en masa por masa (ppm) y en masa por volumen (µg/m³), utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{ppm} \times \frac{M}{0.02447} = \mu\text{g}/\text{m}^3$$

en condiciones estándar de presión (760 milímetros de mercurio) y temperatura (25°C), y en donde M es el peso molecular del elemento.

De tal forma que para cada contaminante se usaron los factores de conversión que se presentan en el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Factores de conversión de ppm y µg/m³ para contaminantes criterio en estado gaseoso

Contaminante	Peso molecular (M)	Factor de conversión
CO	28	1,144.26 x ppm = µg/m ³
NO ₂	46	1,879.85 x ppm = µg/m ³
SO ₂	64	2,615.45 x ppm = µg/m ³
O ₃	48	1,961.58 x ppm = µg/m ³

2. ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

Red de monitoreo de la calidad del aire

El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT, figura 2.1) inició su operación a partir de 1986, actualmente está integrado por 4 subsistemas operativos: a) la Red de Monitoreo Atmosférico (RAMA); b) la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA); c) la Red Meteorológica (REDMET) y d) la Red de Deposito Atmosférico (REDDA), adicionalmente cuenta con una unidad móvil de monitoreo atmosférico.

La Red de Monitoreo Atmosférico se compone de 36 estaciones remotas, 24 en el D.F. y 12 en el Estado de México, en donde se miden los contaminantes criterio de manera continua: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀). A partir del mes de julio de 2003 se dieron a conocer las mediciones de las partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) en siete estaciones de monitoreo.

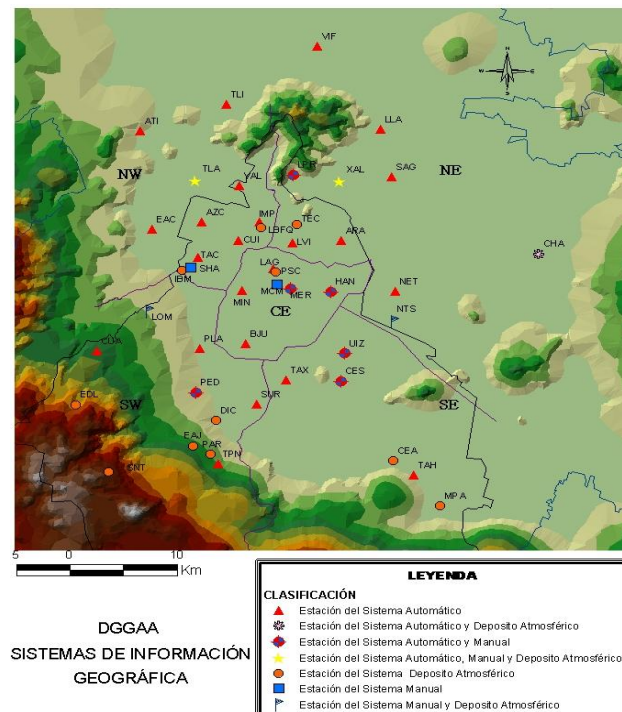
La Red Manual de Monitoreo Atmosférico está integrada por 14 estaciones, 9 en el D.F. y 5 en el Estado de México, en las que se utilizan métodos manuales para la medición de partículas suspendidas totales (PST) y PM₁₀; de manera adicional se realizan mediciones para metales pesados, entre ellos plomo, nitratos y sulfatos.

La Red Meteorológica cuenta con 15 estaciones de monitoreo, 9 en el D.F. y 5 en el Estado de México, que reportan la humedad relativa (HR), la temperatura ambiente (TMP), la dirección del viento (DV), la velocidad del viento (VV), radiación solar ultra violeta tipo-B (UV-B), perfiles del viento en la horizontal y la vertical de la tropósfera baja y los perfiles de temperatura en la vertical.

La Red de Deposito Atmosférico está conformada por 16 estaciones de monitoreo ubicadas en la zona urbana, rural y de conservación ecológica de la ZMVM. Tiene como objetivo el seguimiento de sustancias que determinan la acidez del agua de lluvia. Los parámetros que mide son: sulfatos, nitratos, potencial hidrógeno (pH), aniones y cationes.

La Dirección General de Gestión Ambiental del Aire de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal tiene bajo su responsabilidad la operación del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México

Figura 2.1. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México



Fuente: Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal

(cuadros 2.1 y 2.2).

Cuadro 2.1. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México:
estaciones de monitoreo y parámetros registrados

Zona	Estación	Clave	RAMA					REDMA					REDMET		REDDA				
			CO	SO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	PST	PM ₁₀	Pb	Mn	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	MET	UV-B	PH	CE	A	C
Noroeste	Vallejo	VAL																	
	Tacuba	TAC																	
	ENEP Acatlán	EAC																	
	Azcapotzalco	AZC																	
	Tlalnepantla	TLA																	
	I.M.P.	IMP																	
	Cuicláhuac	CUI																	
	Tultitlán	TLI																	
	Atizapán	ATI																	
	Legaria	IBM																	
	Lab.Bact y Fisicoquímica	LBFQ																	
Secretaría de Hacienda	SHA																		
Noreste	Los Laureles	LLA																	
	La Presa	LPR																	
	La Villa	LVI																	
	San Agustín	SAG																	
	Xalostoc	XAL																	
	Aragón	ARA																	
	Netzahualcóyotl	NET																	
	Villa de las Flores	VIF																	
	Chapingo	CHA																	
	Netzahualcóyotl Sur	NTS																	
	Cerro del Tepeyac	TEC																	
Centro	Lagunilla	LAG																	
	Merced	MER																	
	Hangares	HAN																	
	Benito Juárez	BJU																	
	Insurgentes	MIN																	
	Museo de la Cd. México	MCM																	
	Plaza de Sta. Catarina	PSC																	
Suroeste	Santa Ursula	SUR																	
	Pedregal	PED																	
	Plateros	PLA																	
	Cuajimalpa	CUA																	
	Tlalpan	TPN																	
	Lomas	LOM																	
	Diconsa	DIC																	
	Ecoguardas Ajusco Picacho	EAJ																	
	Exconv. Desierto Leones	EDL																	
	Parres	PAR																	
	San Nicolás Totoloapan	SNT																	
Sureste	Cerro de la Estrella	CES																	
	UAM Iztapalapa	UIZ																	
	Taxqueña	TAX																	
	Tlahuac	TAH																	
	C.Edu. Amb. Acuexcomatl	CEA																	
	Milpa Alta	MPA																	

Cuadro 2.2. Parámetros, símbolos y unidades de reporte del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México

Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte	Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte
CO	Monóxido de carbono	ppm	MET	Parámetros meteorológicos	
SO ₂	Dióxido de azufre	ppm	VV	Velocidad del viento	m/s
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	ppm	TMP	Temperatura	°C
O ₃	Ozono	ppm	DV	Dirección del viento	grados azimut
PST	Partículas suspendidas totales	µg/m ³	RH	Humedad relativa	%
PM ₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros	µg/m ³	PH	Potencial de hidrogeno	unidades pH
Pb	Plomo	µg/m ³	CE	Conductancia específica	µS/cm
Mn	Manganeso	µg/m ³	A	Aniones (nitratos y sulfatos)	mg/l
NO ₃ ⁻	Nitratos	µg/m ³	C	Cationes (amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio)	mg/l
SO ₄ ⁼	Sulfatos	µg/m ³	RAD	Radiación solar ultra violeta tipo-B	med/h

Tendencias de los contaminantes atmosféricos en la ZMVM de 1990 al 2002

Para presentar la tendencia histórica de los contaminantes criterio en la ZMVM se utilizó la información recopilada de las estaciones de monitoreo de la RAMA: Tlalnepantla (Noroeste), Xalostoc (Noreste), Merced (Centro), Pedregal (Suroeste) y Cerro de la Estrella (Sureste). Estos sitios de monitoreo son representativos de la variabilidad espacial de los niveles de contaminación de la ZMVM. Estas estaciones cuentan con los registros más completos de datos para los contaminantes criterio desde que inició el monitoreo, por lo que se les conoce como “estaciones históricas”. A continuación se presenta una serie de cuadros y figuras que describen de manera general las tendencias históricas de los contaminantes criterio.

Monóxido de carbono (CO)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En la figura 2.2 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de CO en las estaciones de monitoreo históricas. Durante este periodo se observa una tendencia decreciente a partir de 1990, es decir de concentraciones que se sitúan aproximadamente en el intervalo 4.5 a 8 ppm a niveles de 1.5 y 2 ppm en el 2002.

En el cuadro 2.3 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de CO de 1990 a 2002 en las 27 estaciones que han monitoreado este contaminante. Con el fin de ilustrar la distribución de las estaciones y la magnitud de la concentración de CO se agruparon en diferentes zonas geográficas. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales para el periodo 1994 a 2002, en ella se observa que las medianas con los valores más altos corresponden a las estaciones Vallejo, Insurgentes y Taxqueña, de las zonas noroeste, centro y suroeste, respectivamente.

En la figura 2.3 se presentan las concentraciones horarias promedio de CO en las estaciones históricas, observándose distribuciones bimodales, con un pico de mayor magnitud, que se presenta entre las 7:00 y las 11:00 horas de la mañana, y el segundo menos definido, entre las 19:00 y las 23:00 horas. Este comportamiento puede ser relacionado con los horarios de traslado a los trabajos por la mañana y el traslado hacia los hogares por la tarde. Es notorio que el pico máximo se obtuvo en Xalostoc durante el año de 1990; también se aprecia que en todas las estaciones la magnitud de los picos ha disminuido en los últimos 10 años, con concentraciones bajas y estables a partir del año 2000.

En la figura 2.4 se muestra la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de CO en las estaciones históricas de la ZMVM, en ella las concentraciones mensuales más altas se presentan en diciembre y en enero, además se observa un pico importante en mayo en la estación Xalostoc, mientras que Pedregal siempre registra los valores más bajos.

Valores fuera de la norma de monóxido de carbono

En el cuadro 2.4 se ilustra el porcentaje y número de días de las estaciones históricas en que se rebasa el valor de la norma de calidad del aire para CO de 11 ppm como promedio móvil de 8 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez por año (NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), como complemento de este cuadro, en la figura 2.5 se presenta gráficamente el porcentaje de días que se encuentran por arriba del valor de la norma, denotándose que el año con mayor número fue 1990, correspondiendo el valor más alto a la estación Xalostoc, seguido de Merced y en tercer lugar Cerro de la Estrella. La tendencia decreciente de días en que se excede el valor de la norma se observa en todas las estaciones y a partir de 1993 el porcentaje baja considerablemente. Del año 2000 a la fecha no se han registrado valores que excedan la norma de calidad del aire de CO en las estaciones históricas.

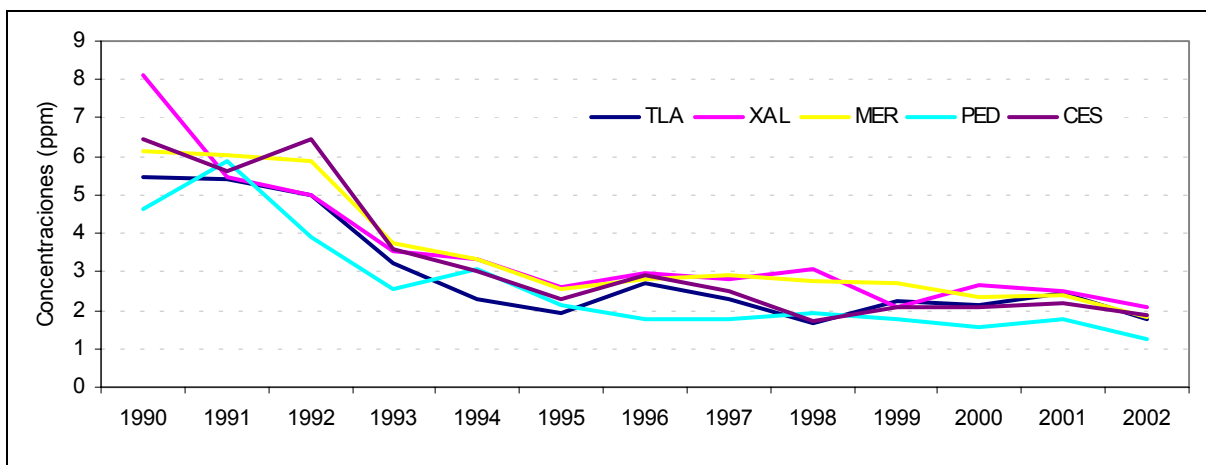
Concentraciones diarias de monóxido de carbono

En el cuadro 2.5 se presentan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de CO, como promedios móviles de 8 horas, en las estaciones históricas. La tendencia de los valores máximos presenta un descenso considerable de 1990 a 1995, conservándose hasta el 2002. El valor más elevado de las medianas (percentil 50) se registró en 1990 con 10.4 ppm, siendo el valor máximo histórico registrado en ese mismo año igual a 37.7 ppm, en contraste en el año 2002 se tiene una mediana de los niveles máximos de 3.4 ppm con una concentración máxima de 8.2 ppm.

Como complemento al cuadro anterior la figura 2.6 muestra la distribución de las concentraciones diarias máximas de las cinco estaciones históricas, en ella se aprecia que los valores más elevados se registraron en 1990. A partir de 1991 se observa que no hay valores que excedan una concentración de 11 ppm, asimismo para los años 2001 y 2002 la ocurrencia de las concentraciones altas extremas se reduce en forma importante, manteniéndose las distribuciones por debajo de las 11 ppm.

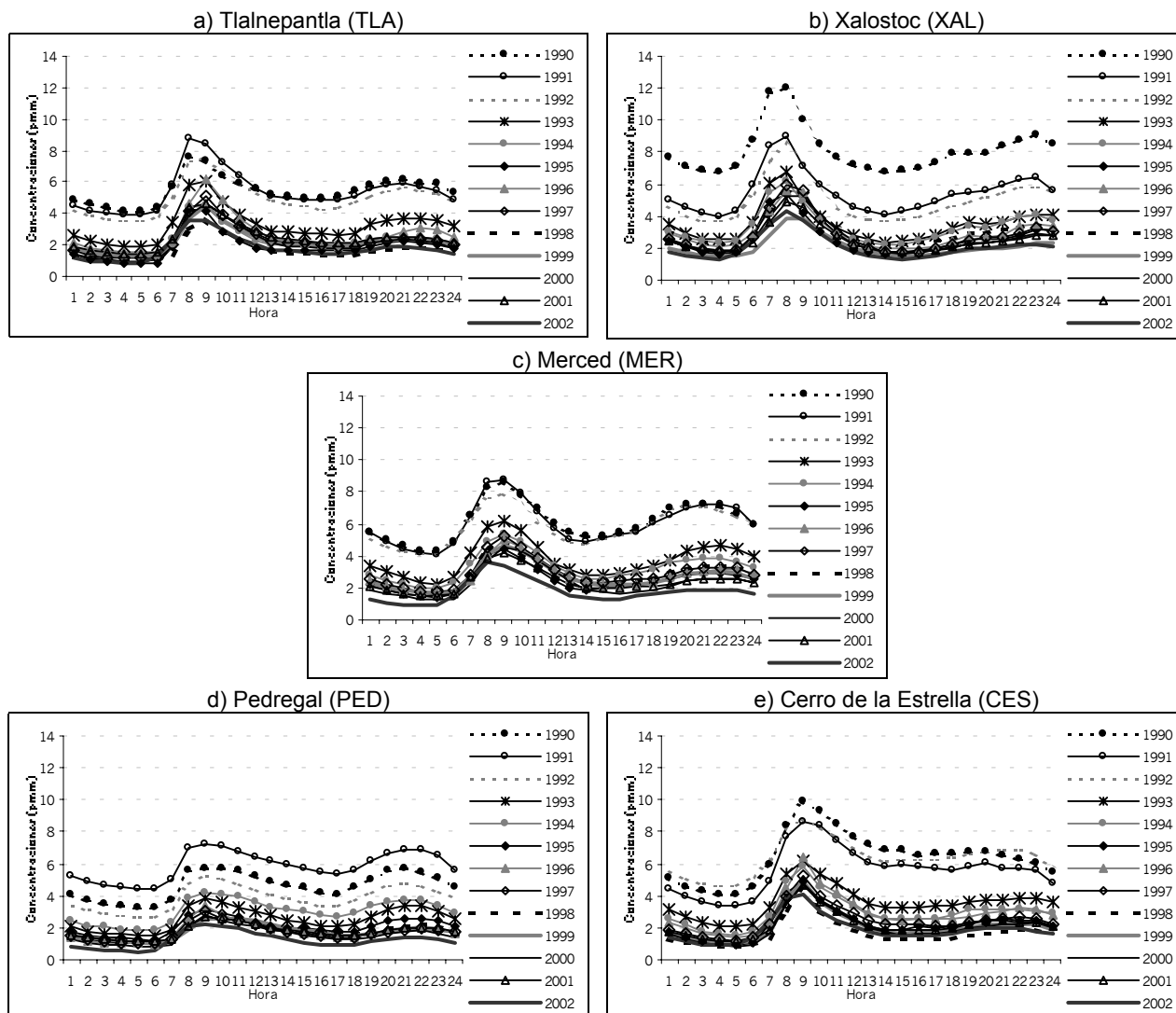
Por último, la figura 2.7 ilustra la distribución de las concentraciones diarias por año para cada una de las estaciones históricas, la estación Cerro de la Estrella registró el valor histórico más alto durante 1990 y la estación Merced sin alcanzar el valor máximo mencionado muestra distribuciones similares. Cabe mencionar, que las estaciones Tlalnepantla, Xalostoc y Pedregal alcanzaron medianas por debajo de las 10 ppm durante todo el periodo analizado. Finalmente se aprecia que en el 2001 y 2002, en todas las estaciones se han mantenido las distribuciones de las concentraciones diarias por debajo de las 11 ppm.

Figura 2.2. Promedio anual de concentraciones horarias de CO en cinco estaciones de monitoreo* de la ZMVM, 1990-2002



*Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la estrella (CES).

Figura 2.3. Concentraciones horarias promedio de CO en cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



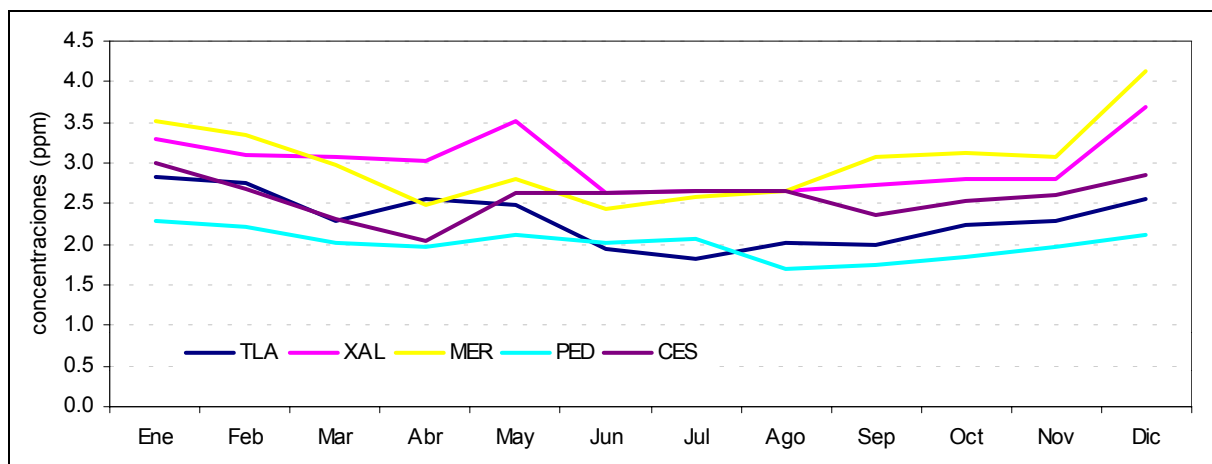
Cuadro 2.3. Promedio anual de las concentraciones horarias de CO en la ZMVM, 1990-2002

Zona	Estación	Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Noroeste	TAC	ppm	ND	ND	6.9	2.9	2.1	2.7	2.6	2.1	1.9	2.3	2.9	1.6	1.7	2.1
		µg/m³	ND	ND	7847	3324	2437	3136	2922	2349	2177	2627	3307	1880	1913	2437
	EAC	ppm	ND	ND	5.3	3.2	3.1	2.1	2.8	2.3	2.5	2.1	1.7	2.2	1.2	2.2
		µg/m³	ND	ND	6101	3638	3565	2454	3195	2673	2835	2423	1940	2573	1376	2573
	TLA	ppm	5.5	5.4	5	3.2	2.3	1.9	2.7	2.3	1.7	2.2	2.1	2.4	1.8	2.2
		µg/m³	6248	6205	5696	3699	2646	2200	3075	2645	1901	2534	2440	2801	2017	2534
	IMP	ppm	5.5	7.3	4	2.8	3	2.8	2.6	2.5	2.7	2.4	2.6	2.1	1.8	2.6
		µg/m³	6302	8394	4534	3173	3397	3173	2991	2887	3072	2785	3014	2430	2022	2991
	TLI	ppm	ND	ND	ND	3.2	2.8	2	2.4	2.1	1.7	2	1.8	ND	2.6	2.1
		µg/m³	ND	ND	ND	3619	3242	2255	2772	2387	1980	2268	2036	ND	3002	2327.5
	ATI	ppm	ND	ND	ND	3.3	2.3	2.2	2.5	2.2	2.1	1.9	1.9	1.3	1.3	2.1
		µg/m³	ND	ND	ND	3784	2629	2575	2852	2530	2362	2200	2171	1471	1432	2362
	VAL	ppm	ND	ND	ND	ND	4.7	2.8	3	2.6	2.9	2.6	3.2	1.6	1.1	2.8
		µg/m³	ND	ND	ND	ND	5340	3232	3472	2931	3315	3010	3654	1873	1257	3232
	AZC	ppm	ND	ND	ND	ND	4.1	2.8	2.4	2.2	2.1	1.6	1.9	2.2	1.9	2.2
		µg/m³	ND	ND	ND	ND	4730	3182	2695	2463	2402	1790	2153	2488	2164	2463
	CUI	ppm	7.1	8.6	8.2	5.6	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.3	1.3	1.3
		µg/m³	8095	9830	9397	6365	6894	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1541	1539	1541
Noreste	XAL	ppm	8.1	5.5	5	3.6	3.3	2.6	3	2.8	3.1	2.1	2.6	2.5	2.1	2.6
		µg/m³	9282	6237	5742	4065	3793	2974	3380	3193	3512	2388	3014	2886	2380	3014
	ARA	ppm	5.6	5.4	4.6	3.9	4	2.7	2.8	2.5	2.5	2.1	3	2.5	1.6	2.5
		µg/m³	6384	6156	5308	4429	4620	3057	3172	2911	2905	2408	3457	2884	1871	2911
	NET	ppm	5.2	6.4	5.5	3.6	3.5	3.3	3	2.5	1.9	2.4	2.1	0.5	1.3	2.4
		µg/m³	5929	7306	6316	4154	3948	3768	3415	2848	2215	2729	2373	572	1430	2729
	VIF	ppm	ND	ND	ND	5.6	3	2.1	2.2	2.2	1.8	1.8	1.2	1.6	1.1	1.8
		µg/m³	ND	ND	ND	6425	3443	2383	2560	2543	2062	2106	1401	1788	1255	2106
	SAG	ppm	ND	ND	ND	ND	2.6	1.9	1.8	1.9	2	1.9	2.3	1	1.2	1.9
		µg/m³	ND	ND	ND	ND	3013	2166	2086	2223	2235	2120	2587	1128	1331	2166
	CHA	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	2.2	2.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4
		µg/m³	ND	ND	ND	ND	ND	2561	2919	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2740
Centro	LAG	ppm	5	5	4.9	3.8	4.6	3.5	2.6	2.7	2.6	2	2	2.1	2	2.6
		µg/m³	5744	5698	5595	4302	5309	3971	2998	3101	2975	2231	2266	2357	2334	2975
	MER	ppm	6.1	6	5.9	3.8	3.3	2.5	2.8	2.9	2.7	2.7	2.4	2.4	1.8	2.7
		µg/m³	7034	6914	6718	4304	3807	2890	3186	3355	3143	3095	2693	2762	2062	3095
	HAN	ppm	ND	ND	ND	2.7	3	3.2	3	3	2.4	1.9	2.6	2	2.3	2.6
		µg/m³	ND	ND	ND	3092	3385	3657	3402	3383	2731	2183	2955	2241	2625	2955
	BJU	ppm	3.3	4.5	5.8	3.4	3.4	2.9	2.6	2.3	2.8	2.8	2.3	1.8	1.9	2.6
		µg/m³	3830	5098	6679	3844	3908	3264	2921	2639	3253	3184	2622	2091	2124	2921
	MIN	ppm	5.8	7.6	8	5.8	4.3	2.9	3.8	3.6	3.8	2.7	3.3	2.5	2.3	3.3
		µg/m³	6622	8649	9139	6641	4905	3315	4314	4090	4369	3063	3829	2816	2583	3829
Suroeste	SUR	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	2.1	2.1	2.1
		µg/m³	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2263	2439	2432	2432
	PED	ppm	4.6	5.9	3.9	2.6	3.1	2.1	1.8	1.8	1.9	1.8	1.6	1.8	1.2	1.8
		µg/m³	5319	6704	4493	2934	3496	2412	2023	2013	2187	2012	1804	2024	1399	2023
	PLA	ppm	6.4	6.7	5.5	3.8	3.3	1.8	2.3	1.7	2.4	1.7	1.9	2.3	1.4	1.9
		µg/m³	7344	7692	6281	4291	3777	2007	2648	1933	2802	1995	2214	2591	1606	2214
Sureste	CES	ppm	6.5	5.6	6.4	3.6	3	2.3	2.9	2.5	1.7	2.1	2.1	2.2	1.9	2.2
		µg/m³	7386	6451	7364	4121	3428	2645	3343	2864	1935	2382	2357	2516	2169	2516
	UIZ	ppm	6.9	5.6	4.5	2.8	2.9	2.3	2.5	2.2	1.9	1.8	1.8	1.6	1.6	1.9
		µg/m³	7887	6422	5149	3229	3305	2683	2867	2552	2200	2053	2074	1795	1862	2200
	TAX	ppm	6.7	8.6	7.3	4.7	5.1	3.7	3.4	3.3	3.5	2.9	3	3.4	2.3	3.4
		µg/m³	7670	9859	8310	5332	5852	4290	3841	3822	3974	3364	3463	3873	2654	3841
	TAH	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	2.6	2.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.7
		µg/m³	ND	ND	ND	ND	ND	2994	3194	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3094

ND: Información no disponible.

* Mediana de los promedios anuales de 1994 a 2002.

Figura 2.4. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de CO en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002



*Mediana de los promedios mensuales de 1990 a 2002

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

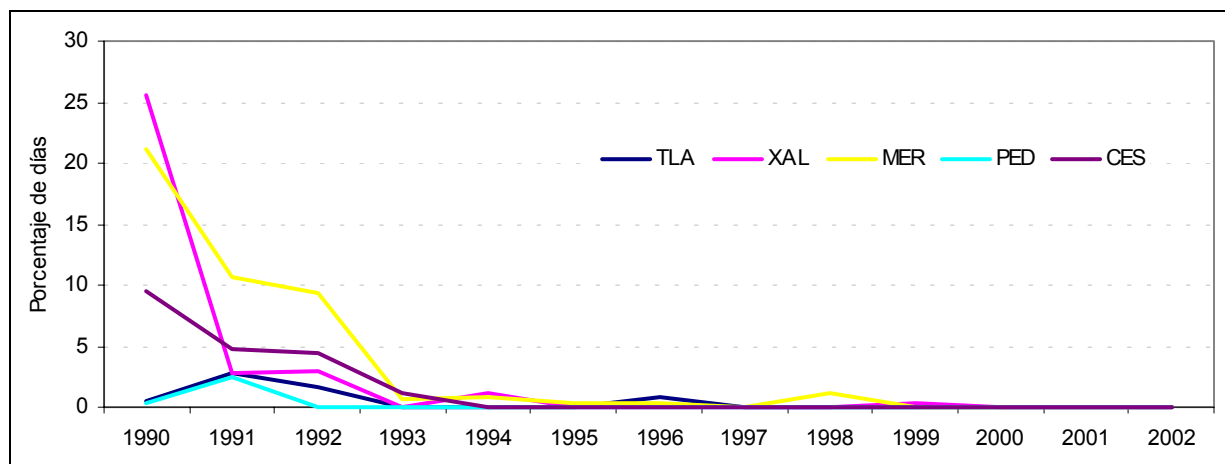
Cuadro 2.4. Días en que se excede el valor de la norma de CO* por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002

Año	Mes													Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1988	%	16.1	25.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	9.7	5.4
	No.	5	7	0	2	0	0	0	0	0	0	2	3	19
1989	%	19.4	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	3.2	0.0	63.3	8.6
	No.	6	0	0	4	0	0	0	1	0	1	0	19	31
1990	%	41.9	18.5	48.4	20.0	16.1	16.7	25.8	39.3	35.7	54.8	37.9	74.2	36.0
	No.	13	5	15	6	5	5	8	11	10	17	11	23	129
1991	%	54.8	10.7	14.8	3.8	10.3	3.3	6.5	0.0	0.0	12.9	13.6	29.0	13.6
	No.	17	3	4	1	3	1	2	0	0	4	3	9	47
1992	%	12.9	19.2	3.2	0.0	3.2	0.0	13.8	9.7	0.0	0.0	6.7	54.8	10.5
	No.	4	5	1	0	1	0	4	3	0	0	2	17	37
1993	%	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	No.	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1994	%	6.5	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
	No.	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	6
1995	%	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1996	%	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
	No.	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
1997	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	1.1
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
1999	%	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2000	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año (NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.5. Días (%) en que se excede el valor de la norma de CO* en cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM**, 1990-2002



*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año (NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

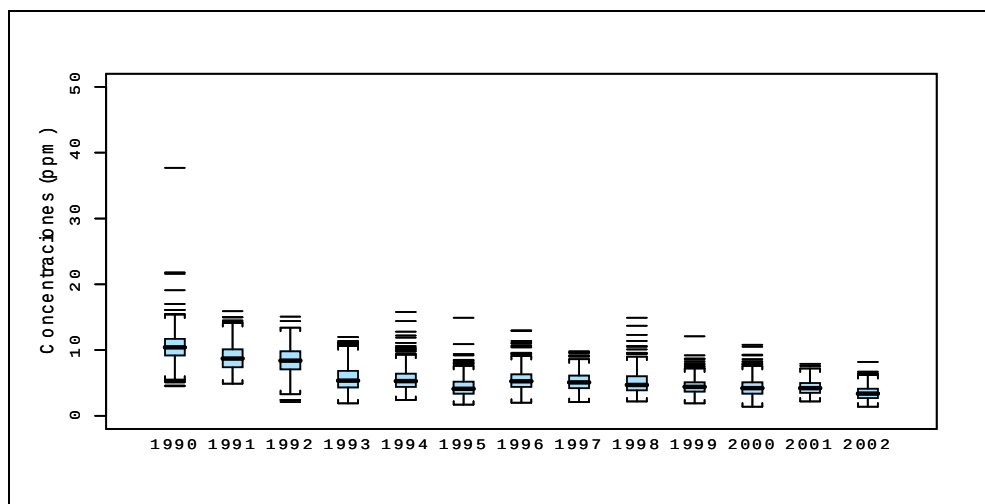
** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la estrella (CES).

Cuadro 2.5. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de CO en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1990-2002

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	10.5	8.9	8.4	5.8	5.6	4.5	5.5	5.3	5.1	4.5	4.4	4.3	3.5
Desviación estándar	2.8	2.0	2.2	2.1	1.8	1.5	1.8	1.5	1.7	1.2	1.4	1.1	1.1
Mínimo	4.5	4.9	2.1	1.9	2.4	1.7	2.0	2.1	2.2	1.9	1.4	2.2	1.4
Máximo	37.7	15.9	15.1	12.0	15.8	14.9	13.0	9.8	14.9	12.1	10.8	7.9	8.2
Percentil	10	7.6	6.3	5.8	3.7	3.9	2.9	3.3	3.5	3.4	3.1	3.0	2.2
	20	8.8	7.1	6.7	4.2	4.2	3.3	4.1	4.0	3.7	3.5	3.3	2.6
	30	9.4	7.6	7.4	4.6	4.6	3.5	4.5	4.5	4.0	3.8	3.5	2.9
	40	9.9	8.3	7.9	4.9	4.9	3.8	4.9	4.8	4.4	4.2	3.8	3.1
	50	10.4	8.7	8.4	5.3	5.3	4.1	5.2	5.1	4.7	4.4	4.2	3.4
	60	10.8	9.3	9.0	5.8	5.7	4.5	5.6	5.5	5.0	4.7	4.5	3.6
	70	11.3	9.8	9.6	6.4	6.1	5.0	6.1	5.9	5.6	4.9	4.8	3.9
	80	12.1	10.4	10.2	7.4	6.9	5.6	6.6	6.4	6.3	5.3	5.2	4.4
	90	13.0	11.5	11.0	9.0	7.8	6.5	7.9	7.4	7.3	6.1	6.0	4.9
	95	14.3	12.6	12.3	10.4	9.0	7.2	8.9	8.0	7.9	6.6	6.3	5.4
	98	15.5	13.7	13.0	10.9	10.3	8.1	10.2	8.3	9.6	7.6	7.0	5.9
Total de días con datos	358	346	352	364	365	365	366	365	365	365	366	365	365

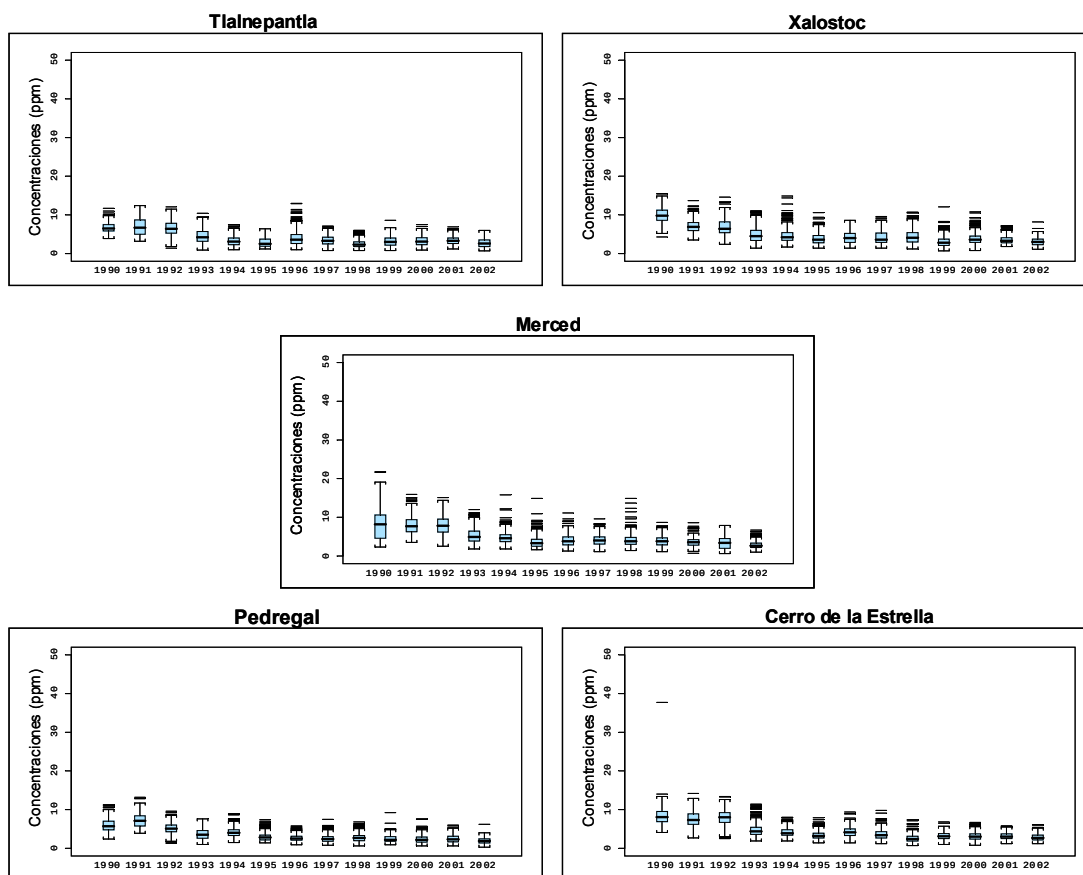
*Para cada día se integra el máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de ocho horas de Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) o Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.6. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de CO de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



*Para cada día se integra el máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de ocho horas de Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) o Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.7. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de CO* en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1990-2002



* Máximo de los promedios móviles de ocho horas.

Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo I-A: Días en que se excede la norma de CO por mes, por año y por estación de monitoreo de la ZMVM, 1990-2002

Anexo I-B: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de CO para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMVM, 1990-2002

Información adicional:

- Concentración máxima de CO por hora y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Porcentaje y número de horas con información de CO por año y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de horas con información de CO por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de CO como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 2.9 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1990 a 2002 en las 20 estaciones que monitorean este contaminante. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales desde 1995, se observa que la mediana más alta correspondió a la estación UAM-Iztapalapa con 0.039 ppm. Con relación a las cinco estaciones históricas se observa que la mediana de los promedios anuales ubica a la estación Xalostoc con la concentración más elevada (0.034 ppm), seguida de Pedregal y Tlalnepantla (0.032 ppm), Cerro de la Estrella (0.028 ppm) y Merced (0.024 ppm), asimismo la figura 2.14 muestra la tendencia decreciente de los promedios anuales en dichas estaciones de monitoreo.

En la figura 2.15 se ilustra la mediana de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de NO₂ entre 1990 y 2002 en las estaciones históricas. Las concentraciones mensuales más altas en todas las estaciones se presentaron entre noviembre y febrero, siendo la estación Merced la que registró los promedios más elevados en todo el año, salvo por los meses de septiembre y octubre.

El promedio de concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1990 al 2002 en las cinco estaciones históricas se muestra en la figura 2.16. En todas las estaciones se observan distribuciones bimodales, siendo el pico de las 9:00 a las 12:00 horas más pronunciado y el segundo, más suave, presentándose de las 19:00 a las 22:00 horas. También destaca la estación Merced por registrar los promedios más elevados de las concentraciones por hora para los años 1993 y 1994.

Valores fuera de la norma de dióxido de nitrógeno

El cuadro 2.10 presenta las horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de dióxido de nitrógeno (0.21 ppm, concentración que no se debe rebasar más de una hora una vez por año, NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) por estación de monitoreo y por año. Se observa que en 1996 en las cinco estaciones históricas se registró el mayor número de horas con concentraciones que excedieron el valor normado (figura 2.17), Asimismo en la figura se aprecia una tendencia decreciente de horas al año en que se rebasa el valor de la norma; no obstante, en el año 1996 se registró en todas las estaciones un incremento en los valores por arriba de la norma horaria.

En forma complementaria, se muestran en el cuadro 2.11 los días con concentraciones de dióxido de nitrógeno superiores al valor de la norma, por mes y por año en la ZMVM. Consistentemente con la información de las concentraciones promedio por mes, se observa que el valor de la norma se excede con más frecuencia en la época de secas, que coincide con los meses más fríos del año: enero, febrero y diciembre, mientras que junio se ha mantenido sin exceder el valor normado. Cabe resaltar que durante los años 2001 y 2002 no se ha rebasado la norma de NO₂.

La figura 2.18 muestra los días por año en que se excede el límite normado en las cinco estaciones históricas de monitoreo de la ZMVM de 1990 a 2002. Se observa la similitud entre las gráficas de horas y la gráfica de días en que se excede el valor de la norma horaria, en términos espaciales (estaciones) y temporales (1990-2002).

Concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno

El cuadro 2.12 muestra que las concentraciones diarias máximas de NO₂ de alguna de las cinco estaciones se presentaron en 1996 (0.393 ppm) seguidas de aquellas de 1990 (0.383 ppm). El percentil 50 (mediana) muestra en general una tendencia decreciente con algunos picos entre los años de este periodo, pero sin rebasar las 0.12 ppm. En la figura 2.19 se observa la tendencia histórica de las concentraciones máximas diarias de las cinco estaciones de monitoreo referidas; es notoria la disminución de las concentraciones diarias a partir de 2001.

Por último, la figura 2.20 ilustra, en forma similar a la figura anterior, la distribución de las concentraciones diarias para cada una de las cinco estaciones de monitoreo, se destacan la estación Merced en 1990 y Xalostoc en 1996 por registrar las concentraciones más elevadas. Se observa que las distribuciones anuales con el rango de valores más amplio se presentan en Tlalnepantla y Merced en todos los años, lo que significa que son las estaciones que registran el mayor número de valores altos.

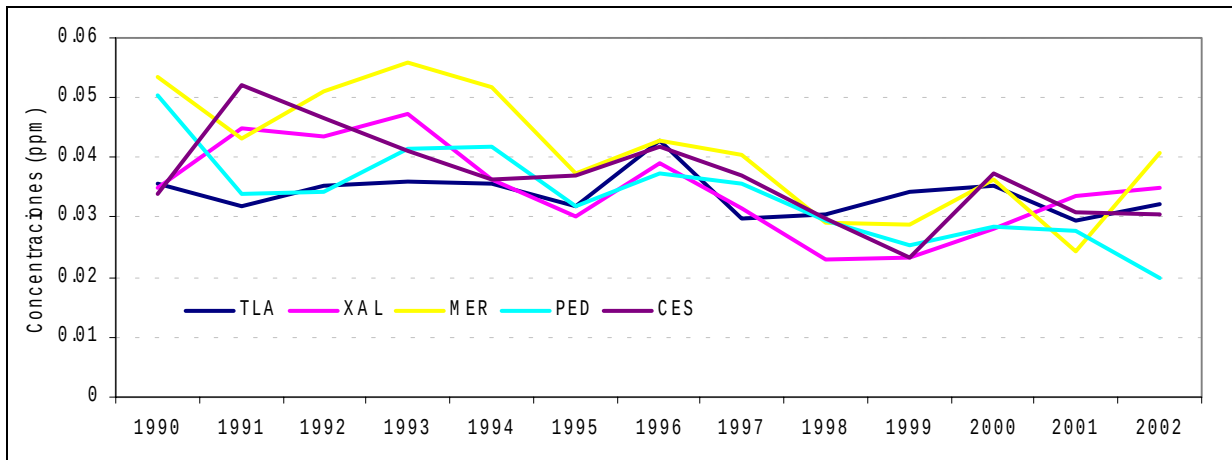
Cuadro 2.9. Promedio anual de concentraciones horarias de NO₂ en la ZMVM, 1990-2002

Zona	Estación	Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Noroeste	TAC	ppm	ND	ND	ND	0.043	0.042	0.024	0.033	0.022	0.032	0.024	0.033	0.029	0.028	0.028
		µ/m³	ND	ND	ND	81	78	46	62	41	61	45	63	54	52	53
	EAC	ppm	ND	ND	0.034	0.036	0.032	0.029	0.042	0.03	0.022	0.027	0.021	0.027	0.022	0.027
		µ/m³	ND	ND	64	67	60	54	80	56	41	51	40	51	41	51
	AZC	ppm	ND	ND	ND	ND	0.053	0.034	0.035	0.027	0.029	0.024	0.034	0.026	0.025	0.023
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	100	63	67	50	55	46	63	50	46	43
	TLA	ppm	0.036	0.032	0.035	0.036	0.036	0.032	0.043	0.03	0.031	0.034	0.035	0.029	0.032	0.032
		µ/m³	67	60	66	68	67	60	81	56	57	65	66	55	61	60
	TLI	ppm	ND	ND	ND	0.039	0.028	0.024	0.031	0.025	0.023	0.019	0.027	0.019	0.021	0.031
		µ/m³	ND	ND	ND	74	52	45	59	46	44	36	51	36	40	58
	ATI	ppm	ND	ND	ND	0.055	0.031	0.028	0.037	0.028	0.023	0.02	0.013	0.019	0.014	0.037
		µ/m³	ND	ND	ND	103	58	52	69	53	44	37	25	35	27	69
Noreste	SAG	ppm	ND	ND	0.015	0.033	0.024	0.021	0.022	0.036	0.025	0.024	0.038	0.023	0.022	0.029
		µ/m³	ND	ND	27	61	45	40	42	67	46	45	71	42	41	54
	XAL	ppm	0.035	0.045	0.044	0.047	0.036	0.03	0.039	0.031	0.023	0.023	0.028	0.034	0.035	0.034
		µ/m³	66	84	82	89	68	57	73	59	43	44	53	63	65	64
	VIF	ppm	ND	ND	ND	0.036	0.029	0.023	0.025	0.029	0.015	0.013	0.013	0.015	0.016	0.037
		µ/m³	ND	ND	ND	67	54	44	47	54	28	24	24	29	29	69
Centro	LAG	ppm	ND	ND	ND	ND	0.033	0.034	0.032	0.03	0.046	0.032	0.034	0.031	0.032	0.035
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	61	63	60	57	86	59	63	58	60	65
	MER	ppm	0.053	0.043	0.051	0.056	0.052	0.037	0.043	0.041	0.029	0.029	0.036	0.024	0.041	0.024
		µ/m³	100	81	96	105	98	70	81	76	55	54	69	46	77	45
	HAN	ppm	ND	ND	0.069	0.042	0.049	0.028	0.039	0.038	0.037	0.028	0.037	0.037	0.036	0.022
		µ/m³	ND	ND	129	79	91	53	74	71	69	53	69	69	68	41
	BJU	ppm	ND	ND	0.089	0.038	0.035	0.046	0.04	0.037	0.027	0.038	0.029	0.021	0.032	0.015
		µ/m³	ND	ND	167	71	65	87	75	70	51	72	55	39	60	29
Suroeste	SUR	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.031	0.026	0.031	0.025
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	58	50	59	47
	PED	ppm	0.05	0.034	0.034	0.042	0.042	0.032	0.037	0.036	0.029	0.025	0.028	0.028	0.02	0.032
		µ/m³	95	64	65	78	79	60	70	67	55	47	53	52	37	60
	PLA	ppm	ND	ND	ND	ND	0.037	0.024	0.036	0.042	0.021	0.023	0.028	0.016	0.026	0.028
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	70	46	67	79	39	44	53	30	49	53
Sureste	CES	ppm	0.034	0.052	0.047	0.041	0.036	0.037	0.042	0.037	0.03	0.023	0.037	0.031	0.031	0.028
		µ/m³	64	98	88	77	68	70	79	70	56	44	70	58	57	53
	UIZ	ppm	ND	ND	ND	ND	0.037	0.027	0.029	0.024	0.03	0.03	0.027	0.023	0.03	0.039
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	70	50	54	45	57	56	51	43	56	74
	TAX	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.04	0.045	0.041	0.044	0.039	0.035	0.035	0.039	0
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	ND	75	85	78	83	74	67	67	74	72
	TAH	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.033	0.044	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0
		µ/m³	ND	ND	ND	ND	ND	61	83	ND	ND	ND	ND	ND	ND	58

ND: Información no disponible.

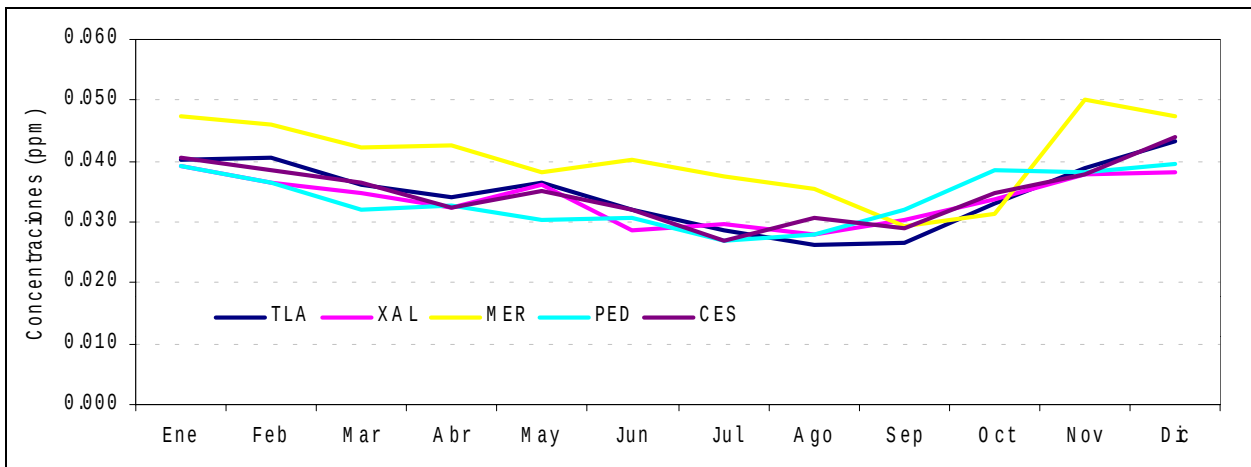
* Mediana de los promedios anuales de 1995 a 2002.

Figura 2.14. Promedio anual de concentraciones horarias de NO₂ en cinco estaciones de monitoreo* en la ZMVM, 1990-2002



* Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

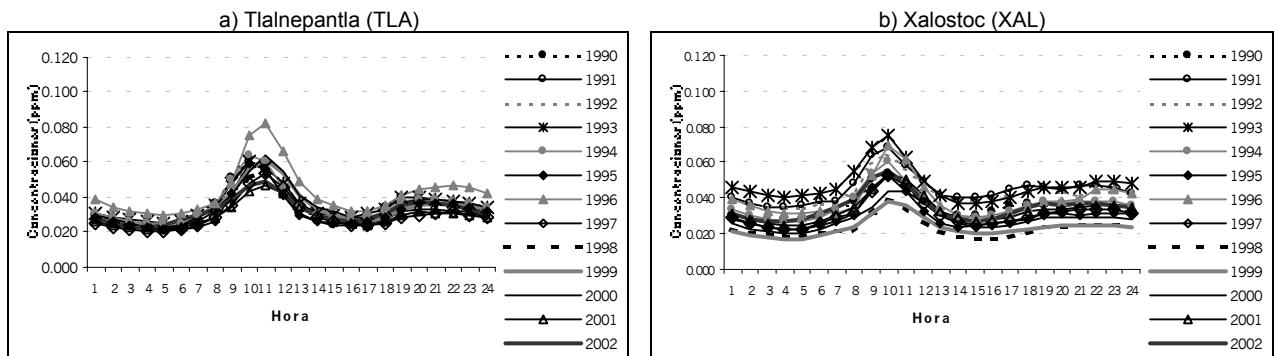
Figura 2.15. Tendencias mensuales(medianas)* de las concentraciones horarias de NO₂ en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002



*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1990-2002.

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.16. Concentraciones horarias promedio de NO₂ en cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



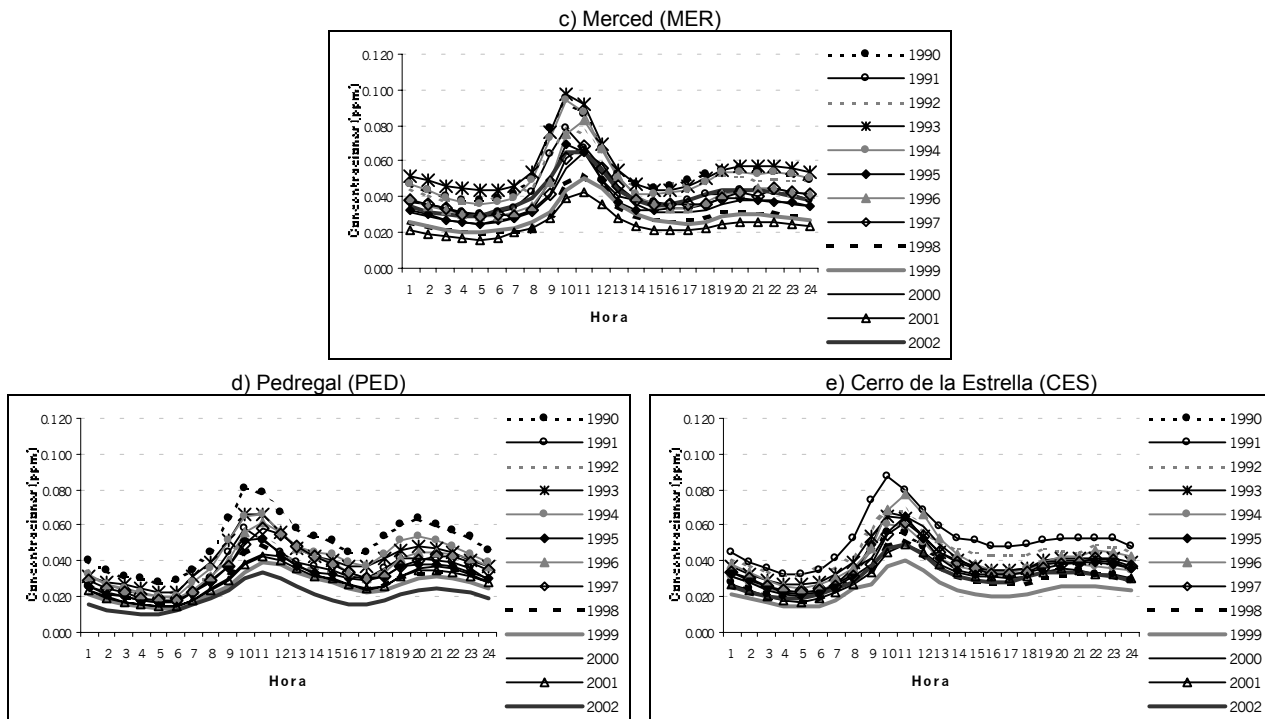
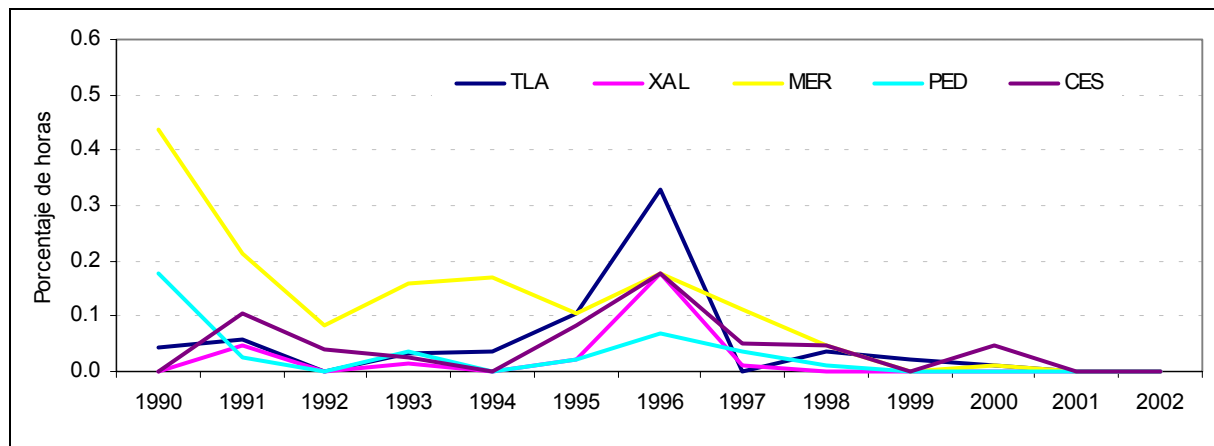


Figura 2.17. Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO_2^* en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002



* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Cuadro 2.10. Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂* por estación de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002

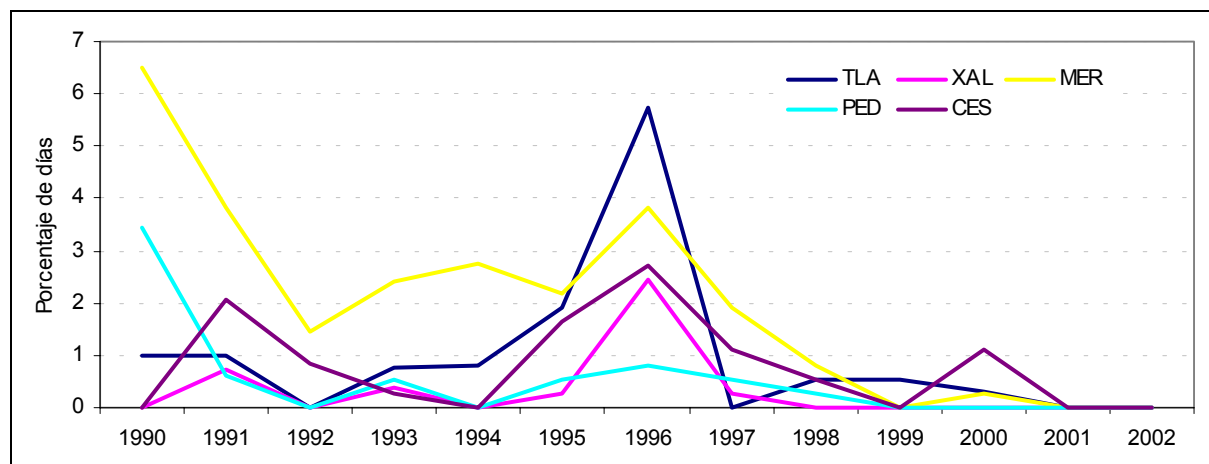
Zona	Estación		Año												
			1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Noroeste	TAC	%	ND	ND	ND	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	25	16	4	14	3	21	1	2	1	0
	EAC	%	ND	ND	0.0	0.1	0.1	0.2	1.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	0	5	8	14	86	6	9	15	0	0	0
	AZC	%	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	2.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	0	1	16	4	5	2	10	0	0
	TLA	%	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	3	4	0	2	3	9	28	0	3	2	1	0	0
	TLI	%	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	ATI	%	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0
Noreste	SAG	%	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
		No.	ND	ND	0	0	0	0	1	1	0	1	8	0	0
	XAL	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	0	3	0	1	0	2	15	1	0	0	0	0	0
	VIF	%	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro	LAG	%	ND	ND	ND	ND	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	0	8	3	0	9	0	5	0	0
	MER	%	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	31	9	6	12	14	9	15	9	4	0	1	0	0
	HAN	%	ND	ND	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	0	2	10	3	3	11	5	0	2	0	0
	BJU	%	ND	ND	0.7	0.0	0.0	0.3	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	1	0	1	21	43	5	4	1	0	0	0
Suroeste	SUR	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0
	PED	%	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	13	2	0	3	0	2	6	3	1	0	0	0	0
	PLA	%	ND	ND	ND	ND	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	0	11	26	15	3	0	4	0	0
Sureste	CES	%	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	0	7	3	2	0	7	15	4	4	0	4	0	0
	UIZ	%	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	0	1	0	0	2	0	0	0	0
	TAX	%	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	2	8	1	8	0	4	0	0
	TAH	%	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	0	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Promedio cinco estaciones**		%	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ND: Información no disponible.

* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** Promedio de los porcentajes de las estaciones Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.18. Días (%) en que se excede el valor de la norma de NO₂* en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002



* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Cuadro 2.11. Días en que se excede el valor de la norma horaria de NO₂* por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1990	%	45.2	17.9	12.9	6.7	3.2	0.0	0.0	3.2	3.4	0.0	6.7	6.5	8.9
	No.	14	5	4	2	1	0	0	1	1	0	2	2	32
1991	%	6.5	0.0	28.6	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	6.7	3.2	9.1	9.7	5.4
	No.	2	0	8	0	1	0	0	0	2	1	2	3	19
1992	%	0.0	3.6	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	12.9	2.2
	No.	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	4	8
1993	%	3.2	3.6	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	12.9	3.3
	No.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	4	12
1994	%	6.5	0.0	6.5	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	3.2	3.6
	No.	2	0	2	6	0	0	0	0	0	0	2	1	13
1995	%	9.7	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	16.7	25.8	5.2
	No.	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	8	19
1996	%	45.2	24.1	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	23.3	16.1	11.2
	No.	14	7	6	0	0	0	0	0	0	2	7	5	41
1997	%	0.0	0.0	9.7	0.0	6.5	0.0	6.5	0.0	0.0	6.5	6.7	6.5	3.6
	No.	0	0	3	0	2	0	2	0	0	2	2	2	13
1998	%	0.0	14.3	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	No.	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
1999	%	3.2	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
	No.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2000	%	9.7	3.4	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	1.6
	No.	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

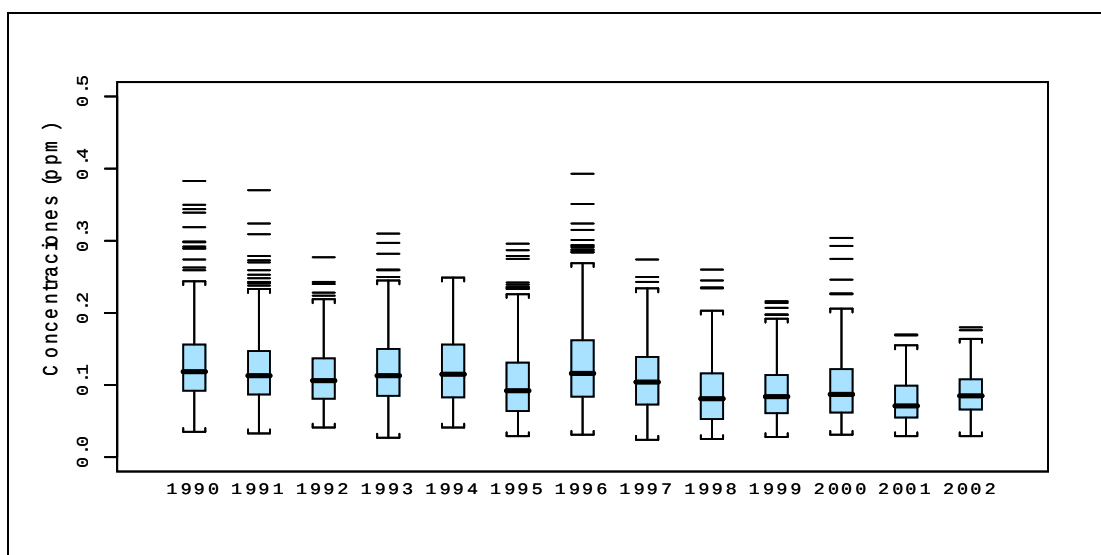
* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Cuadro 2.12. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de NO₂ de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002

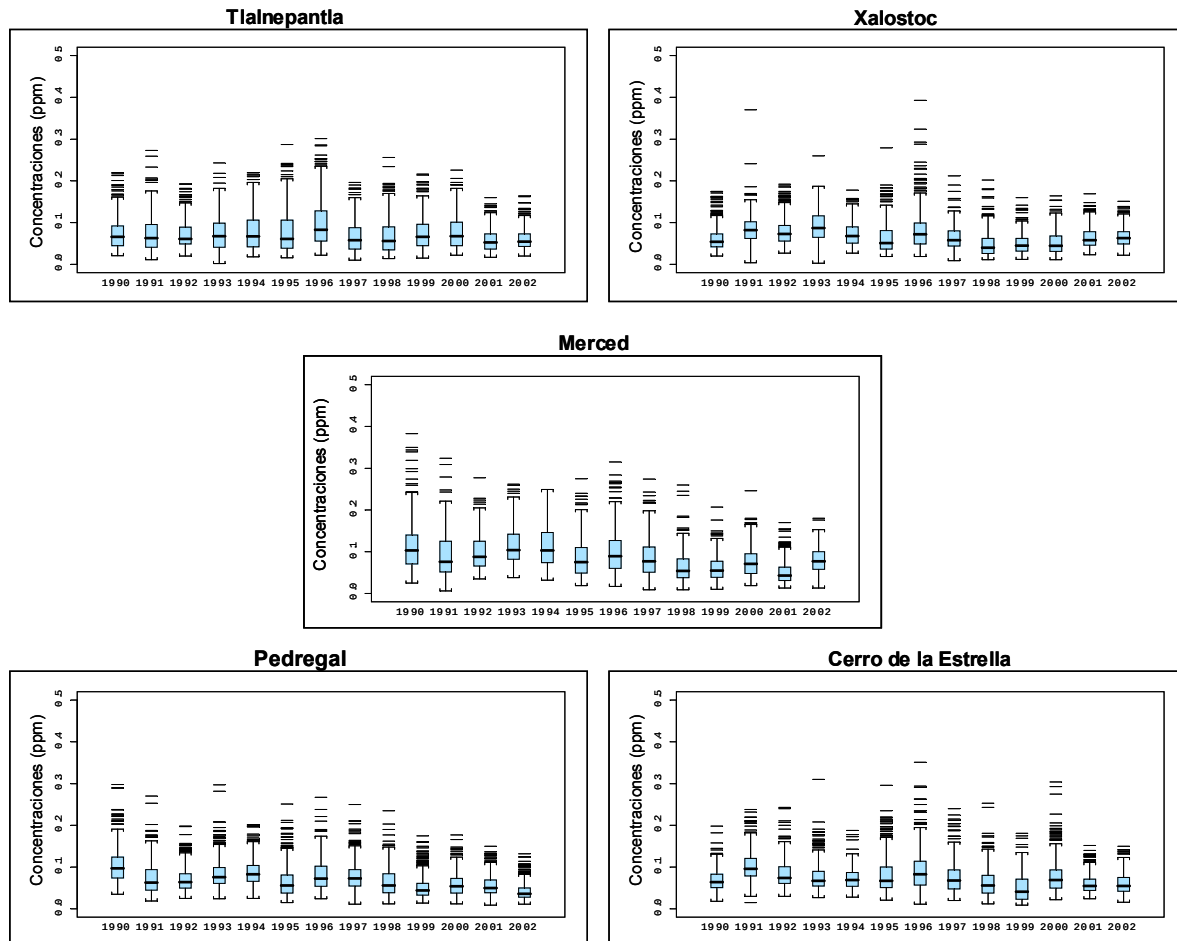
Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	0.130	0.123	0.114	0.121	0.122	0.104	0.129	0.110	0.089	0.091	0.097	0.078	0.088
Desviación Estándar	0.057	0.050	0.041	0.047	0.047	0.053	0.063	0.047	0.044	0.039	0.045	0.029	0.029
Mínimo	0.035	0.033	0.041	0.027	0.041	0.029	0.031	0.024	0.025	0.028	0.031	0.029	0.029
Máximo	0.383	0.370	0.277	0.310	0.249	0.296	0.393	0.274	0.260	0.216	0.304	0.170	0.180
Percentil	10	0.068	0.070	0.067	0.068	0.065	0.050	0.062	0.054	0.041	0.045	0.044	0.051
	20	0.084	0.083	0.076	0.079	0.079	0.060	0.074	0.067	0.050	0.056	0.053	0.061
	30	0.098	0.093	0.085	0.092	0.090	0.070	0.091	0.082	0.058	0.065	0.058	0.069
	40	0.108	0.102	0.098	0.103	0.103	0.080	0.102	0.091	0.068	0.075	0.064	0.077
	50	0.119	0.113	0.106	0.113	0.115	0.092	0.116	0.104	0.081	0.084	0.071	0.085
	60	0.131	0.125	0.118	0.126	0.130	0.102	0.132	0.117	0.096	0.100	0.078	0.094
	70	0.145	0.140	0.131	0.142	0.149	0.118	0.152	0.131	0.110	0.106	0.091	0.103
	80	0.173	0.155	0.145	0.159	0.165	0.147	0.179	0.148	0.123	0.126	0.107	0.114
	90	0.208	0.188	0.173	0.185	0.190	0.184	0.217	0.177	0.146	0.145	0.121	0.127
	95	0.227	0.214	0.198	0.200	0.206	0.212	0.250	0.196	0.172	0.177	0.130	0.139
	99	0.292	0.253	0.210	0.242	0.219	0.235	0.290	0.217	0.191	0.182	0.141	0.148
Total de días con datos	358	351	365	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365

*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubieran presentado en Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.19. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de NO₂ de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002

*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubieran presentado en Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.20. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de NO₂ en cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo I-E: Valores fuera de la norma horaria de NO₂ (número y porcentaje de horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMVM, 1990-2002

Anexo I-F: Días en que se excede la norma horaria de NO₂ por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002.

Anexo I-G: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones (ppm) diarias de NO₂ para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMVM, 1990-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de NO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Porcentaje y número de horas con información de NO₂ por año y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de horas con información de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.

Ozono (O₃)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 2.13 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de ozono de 1990 a 2002 en cada una de las 20 estaciones que monitorean este contaminante y como complemento en la figura 2.21 se muestra el comportamiento de los promedios anuales para las estaciones históricas, se observa que los valores más elevados se presentaron en 1991 y 1992 con una tendencia decreciente en los años posteriores en las estaciones históricas, aunque en el 2002 se aprecia, para la estación Pedregal, un ligero incremento. Igualmente se observa que la mediana de los promedios anuales de 1993 a 2002 para las cinco estaciones seleccionadas ubica a la estación Pedregal con la concentración más elevada (0.044 ppm), seguida por Tlalnepantla y Cerro de la Estrella (0.035 ppm), Merced (0.034 ppm) y Xalostoc (0.030 ppm).

En la figura 2.22 se ilustra el comportamiento de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de ozono en las estaciones referidas, en todas, las concentraciones mensuales más elevadas se presentaron en el mes de mayo; asimismo se observa que la estación Pedregal registró las medianas más elevadas en todos los meses del año.

En la figura 2.23 se presentan las concentraciones horarias promedio, en las cinco estaciones históricas, se observa una distribución unimodal en el comportamiento diario del contaminante, entre 1990 y 1994 se presentan las concentraciones promedio horarias más elevadas, entre las 11:00 a las 15:00 horas, en tanto que a partir de 1995 (año en el que se empezó a aplicar el horario de verano) éstas se registraron de las 12:00 a las 16:00 horas. Asimismo cabe mencionar que los valores más altos se alcanzaron durante todo el periodo en la estación Pedregal, al suroeste de la zona metropolitana; en cambio, los promedios más bajos se registraron en la estación Xalostoc, al noreste de la misma.

Valores fuera de la norma de ozono

En el cuadro 2.14 se muestra el porcentaje y número de horas por año y por estación de monitoreo con concentraciones de ozono superiores a la norma horaria de calidad del aire (0.11 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002). En éste cuadro y en la figura 2.24 se observa que 1991 fue el año con mayor número de horas con concentraciones por encima de la norma horaria, a partir de ese año se presenta una tendencia decreciente hasta el 2001, año que registró el menor número de valores por arriba de la norma en las cinco estaciones históricas. También es notorio que a través de los años en la estación Pedregal se excedió la norma horaria con mayor frecuencia; de hecho, sólo en esta estación se incrementan las concentraciones que exceden el límite permisible del 5.5% al 10% del 2001 al 2002.

El cuadro 2.15 presenta el número de días y los porcentajes en que se excede la norma horaria de ozono por mes y por año de las estaciones históricas. Se observa que desde 1994 el mes de mayo registra consistentemente el mayor porcentaje de días con concentraciones superiores a la norma de ozono. Asimismo, 1991 fue el año con el mayor número de días en que se excedió este valor normado representando el 96.6% de los días, en cambio, el año 2001 constituye dentro de los últimos tres años, el que registra el menor porcentaje de días en que se excede la norma.

Como complemento al cuadro anterior, la figura 2.25 muestra el porcentaje de días por año en que se excede la norma horaria de 0.11 ppm de ozono en las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMVM, de 1990 a 2002. A partir de 1992-1993 se presenta una disminución en el número de días en que se rebasa la norma. Sin embargo, también se observa que para la estación Pedregal, los días en que se excede el valor de norma se mantienen estables hasta el año 2000, año en que se presenta un brusco descenso, seguido de un incremento en el año 2002.

Con respecto a la nueva norma anual (Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002) que establece un límite máximo

de 0.08 ppm para el quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas, en el cuadro 2.16 y la figura 2.26 se observa su incumplimiento en todas la estaciones durante todo el periodo analizado.

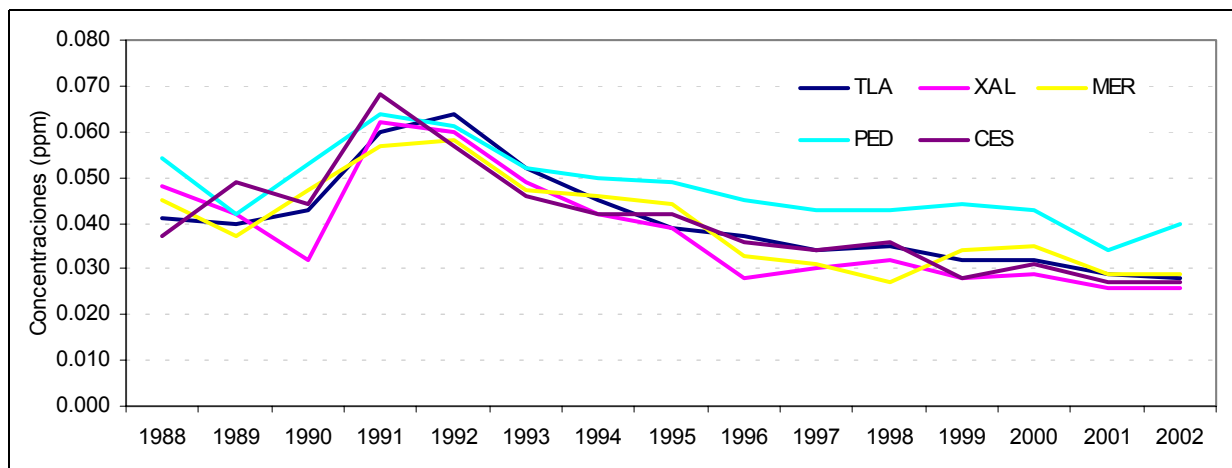
Concentraciones diarias de ozono

En el cuadro 2.17 se presentan la estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de ozono de las cinco estaciones de monitoreo históricas, se observa que en 1991 se registraron las concentraciones diarias máximas con una tendencia decreciente de 1994 al 2001 y un ligero repunte en el año 2002.

Como complemento al cuadro anterior, en la figura 2.27 se muestra la distribución de las concentraciones diarias máximas de las cinco estaciones históricas. Los valores más elevados se presentaron en los años 1990, 1991 y 1992 con valores por arriba de los 0.4 ppm; destaca el año 2001 como el año con los registros de concentraciones máximas diarias más bajas; de hecho, en cuanto a ozono se refiere, el año 2001 se considera como el más limpio del periodo 1990-2002 en la ZMVM.

Por último, la figura 2.28 ilustra la distribución de las concentraciones diarias para cada una de las cinco estaciones históricas. Las estaciones Pedregal y Merced registraron los mayores máximos horarios diarios, en tanto que las estaciones Tlalnepantla, Xalostoc y Cerro de la Estrella presentaron medianas por debajo de 0.150 ppm durante todo el periodo 1990-2002; de hecho, en el periodo comprendido de 1995 a 2002, la mediana no rebasa el valor de la norma horaria (0.11 ppm) en Tlalnepantla y Xalostoc y de 1999 a 2002 en Cerro de la Estrella. Cabe destacar el patrón casi igual entre la gráfica de la estación Pedregal (figura 2.28) con la de los picos de las cinco estaciones (figura 2.27), lo que refleja el que en esta estación generalmente se registran los valores más altos de las estaciones de la ZMVM.

Figura 2.21. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en cinco estaciones de monitoreo* de la ZMVM, 1990-2002



* Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES)

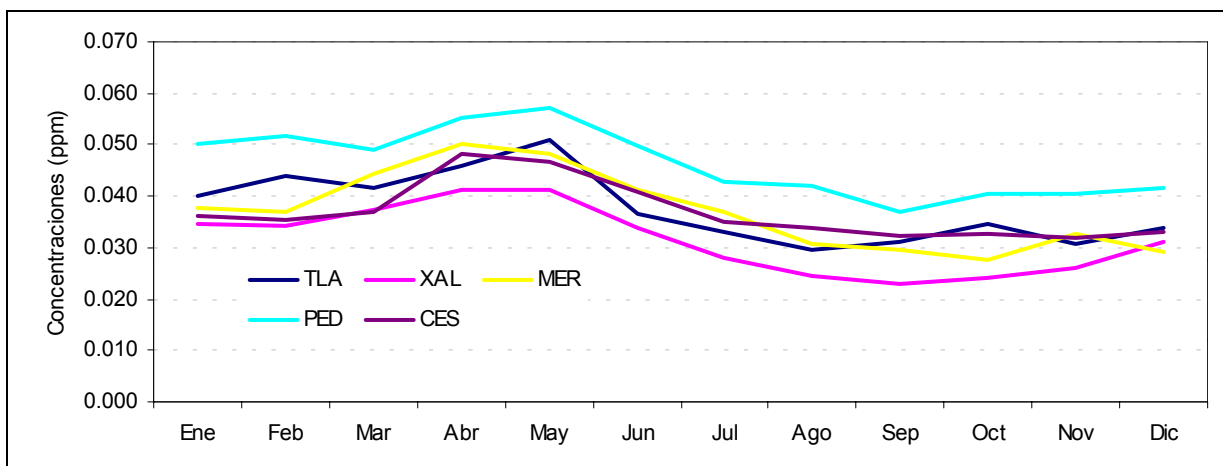
Cuadro 2.13. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en la ZMVM, 1990-2002

Zona	Estación	Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Noroeste	TAC	ppm	ND	ND	ND	0.038	0.048	0.051	0.042	0.042	0.043	0.034	0.039	0.036	0.034	0.041
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	ND	75	94	100	82	82	84	67	77	71	67	79
	EAC	ppm	0.043	0.060	0.063	0.053	0.047	0.045	0.041	0.042	0.037	0.038	0.038	0.033	0.035	0.040
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	84	118	124	104	92	88	80	82	73	75	75	65	69	77
	AZC	ppm	0.036	0.073	0.061	0.059	0.046	0.044	0.042	0.033	0.033	0.037	0.037	0.036	0.033	0.037
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	71	143	120	116	90	86	82	65	65	73	73	71	65	73
	TLA	ppm	0.043	0.060	0.064	0.052	0.045	0.039	0.037	0.034	0.035	0.032	0.032	0.029	0.028	0.035
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	84	118	126	102	88	77	73	67	69	63	63	57	55	68
Noreste	SAG	ppm	0.030	0.033	0.050	0.045	0.039	0.044	0.031	0.029	0.042	0.031	0.034	0.033	0.032	0.034
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	59	65	98	88	77	86	61	57	82	61	67	65	63	66
	XAL	ppm	0.032	0.062	0.060	0.049	0.042	0.039	0.028	0.030	0.032	0.028	0.029	0.026	0.026	0.030
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	63	122	118	96	82	77	55	59	63	55	57	51	51	58
	CHA	ppm	ND	ND	ND	0.057	0.046	0.048	0.039	0.033	0.027	0.032	0.035	0.032	0.033	0.034
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	ND	112	90	94	77	65	53	63	69	63	65	67
	LAG	ppm	0.029	0.043	0.056	0.049	0.047	0.048	0.041	0.034	0.037	0.028	0.033	0.029	0.028	0.036
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	57	84	110	96	92	94	80	67	73	55	65	57	55	70
Centro	MER	ppm	0.047	0.057	0.058	0.047	0.046	0.044	0.033	0.031	0.027	0.034	0.035	0.029	0.029	0.034
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	92	112	114	92	90	86	65	61	53	67	69	57	57	66
	HAN	ppm	0.040	0.061	0.067	0.044	0.039	0.041	0.035	0.032	0.034	0.032	0.031	0.027	0.028	0.034
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	78	120	131	86	77	80	69	63	67	63	61	53	55	67
	BJU	ppm	ND	ND	0.054	0.027	0.044	0.051	0.043	0.038	0.033	0.029	0.038	0.033	0.031	0.037
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	106	53	86	100	84	75	65	57	75	65	61	72
	SUR	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.039	0.039	0.037	0.039
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	77	77	73	77
Suroeste	PED	ppm	0.053	0.064	0.061	0.052	0.050	0.049	0.045	0.043	0.043	0.044	0.043	0.034	0.040	0.044
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	104	126	120	102	98	96	88	84	84	86	84	67	78	87
	PLA	ppm	0.049	0.067	0.065	0.047	0.048	0.043	0.043	0.035	0.038	0.041	0.039	0.036	0.033	0.040
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	131	128	92	94	84	84	69	75	80	77	71	65	79
	CUA	ppm	ND	ND	ND	0.082	0.055	0.050	0.053	0.040	0.038	0.037	0.050	0.046	0.042	0.048
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	ND	161	108	98	104	78	75	73	98	90	82	94
	TPN	ppm	ND	ND	ND	0.069	0.056	0.053	0.054	0.058	0.051	0.044	0.052	0.042	0.043	0.053
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	ND	135	110	104	106	114	100	86	102	82	84	103
Sureste	CES	ppm	0.044	0.068	0.057	0.046	0.042	0.042	0.036	0.034	0.036	0.028	0.031	0.027	0.027	0.035
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	86	133	112	90	82	82	71	67	71	55	61	53	53	69
	UIZ	ppm	0.045	0.053	0.053	0.049	0.049	0.049	0.040	0.041	0.042	0.036	0.038	0.032	0.025	0.041
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	88	104	104	96	96	96	78	80	82	71	75	63	49	79
	TAX	ppm	ND	ND	0.021	0.038	0.039	0.048	0.039	0.033	0.031	0.031	0.029	0.026	0.025	0.034
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	41	75	77	94	77	65	61	61	57	51	49	66
	TAH	ppm	ND	ND	ND	0.056	0.048	0.047	0.050	0.049	0.046	0.041	0.042	0.043	0.040	0.046
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND	ND	ND	110	94	92	98	96	90	80	82	84	78	91

ND: Información no disponible.

*Se utilizaron las medianas de los promedios anuales del periodo 1993 a 2002.

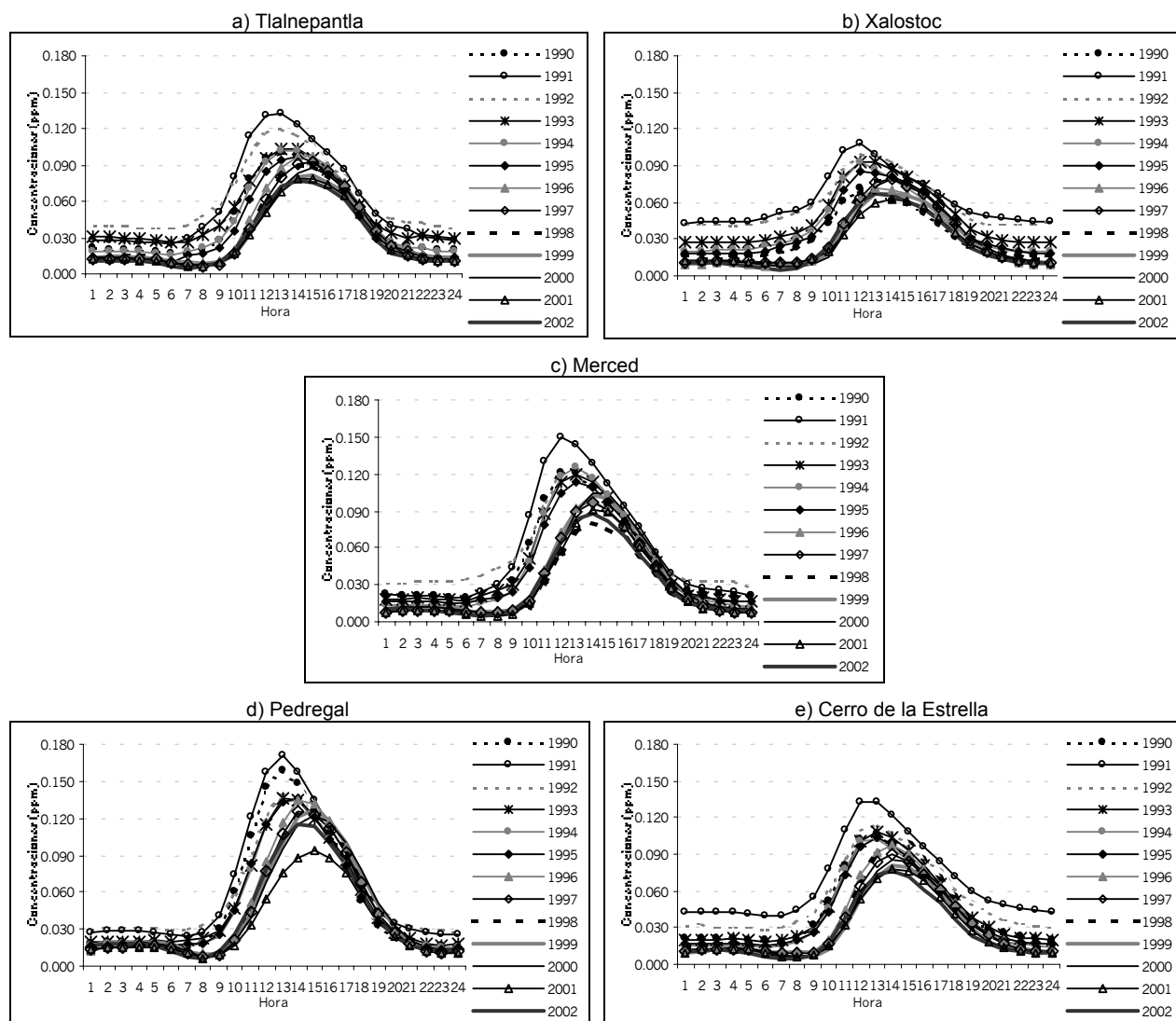
Figura 2.22. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de ozono en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002



*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1990-2002

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.23. Concentraciones horarias promedio de ozono en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1990-2002



Cuadro 2.14. Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002

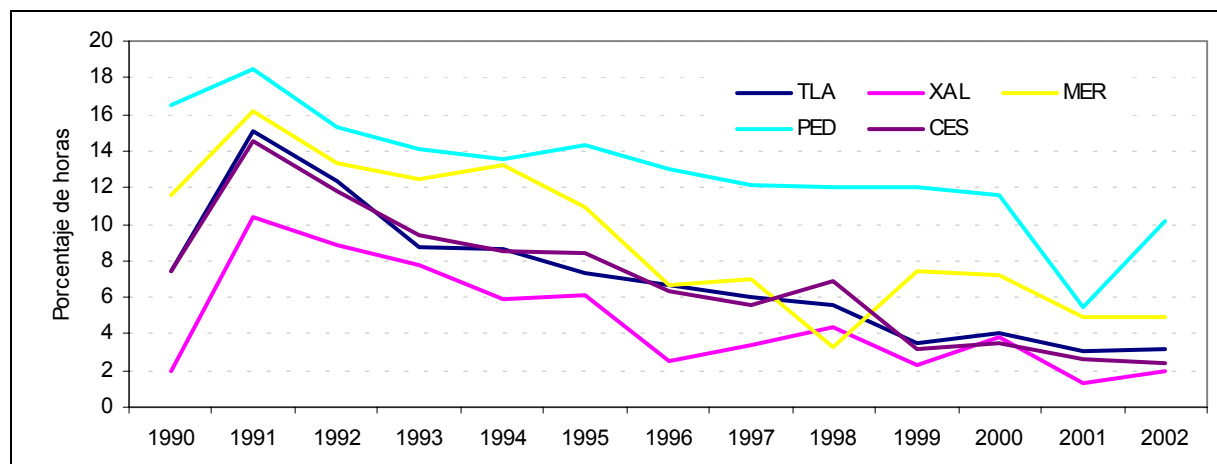
Zona	Estación		Año												
			1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Noroeste	TAC	%	ND	ND	ND	10.0	12.3	13.7	11.0	10.8	11.4	6.0	9.2	6.7	7.1
		No.	ND	ND	ND	429	1022	1156	928	857	988	526	807	563	413
	EAC	%	10.5	15.3	13.1	11.0	11.0	9.5	8.8	9.0	7.3	6.9	5.9	4.0	5.0
		No.	319	910	763	690	922	790	690	730	632	548	422	328	279
	AZC	%	7.2	15.2	14.1	14.6	12.0	9.9	9.3	5.5	5.5	7.8	7.7	6.6	6.8
		No.	413	422	997	896	1027	751	772	475	479	685	657	567	389
Noreste	TLA	%	7.4	15.1	12.3	8.8	8.6	7.3	6.7	6.0	5.5	3.5	4.1	3.1	3.1
		No.	590	1048	744	642	697	622	568	510	470	310	330	264	174
	SAG	%	1.4	1.4	4.9	3.5	3.2	5.3	2.0	2.1	6.2	2.1	3.2	2.6	3.7
		No.	68	48	268	218	268	434	170	172	533	188	274	219	171
	XAL	%	2.0	10.3	8.8	7.8	5.9	6.2	2.5	3.4	4.4	2.3	3.8	1.3	2.0
		No.	151	634	598	530	486	529	216	295	376	201	326	108	110
Centro	CHA	%	ND	ND	ND	9.6	4.2	5.3	2.5	2.0	1.0	0.9	1.2	0.8	0.8
		No.	ND	ND	ND	50	230	294	137	110	80	75	103	64	39
	LAG	%	4.9	7.0	5.8	11.9	13.2	12.7	9.4	8.2	10.0	4.1	6.8	5.2	5.0
		No.	160	429	337	844	1102	1000	752	697	875	362	576	446	284
	MER	%	11.6	16.2	13.3	12.4	13.2	10.9	6.7	7.0	3.3	7.5	7.2	4.9	4.9
		No.	851	1013	872	918	1085	908	564	593	287	654	610	419	274
Suroeste	HAN	%	8.1	13.4	13.8	9.4	7.9	8.3	6.9	5.8	5.8	4.9	5.1	3.5	3.7
		No.	458	930	909	706	636	697	587	483	497	432	422	293	188
	BJU	%	ND	ND	14.2	2.5	10.2	14.8	11.2	10.6	7.5	4.6	10.4	7.3	6.7
		No.	ND	ND	165	187	839	1183	832	902	657	393	867	618	375
	SUR	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11.44	9.5	9.8
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	444	723	546
Sureste	PED	%	16.6	18.4	15.3	14.1	13.6	14.3	13.0	12.1	12.1	12.1	11.6	5.5	10.1
		No.	1307	1417	1075	1127	1132	1233	1124	1012	1052	1057	1006	464	578
	PLA	%	14.2	19.1	16.2	13.2	14.6	9.6	12.0	7.8	9.3	10.7	9.7	7.7	6.6
		No.	965	1375	1111	973	1219	815	1039	661	810	938	813	659	372
	CUA	%	ND	ND	ND	27.2	13.6	11.5	12.6	6.4	5.3	4.8	9.9	7.6	7.4
		No.	ND	ND	ND	155	768	782	740	353	443	417	769	608	414
Promedio cinco Estaciones**	TPN	%	ND	ND	ND	18.9	14.3	13.1	13.0	15.1	11.6	8.2	11.5	7.2	8.4
		No.	ND	ND	ND	107	806	867	758	829	978	717	930	554	400
	CES	%	7.4	14.6	11.8	9.4	8.6	8.4	6.4	5.6	6.9	3.2	3.5	2.6	2.4
		No.	527	1071	808	630	692	706	541	448	602	280	303	220	135
	UIZ	%	10.5	11.7	12.3	11.3	11.8	11.3	7.1	8.1	10.0	6.8	8.3	5.5	1.0
		No.	469	665	585	806	913	957	527	594	869	599	672	471	60
	TAX	%	ND	ND	0.0	8.2	8.0	10.7	8.4	6.2	5.0	5.4	4.4	3.1	2.2
		No.	ND	ND	0	472	602	864	652	503	430	471	379	256	123
	TAH	%	ND	ND	ND	11.6	7.3	8.3	9.4	8.4	7.4	5.4	7.0	5.3	5.0
		No.	ND	ND	ND	73	411	576	565	464	626	476	594	445	273
	Promedio cinco Estaciones**		%	9.0	14.9	12.7	11.7	10.7	9.9	7.6	6.7	6.4	6.6	4.2	5.2

ND: Información no disponible.

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Promedio de los porcentajes de las estaciones Tlalhepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal y Cerro de la Estrella.

Figura 2.24. Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

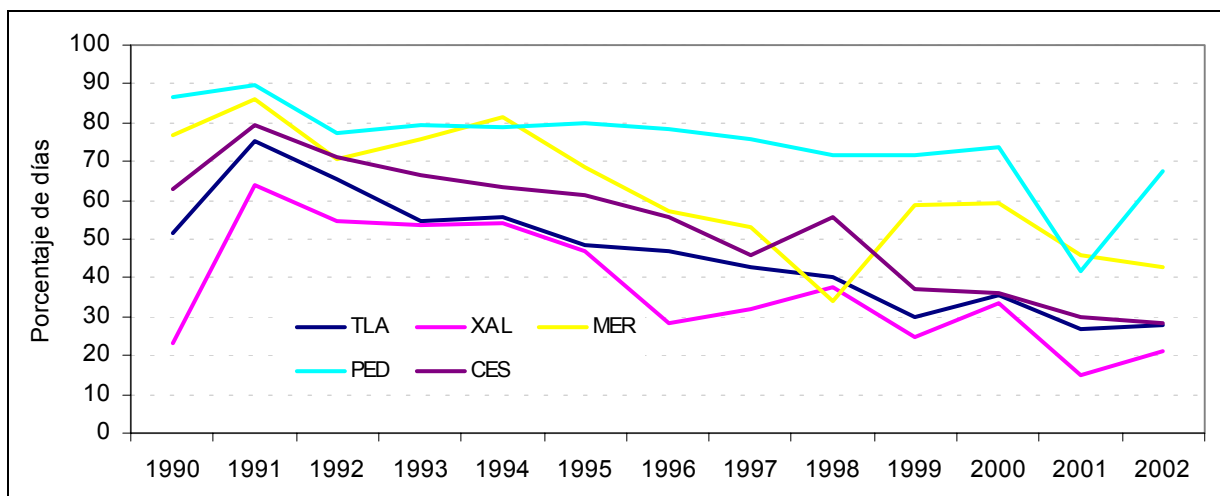
Cuadro 2.15. Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002

Año		Mes												Anual
		Ene		Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1990	%	93.5	92.9	93.5	100.0	96.8	90.0	90.3	90.3	79.3	80.6	86.7	96.8	90.9
	No.	29	26	29	30	30	27	28	28	23	25	26	30	331
1991	%	96.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	90.3	95.5	93.5	96.6	
	No.	30	28	28	27	31	30	31	31	25	28	21	29	339
1992	%	71.0	89.3	100.0	93.3	96.8	83.3	100.0	100.0	73.3	71.0	96.7	90.3	88.8
	No.	22	25	31	28	30	25	31	31	22	22	29	28	324
1993	%	96.8	96.4	87.1	93.3	96.8	73.3	80.6	77.4	56.7	77.4	90.0	100.0	85.5
	No.	30	27	27	28	30	22	25	24	17	24	27	31	312
1994	%	96.8	92.9	93.5	93.3	100.0	96.7	87.1	80.6	86.7	87.1	90.0	96.8	91.8
	No.	30	26	29	28	31	29	27	25	26	27	27	30	335
1995	%	93.5	96.4	96.8	96.7	100.0	93.3	67.7	80.6	76.7	77.4	86.7	71.0	86.3
	No.	29	27	30	29	31	28	21	25	23	24	26	22	315
1996	%	93.5	96.6	83.9	80.0	100.0	70.0	83.9	77.4	86.7	71.0	86.7	87.1	84.7
	No.	29	28	26	24	31	21	26	24	26	22	26	27	310
1997	%	74.2	85.7	93.5	63.3	96.8	90.0	93.5	90.3	86.7	77.4	76.7	67.7	83.0
	No.	23	24	29	19	30	27	29	28	26	24	23	21	303
1998	%	83.9	67.9	74.2	83.3	100.0	96.7	77.4	83.9	80.0	48.4	80.0	93.5	80.8
	No.	26	19	23	25	31	29	24	26	24	15	24	29	295
1999	%	80.6	89.3	90.3	90.0	100.0	80.0	67.7	90.3	36.7	58.1	70.0	58.1	75.9
	No.	25	25	28	27	31	24	21	28	11	18	21	18	277
2000	%	87.1	89.7	87.1	93.3	90.3	76.7	90.3	67.7	63.3	87.1	86.7	61.3	81.7
	No.	27	26	27	28	28	23	28	21	19	27	26	19	299
2001	%	80.6	78.6	58.1	83.3	64.5	66.7	67.7	61.3	40.0	67.7	46.7	61.3	64.7
	No.	25	22	18	25	20	20	21	19	12	21	14	19	236
2002	%	77.4	67.9	80.6	93.3	93.5	83.3	71.0	83.9	63.3	83.9	50.0	58.1	75.6
	No.	24	19	25	28	29	25	22	26	19	26	15	18	276

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.25. Días (%) en que se excede el valor de la norma de ozono* en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) o Cerro de la Estrella (CES).

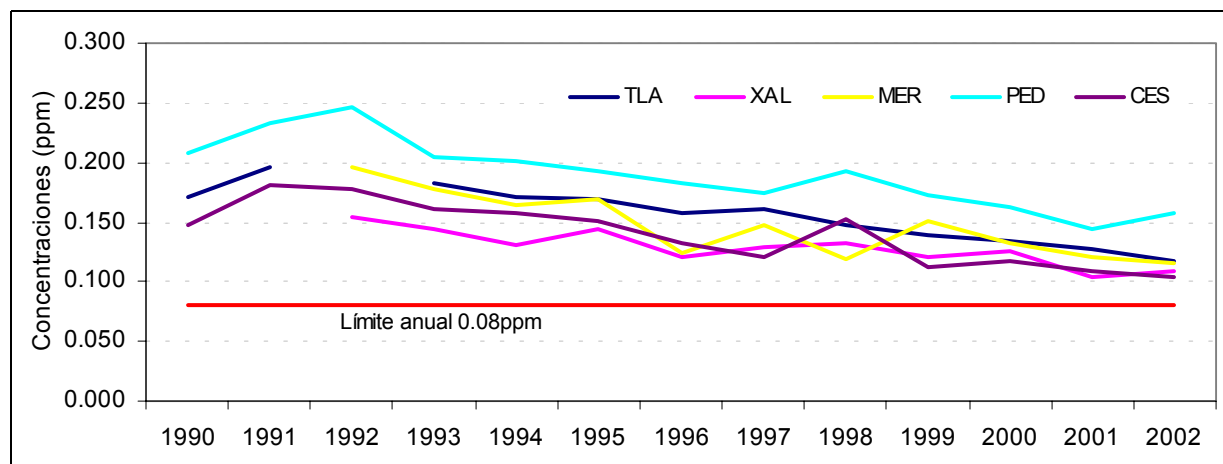
Cuadro 2.16. Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas* en la ZMVM, 1990-2002

Zona	Estación	Año												
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
		Concentración de ozono (ppm)												
Noroeste	TAC	SM	SM	SM	DI	0.181	0.202	0.187	0.191	0.177	0.16	0.15	0.144	0.146
	EAC	DI	DI	DI	DI	0.18	0.178	0.175	0.185	0.172	0.167	0.142	0.142	0.134
	AZC	DI	DI	0.197	DI	0.184	0.181	0.176	0.181	0.161	0.166	0.15	0.157	0.139
	TLA	0.171	0.197	DI	0.183	0.171	0.169	0.158	0.161	0.148	0.14	0.134	0.127	0.118
Noreste	SAG	DI	DI	DI	DI	0.122	0.138	0.115	0.118	0.142	0.126	0.121	0.12	0.115
	XAL	0.113	DI	0.155	0.144	0.131	0.143	0.121	0.129	0.133	0.12	0.126	0.104	0.109
	CHA	SM	SM	SM	DI	DI	DI	DI	DI	0.102	0.105	0.110	0.097	0.095
Centro	LAG	DI	DI	DI	0.181	0.168	0.168	0.158	0.156	0.165	0.133	0.135	0.131	0.125
	MER	0.183	DI	0.196	0.178	0.164	0.169	0.125	0.148	0.118	0.152	0.133	0.121	0.115
	HAN	DI	0.179	0.185	0.156	0.139	0.147	0.135	0.135	0.138	0.127	0.131	0.114	0.11
	BJU	SM	SM	DI	0.124	0.174	0.183	0.177	0.164	0.146	0.147	0.146	0.145	0.131
Suroeste	SUR	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	DI	0.155	0.148
	PED	0.207	0.233	0.247	0.205	0.201	0.193	0.183	0.175	0.192	0.172	0.162	0.144	0.158
	PLA	0.192	0.237	0.236	0.202	0.193	0.187	0.176	0.158	0.176	0.17	0.154	0.148	0.147
	CUA	SM	SM	SM	DI	DI	0.159	DI	DI	0.161	0.145	0.165	0.159	0.147
	TPN	SM	SM	SM	DI	DI	0.162	DI	DI	0.178	0.162	0.169	0.139	0.142
Sureste	CES	0.147	0.181	0.178	0.161	0.158	0.151	0.133	0.121	0.153	0.112	0.117	0.109	0.105
	UIZ	DI	DI	DI	0.164	0.156	0.165	0.144	DI	0.163	0.139	0.137	0.141	0.109
	TAX	SM	SM	SM	DI	DI	0.155	0.140	0.129	0.128	0.129	0.122	0.115	0.106
	TAH	SM	SM	SM	DI	DI	DI	DI	DI	0.157	0.136	0.139	0.130	0.125

SM = Sin medición; DI = Datos insuficientes

*Una estación cumple con la norma anual cuando cuenta con más del 75% de datos válidos durante el año y el valor del quinto máximo anual sea menor o igual a 0.08ppm (promedio móvil de 8 horas)

Figura 2.26. Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas* para ozono (ppm) en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002



*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

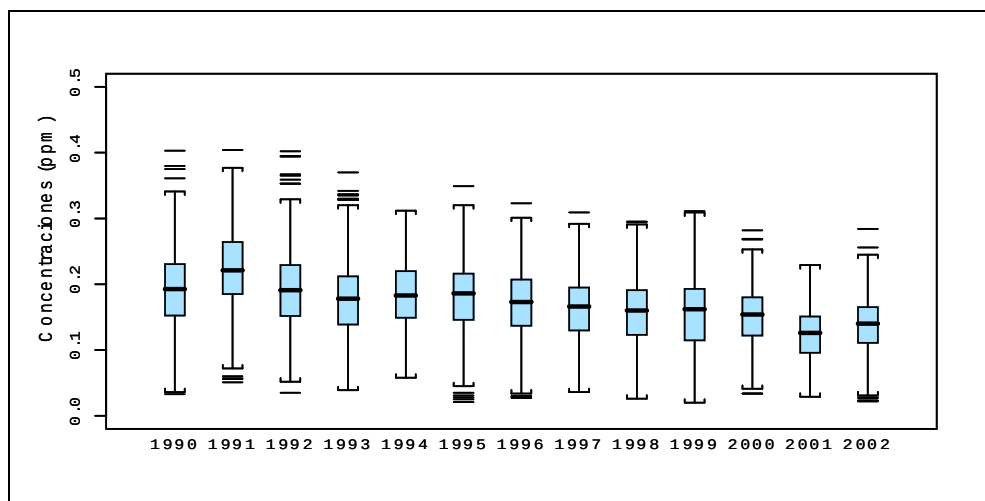
** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Cuadro 2.17. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de ozono de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	0.194	0.224	0.191	0.176	0.183	0.178	0.169	0.161	0.157	0.154	0.150	0.125	0.137
Desviación estándar	0.062	0.063	0.064	0.059	0.050	0.058	0.055	0.052	0.054	0.057	0.045	0.041	0.047
Mínimo	0.033	0.051	0.035	0.039	0.058	0.021	0.027	0.036	0.026	0.020	0.034	0.029	0.022
Máximo	0.403	0.404	0.402	0.370	0.312	0.349	0.323	0.309	0.295	0.311	0.282	0.229	0.284
Percentil	10	0.118	0.149	0.104	0.099	0.116	0.098	0.091	0.088	0.086	0.067	0.0895	0.072
	20	0.144	0.177	0.138	0.126	0.144	0.132	0.125	0.122	0.113	0.105	0.115	0.102
	30	0.161	0.191	0.161	0.150	0.158	0.157	0.146	0.140	0.130	0.130	0.13	0.103
	40	0.178	0.208	0.178	0.164	0.169	0.170	0.159	0.150	0.147	0.147	0.142	0.116
	50	0.193	0.221	0.191	0.178	0.183	0.186	0.173	0.166	0.160	0.162	0.154	0.126
	60	0.207	0.239	0.207	0.190	0.195	0.197	0.186	0.176	0.172	0.175	0.162	0.137
	70	0.221	0.254	0.221	0.206	0.211	0.209	0.200	0.189	0.183	0.188	0.174	0.147
	80	0.244	0.279	0.238	0.222	0.226	0.225	0.218	0.204	0.200	0.201	0.188	0.159
	90	0.273	0.306	0.268	0.249	0.248	0.246	0.234	0.227	0.230	0.222	0.207	0.181
	95	0.301	0.330	0.286	0.269	0.275	0.264	0.254	0.242	0.247	0.234	0.218	0.194
	98	0.318	0.349	0.346	0.317	0.282	0.290	0.276	0.262	0.264	0.253	0.237	0.205
Total de días con datos	364	351	365	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365

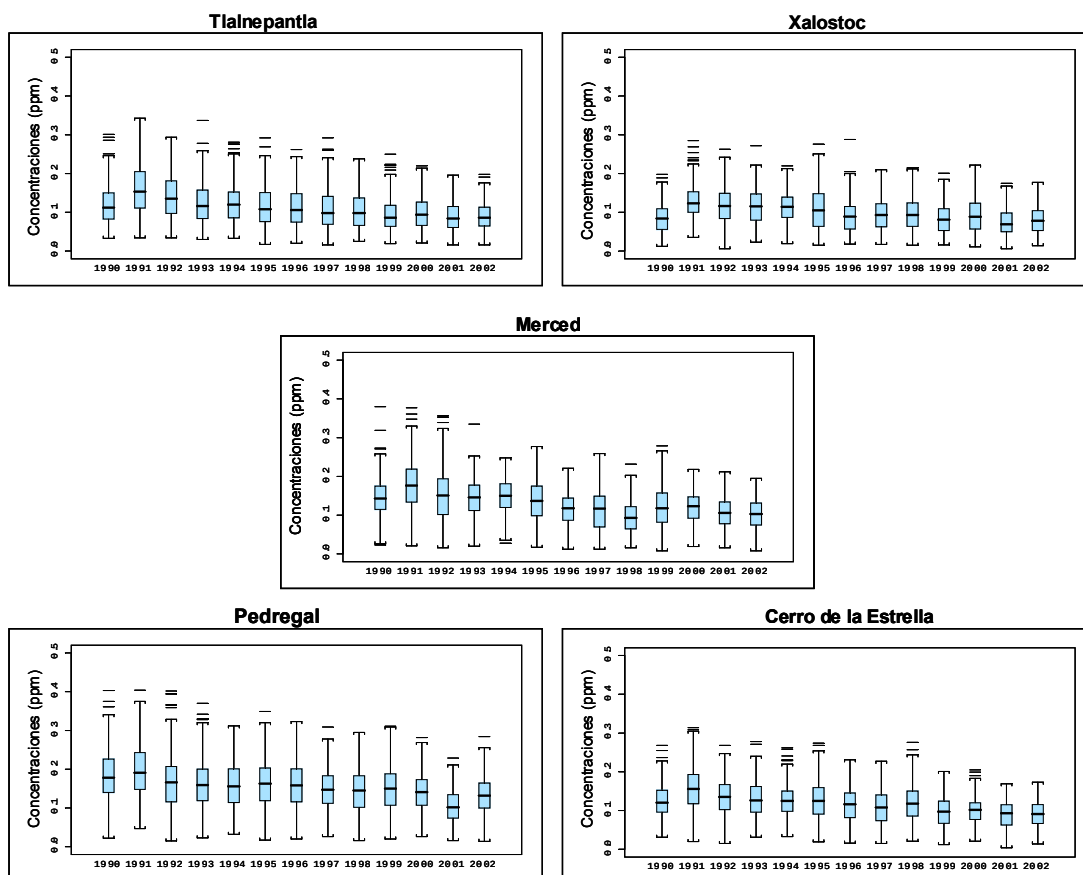
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubiera presentado en Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.27. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de ozono de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubiera presentado en Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.28. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de ozono en cinco estaciones de monitoreo* en la ZMVM, 1990-2002



Información en el disco compacto

En la parte de anexos de el disco compacto se incluye la siguiente información:

Anexo I-H: Valores fuera de la norma horaria de ozono (número y porcentaje de horas) por estación de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002.

Anexo I-I: Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002.

Anexo I-J: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de ozono para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas en la ZMVM, 1990-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de ozono por hora y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de 11:00 a 19:00 horas de ozono por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con al menos 1,2,3,...,10 horas consecutivas en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Porcentaje y número de horas con información de ozono por año y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de horas con información de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.

Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

Dentro del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México se realizan mediciones de PM₁₀ por medio de la RAMA y de la REDMA. En la RAMA se dan a conocer desde 1995 y se emplean: el método de microbalanza oscilatoria (Tapered Element Oscillating, TEOM, por sus siglas en inglés) y el muestreador de partículas por atenuación de radiación beta (BETA), con los que se obtienen todos los días registros horarios de PM₁₀. En cambio, la REDMA emplea desde 1986 muestreadores de alto volumen (conocidos como muestreadores HI-VOL) para obtener, cada seis días, muestras integradas de 24 horas de PM₁₀. Dado que la información que se obtiene con ambos tipos de equipos es complementaria¹, por su resolución temporal y por la extensión de las series históricas, se presentan los resultados obtenidos de ambos tipos de muestreos.

Equipo automático

Tendencias mensuales y horarias

La figura 2.29 ilustra el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en las estaciones históricas de la ZMVM de 1995 a 2002. Las concentraciones mensuales más elevadas se presentaron en los dos primeros y los dos últimos meses (época fría y seca), siendo la estación Xalostoc la que registró los promedios más elevados en todos los meses del año.

En la figura 2.30 se muestran las concentraciones promedio por hora y por año en las cinco estaciones históricas. Se observa una distribución bimodal en el comportamiento diario del contaminante, siendo los periodos del día con las concentraciones promedio horarias más elevadas de las 8:00 a las 11:00 y de las 17:00 a las 21:00 horas en la mayoría de las estaciones. Estos periodos coinciden con las horas pico, lo que permite suponer que entre las principales fuentes de emisión de este contaminante se encuentran los vehículos automotores. Se observa también que la estación Xalostoc registró valores por arriba de los 200 µg/m³ a las 9:00 de la mañana en 1996; en cambio en la estación Pedregal las concentraciones se han mantenido más o menos constantes de 1996 al 2002 y por debajo de los 100 µg/m³.

Valores fuera de la norma de PM₁₀

En el cuadro 2.18 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en las estaciones de monitoreo de la ZMVM. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales desde 1995, observándose que los valores más altos correspondieron a las estaciones Xalostoc y Netzahualcóyotl con 88 y 87 µg/m³, respectivamente. Con relación a las cinco estaciones históricas cabe resaltar que en todas las estaciones y durante todo el periodo analizado, salvo en Pedregal, se rebasa la norma anual de 50 µg/m³, como media aritmética anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) (figura 2.31). Xalostoc ha sido históricamente la estación con las concentraciones más elevadas, alcanzando los 126 µg/m³ en 1996.

El cuadro 2.19 presenta el número y porcentaje de días con concentraciones de PM₁₀ superiores al valor de la norma diaria de 150 µg/m³, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), en las estaciones históricas. Se observa que en el año 1996 se presentó el número más elevado de días con valores por arriba del de la norma (135 días) y que durante los últimos años han disminuido considerablemente. También es evidente que en los meses invernales, que coinciden con la temporada de secas, ocurren predominantemente los días en que se rebasa el valor de la norma, mientras que de junio a septiembre, época de lluvias se registra el menor número de días con valores fuera de norma.

¹ El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) contempla el uso de la información de PM₁₀ obtenida con equipo automático para generar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) y la información de equipos de alto volumen para dar seguimiento al cumplimiento de la norma.

En la figura 2.32 se muestra el porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma diaria de PM_{10} en las cinco estaciones seleccionadas; es evidente la tendencia general a la disminución de días en que se excedió el límite permisible de $150 \mu g/m^3$, siendo la estación Xalostoc la única que rebasa el valor de la norma durante los últimos tres años.

Concentraciones diarias (24 horas) de PM_{10}

El cuadro 2.20 presenta las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas de PM_{10} de las cinco estaciones históricas, se observa que la concentración más elevada registrada en el periodo de descripción ocurrió en 1997 y la mediana (percentil 50) más elevada se presentó en 1996.

Como complemento al cuadro anterior la figura 2.33 presenta la tendencia histórica de los picos diarios obtenidos a partir de los promedios de 24 horas de PM_{10} de las cinco estaciones de monitoreo seleccionadas, las distribuciones de cada uno de los años indica una tendencia decreciente de estos valores en los últimos cuatro años (1999-2002) con respecto de los tres anteriores (1996-1998), presentándose, por ejemplo, en 1997 un valor superior a los $300 \mu g/m^3$.

La figura 2.34 ilustra la tendencia histórica de los promedios de 24 horas en cada una de las cinco estaciones. La estación Merced (zona centro) fue la que registró la concentración superior a los $300 \mu g/m^3$ que se menciona en el párrafo anterior, aunque es la zona norte en donde se registraron de manera consistente los promedios de 24 horas más elevados (la estación Xalostoc, seguida por Tlalnepantla).

Equipo manual

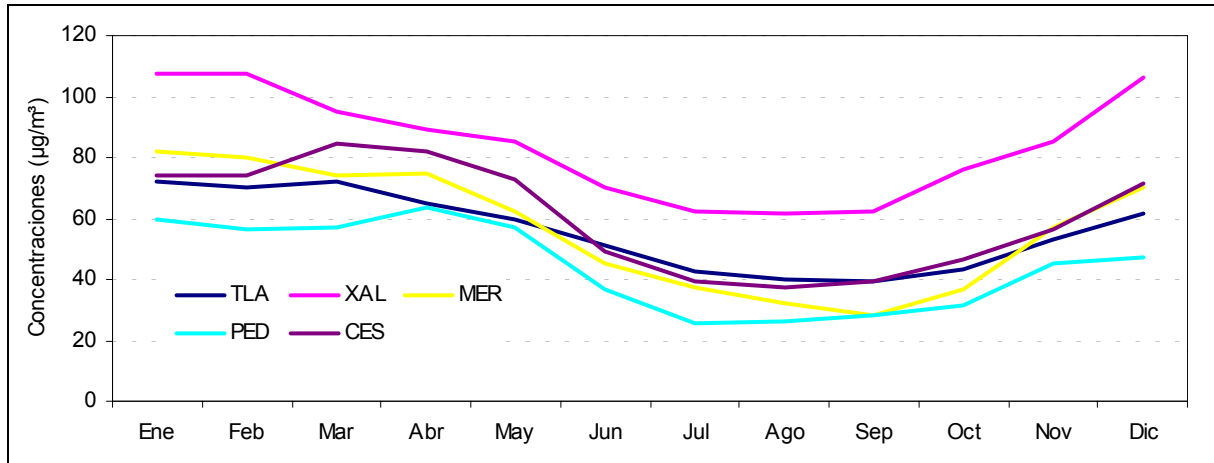
Valores fuera de la norma de PM_{10}

En el cuadro 2.21 se presentan el porcentaje y número de días que se excede al valor de la norma diaria de calidad del aire, por estación de monitoreo en la ZMVM. En forma similar, la figura 2.35 presenta el porcentaje de registros por arriba del valor de la norma para las cinco estaciones históricas. Destaca la estación Xalostoc por ser la que registra el mayor número de registros por arriba del valor normado en cada uno de los años. Cabe señalar la disminución de días en que se rebasa el valor de la norma, representando 54% en el año 1999 y de tan solo 5% en el 2002.

En lo que se refiere al límite anual de $50 \mu g/m^3$, se observa en el cuadro 2.22 y la figura 2.36 que al igual que en el caso anterior, la estación de monitoreo Xalostoc es la que presenta los valores más altos. También se observa que todas las estaciones rebasan el valor de la norma durante todo el periodo analizado, salvo la estación Pedregal, que no excede este valor en los últimos cuatro años y la estación Cerro de la Estrella, que no lo excede en una ocasión.

Equipo automático

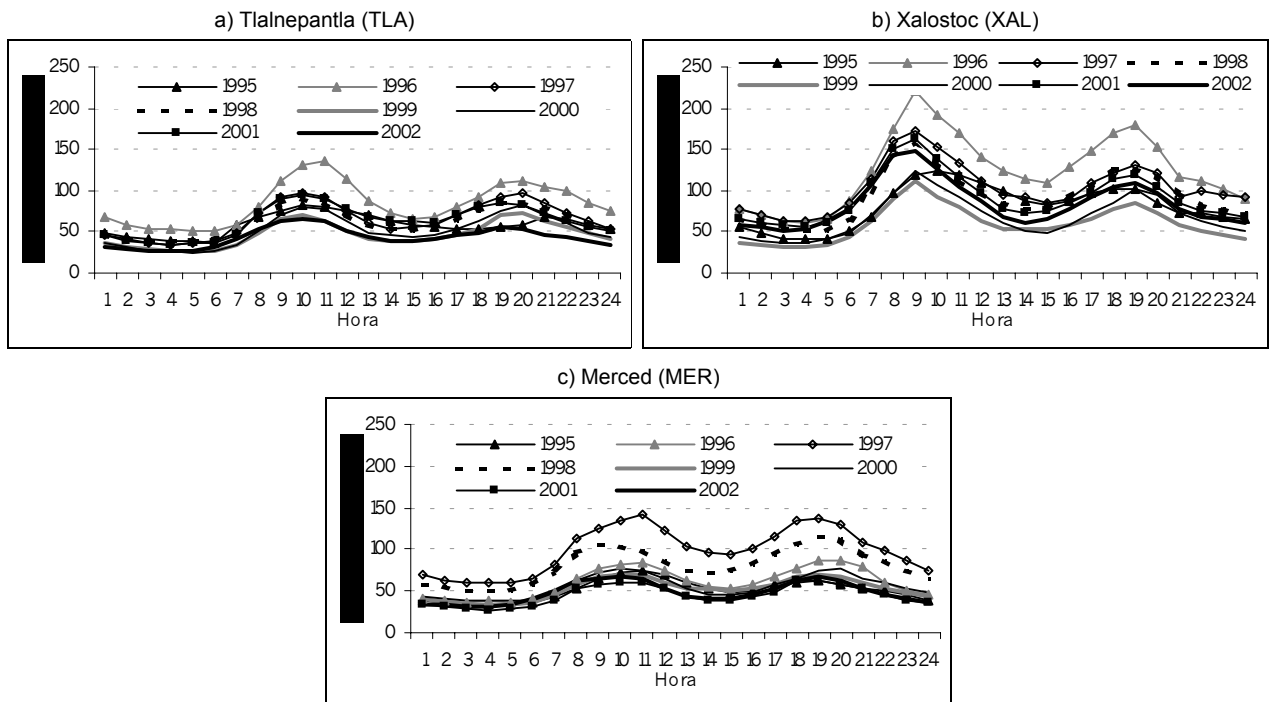
Figura 2.29. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1995-2002

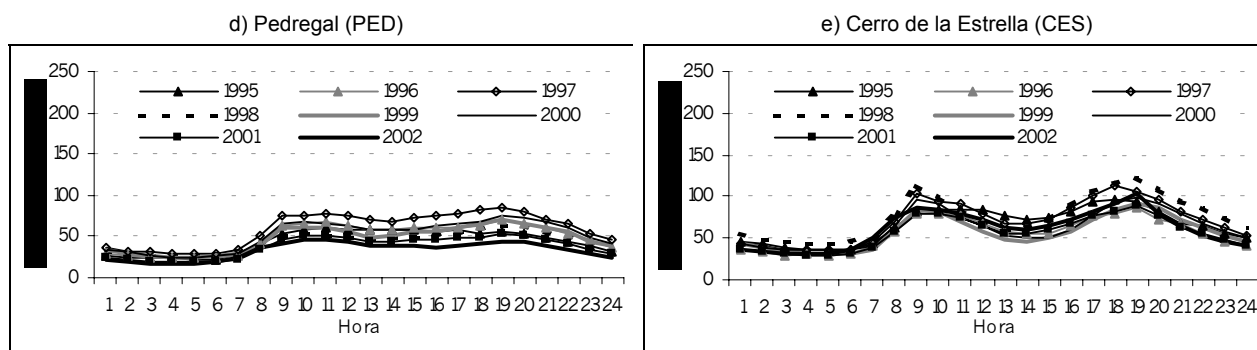


*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales de 1995 a 2002.

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.30. Concentraciones horarias promedio de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1995-2002





Cuadro 2.18. Promedio anual de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) horarias de PM_{10} en la ZMVM, 1995-2002

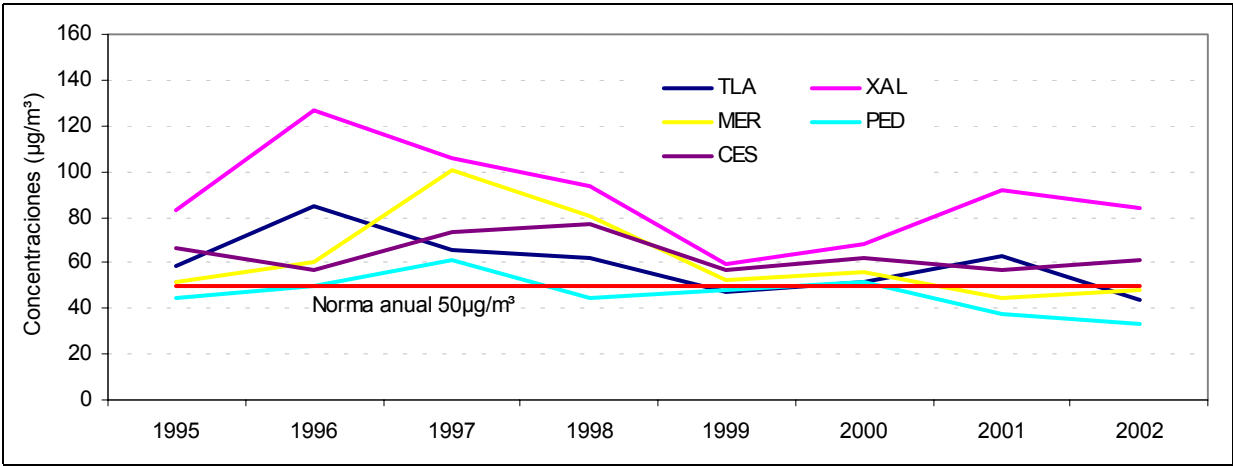
Zona	Estación	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Noroeste	ENEP Acatlán (EAC)	ND	ND	ND	ND	ND	42	46	44	44
	Tlalnepantla (TLA)	58	84	66	62	47	51	63	44	60
	Tultitlán (TLI)	59	73	60	61	43	49	42	53	56
Noreste	La Villa (LVI)	53	59	49	64	55	45	47	50	52
	San Agustín (SAG)	ND	ND	ND	ND	ND	48	52	49	49
	Xalostoc (XAL)	83	126	106	94	59	68	92	84	88
	Netzahualcóyotl (NET)	85	89	91	115	64	73	ND	ND	87
	Villa de las Flores (VIF)	57	64	68	51	44	51	56	81	57
Centro	Merced (MER)	52	61	100	81	53	56	44	48	55
	Hangares (HAN)	ND	ND	ND	ND	ND	49	46	50	49
Suroeste	Santa Ursula (SUR)	ND	ND	ND	ND	ND	45	40	40	40
	Pedregal (PED)	45	49	61	45	48	52	38	33	47
	Plateros (PLA)	ND	ND	ND	ND	ND	41	47	39	41
Sureste	Cerro de la Estrella (CES)	67	57	73	77	57	62	57	61	62
	Taxqueña (TAX)	ND	ND	ND	ND	ND	46	55	46	46
	Tlahuac (TAH)	53	68	65	61	45	59	43	44	56

ND: Información no disponible.

*Mediana de los promedios anuales de 1995 a 2002.

Nota: las celdas sombreadas representan concentraciones que rebasan la norma anual de PM_{10} , que es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 2.31. Promedio anual de concentraciones horarias* de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1995-2002



*La norma anual de PM₁₀ es igual a 50 µg/m³ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

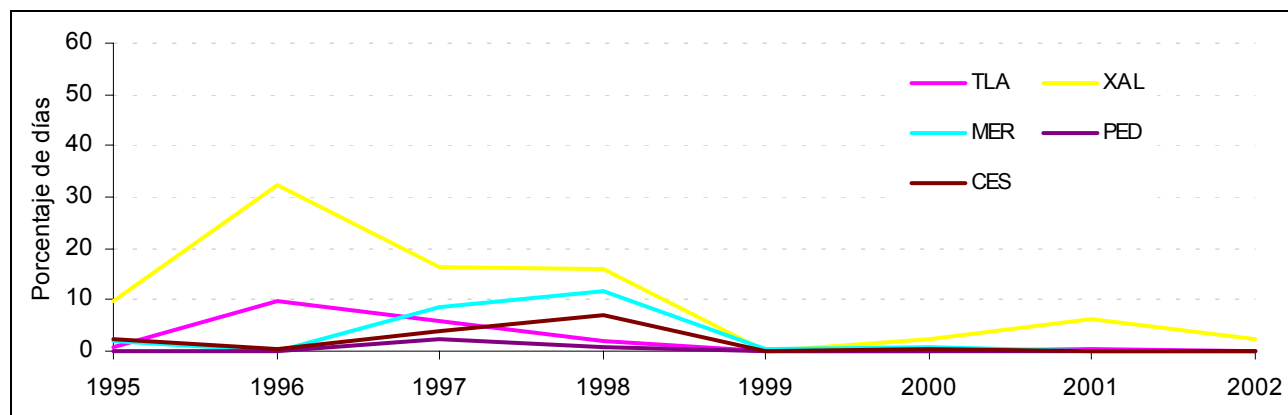
Cuadro 2.19. Días en que se excede el valor de la norma diaria de PM₁₀* por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1995-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1995	%	12.9	14.3	3.2	6.7	9.7	0.0	0.0	0.0	3.3	12.9	50.0	51.6	13.7
	No.	4	4	1	2	3	0	0	0	1	4	15	16	50
1996	%	83.9	69.0	54.8	50.0	58.1	40.0	22.6	0.0	0.0	3.2	30.0	32.3	36.9
	No.	26	20	17	15	18	12	7	0	0	1	9	10	135
1997	%	41.9	50.0	41.9	10.0	3.2	13.3	51.6	41.9	0.0	6.5	6.7	35.5	25.2
	No.	13	14	13	3	1	4	16	13	0	2	2	11	92
1998	%	29.0	71.4	54.8	50.0	67.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	23.0
	No.	9	20	17	15	21	1	0	0	0	0	0	1	84
1999	%	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2000	%	3.2	3.4	0.0	3.3	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4	2.7
	No.	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	6	10
2001	%	22.6	14.3	6.5	16.7	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	5.8
	No.	7	4	2	5	2	0	0	0	0	1	0	0	21
2002	%	6.5	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	12.9	2.2
	No.	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	8

* La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Máximo de los promedios de 24 horas de: Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.32. Días (%) en que se excede el valor de la norma de PM₁₀* en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1995-2002



* La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

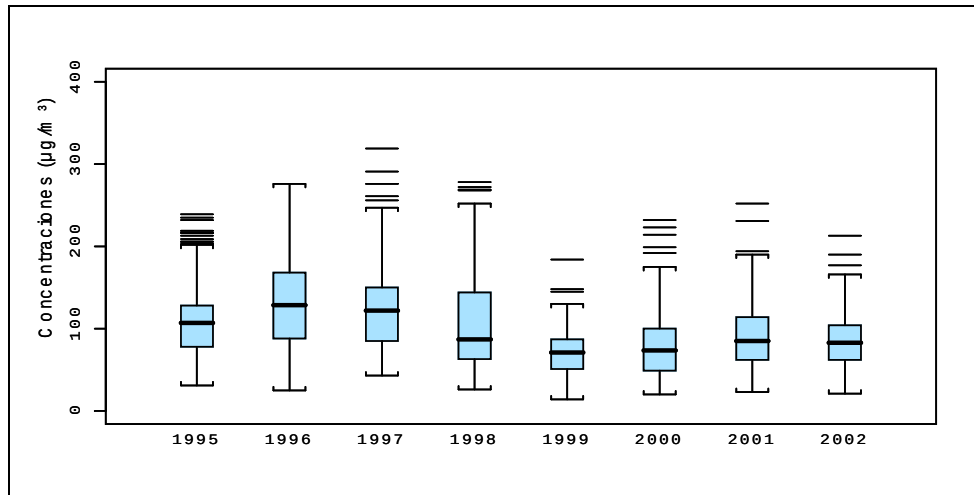
**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) o Cerro de la Estrella (CES).

Cuadro 2.20. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (µg/m³) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1995-2002

Año		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		108	130	123	105	70	77	90	85
Desviación Estándar		41	56	47	54	25	34	38	30
Mínimo		31	25	43	26	14	20	23	21
Máximo		239	276	319	278	184	232	252	213
Percentil	10	56	61	65	45	34	39	46	49
	20	70	78	79	59	43	46	56	58
	30	83	95	93	68	55	53	66	68
	40	97	109	109	77	65	61	76	75
	50	107	128	122	87	71	74	85	83
	60	115	145	135	114	79	86	95	88
	70	121	160	144	131	84	96	106	99
	80	139	176	163	157	90	103	122	109
	90	158	206	183	182	99	116	139	126
	95	190	226	202	198	106	131	153	133
	98	208	255	239	237	117	169	181	153
Total de días con datos		365	366	365	365	365	366	365	365

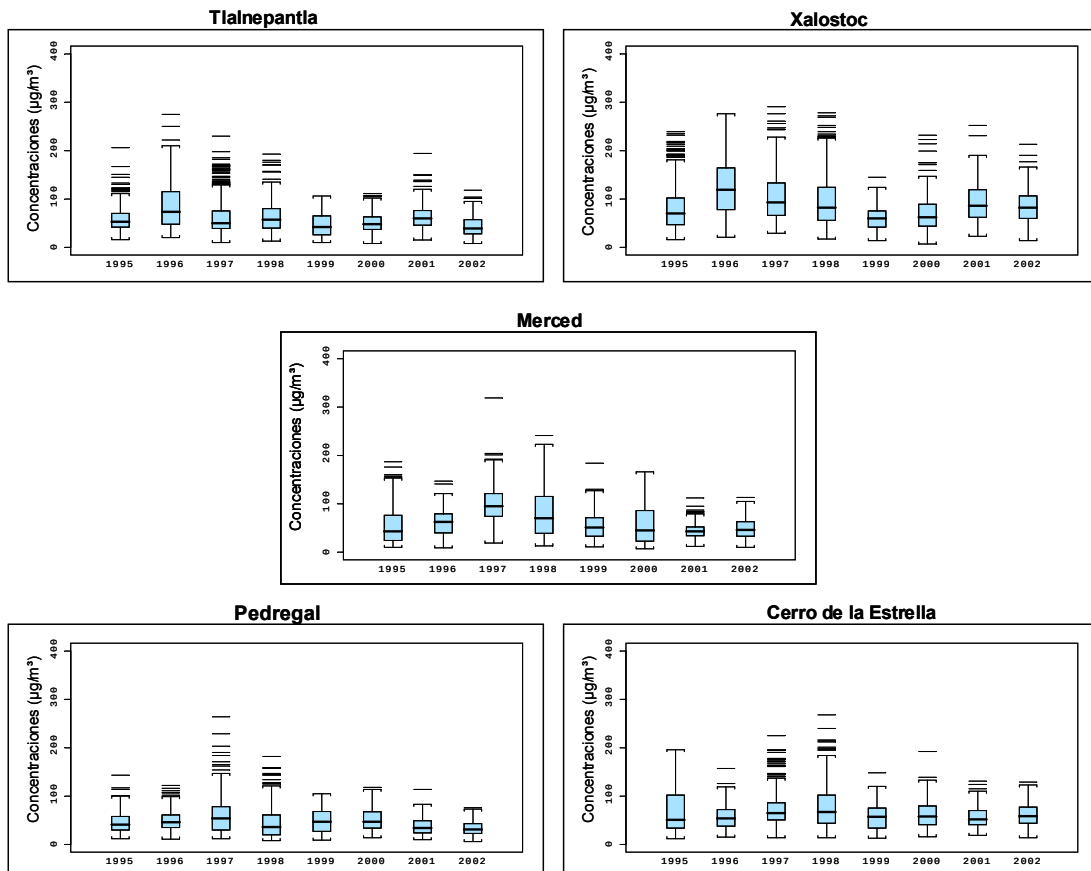
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se hubiera presentado en Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.33. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1995-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se hubiera presentado en Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.34. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1995-2002



Equipo manual

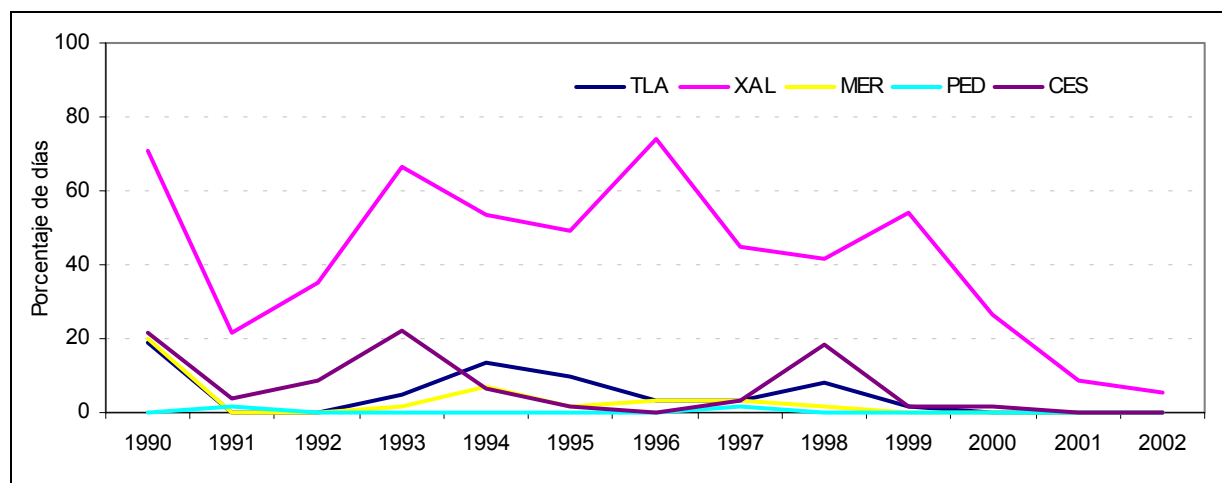
Cuadro 2.21. Días en que se excede la norma diaria de PM₁₀* en la ZMVM, 1990-2002
Equipo manual

Zona	Estación		Año												
			1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Noroeste	TLA	%	19.1	0.0	0.0	5.0	13.3	9.8	3.4	3.3	8.2	1.6	0.0	0.0	0.0
		No.	13	0	0	3	8	6	2	2	5	1	0	0	0
	SHA	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	3	0	0	0	0
Noreste	LPR	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.2	36.7	57.1	14.3	6.7	10.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7	22	20	1	4	6
	XAL	%	70.9	21.8	35.1	66.7	53.3	49.2	74.1	45.0	41.7	54.1	26.7	8.5	5.3
		No.	56	12	20	40	32	30	40	27	25	33	16	5	3
	NTS	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.2	1.7	2.9	0.0	0.0	5.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	1	1	0	0	3
Centro	MER	%	20.3	0.0	0.0	1.7	6.8	1.7	3.4	3.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	15	0	0	1	4	1	2	2	1	0	0	0	0
	HAN	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	3.4
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	2
	MCM	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4	4.9	0.0	0.0	1.7	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	3	0	0	1	0
Suroeste	PED	%	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	LOM	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	0	0	0	0	0
Sureste	CES	%	21.5	3.7	8.8	22.0	6.7	1.7	0.0	3.3	18.6	1.6	1.7	0.0	0.0
		No.	17	2	5	13	4	1	0	2	11	1	1	0	0
	UIZ	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	0	0	0	0
	XCH	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.4	14.8	5.7	ND	ND	ND
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	9	2	ND	ND	ND

ND: Información no disponible.

*La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 2.35. Días en que se excede el valor de la norma de PM₁₀* en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002
Equipo manual



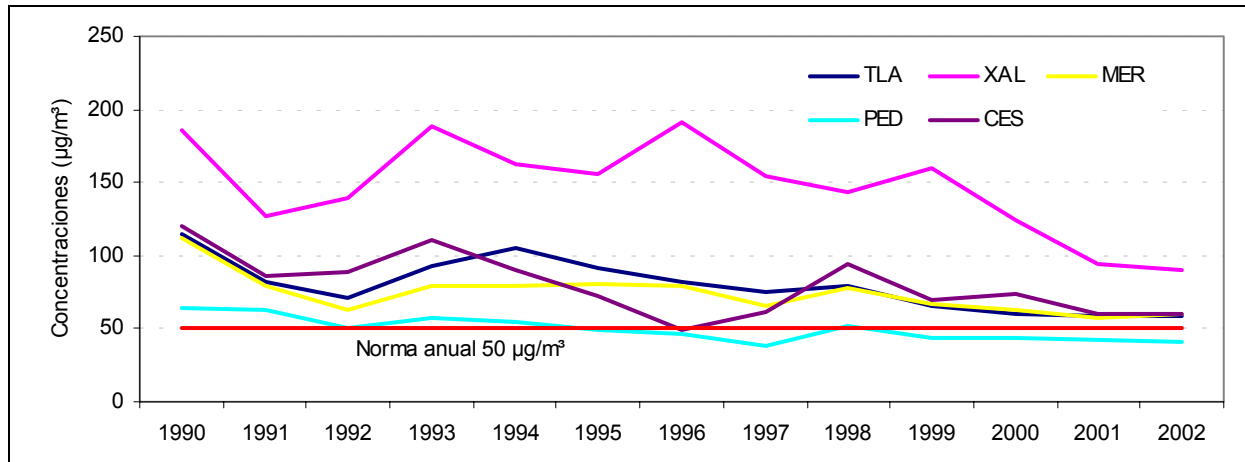
*La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Cuadro 2.22. Promedio anual de los muestreos manuales de PM₁₀ en la ZMVM, 1990-2002

Zona	Estación	Año												
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Noroeste	TLA	115	82	71	92	105	92	82	75	79	65	60	58	59
	SHA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	49	65	61	54	46	48
Noreste	LPR	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	105	123	148	104	90	95
	XAL	186	127	139	188	163	155	191	155	144	159	125	95	90
	NTS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60	75	77	65	68	114
Centro	MER	112	79	63	80	79	81	79	66	78	66	63	57	60
	HAN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	52	59
	MCM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	56	75	70	61	55	55
Suroeste	PED	64	62	50	58	55	50	46	38	52	43	44	42	41
	LOM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	43	51	58	55	42	40
Sureste	CES	121	86	88	111	90	72	50	61	95	70	73	60	60
	UIZ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60	81	61	65	55	56
	XCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	70	94	104	ND	ND	ND

ND: Información no disponible.

Figura 2.36. Promedio anual de los muestreos manuales de PM₁₀ en cinco estaciones de monitoreo* en la ZMVM, 1990-2002

* Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo I-K: Días en que se excede el valor de la norma de PM₁₀ (promedios de 24 horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMVM, 1995-2002. Equipo automático.

Anexo I-L: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM₁₀ (µg/m³) para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMVM, 1995-2002. Equipo automático.

Anexo I-M: Estadísticas descriptivas de los muestreos diarios de PM₁₀ (µg/m³) por estación de monitoreo en la ZMVM. Equipo manual.

En el Disco Compacto se adiciona la siguiente información:

- Concentración máxima de PM₁₀ por hora y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Concentraciones horarias promedios de PM₁₀ por hora y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Porcentaje y número de horas con información de PM₁₀ por año y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de horas con información de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.

•

Dióxido de azufre (SO₂)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 2.8 presenta el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de SO₂ entre 1990 y 2002, en las cinco estaciones históricas de monitoreo. Se observa que las concentraciones más altas ocurren en los meses invernales y que en las estaciones Xalostoc y Tlalnepantla se registran las mayores concentraciones a lo largo del año.

En la figura 2.9 se ilustran los promedios horarios en las cinco estaciones de la ZMVM, de 1990 a 2002. Se observa, como patrón predominante, una distribución unimodal en la que las concentraciones más elevadas de SO₂ se presentan entre las 7:00 y las 12:00 de la mañana. Un segundo pico, de menor magnitud, se presenta en todas las estaciones, excepto en Cerro de la Estrella, dominando en la tarde a partir de las 16:00 horas. En esta serie de figuras es evidente que los promedios horarios más altos se registraron entre 1990 y 1992 en las cinco estaciones de monitoreo.

Valores fuera de la norma de dióxido de azufre

El cuadro 2.6 muestra los promedios anuales de las concentraciones horarias de SO₂ en las 26 estaciones que monitorean este contaminante. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales, y se observa que, los valores más altos se registraron en el noroeste (Xalostoc, 0.019 ppm) y noreste (Vallejo, 0.018 ppm) de la ZMVM.

En la figura 2.10 se muestran los promedios anuales de las concentraciones horarias de SO₂ en las cinco estaciones históricas de monitoreo entre 1990 y el 2002. Es notorio que de 1993 a 1999 las concentraciones registradas se mantuvieron por debajo del límite establecido por la norma anual de calidad del aire para este contaminante (0.03 ppm como media aritmética anual, NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994). Sin embargo, en los años 2000 y 2001 se registró un incremento en todas las estaciones de monitoreo, e incluso nuevamente rebasándose el valor de la norma en la estación Tlalnepantla en el 2001. En el 2002 nuevamente todas las estaciones mostraron un promedio anual inferior al valor de la norma.

En el cuadro 2.7 se muestran los días, en número y porcentaje con concentraciones que excedieron el valor de la norma diaria de SO₂ (0.13 ppm, como promedio de 24 horas que no se debe exceder más de una vez por año, NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) en las estaciones históricas. Se observa que entre 1993 y 1999 y en el 2002 no hubo registros que superaran el valor límite establecido en la norma de calidad del aire; sin embargo, en los años 1990 al 1992, 2000 y 2001 se registraron valores por arriba de dicho valor, siendo el 2001 el año con mayor número de días. En términos de distribución mensual, son los meses invernales en los que se presentan con mayor frecuencia registros que rebasan el valor de la norma, y en cambio, en los meses de marzo, mayo, junio y agosto no se registraron días en que se hubiera rebasado el valor normado.

La figura 2.11 ilustra la tendencia histórica del porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma diaria de SO₂ en cinco estaciones de monitoreo. Se observa que los registros por arriba del valor de la norma se presentaron en la zona centro (Merced) y norte (Tlalnepantla y Xalostoc) de la ZMVM, particularmente en los periodos 1990-1993 y 2000-2001, destacando la estación Xalostoc, donde en 1992 se excedió el valor de la norma en el 8 % de los días, en el 2000 y 2001 sólo se registraron valores por arriba de la norma en la estación Tlalnepantla.

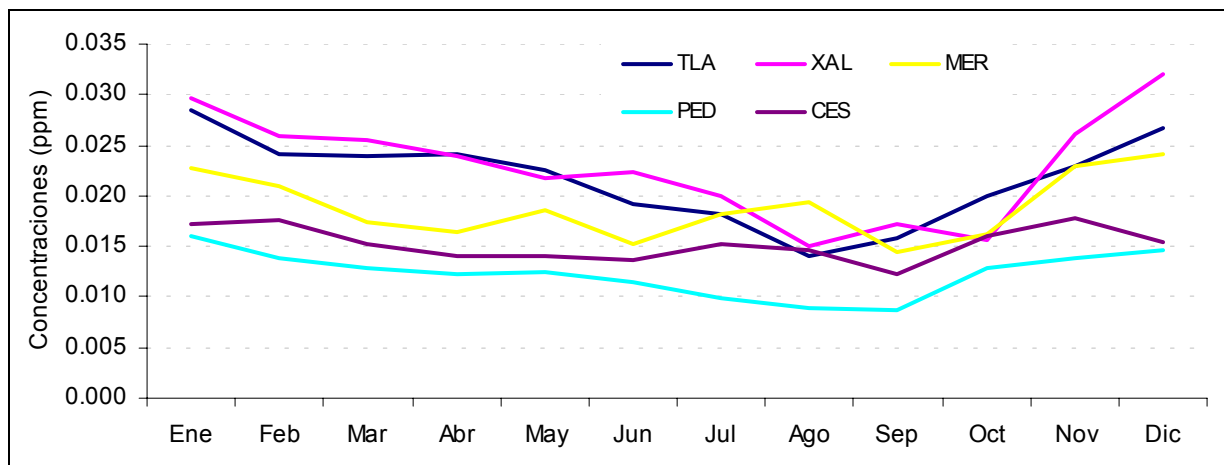
Concentraciones diarias (24 horas) de dióxido de azufre

El cuadro 2.8 contiene las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas (promedios de 24 horas) de las cinco estaciones históricas de la ZMVM. La concentración diaria más elevada en el periodo analizado se registró en el 2001 y fue de 0.297 ppm, en tanto que la más baja correspondió a 1995 y fue de 0.069 ppm. La mediana (percentil 50) muestra una reducción significativa en 1993 respecto a los años anteriores, y se mantiene en menos de 0.030 ppm hasta el año 2002 excepto en el 2001 en que se tiene un valor de 0.033 ppm.

Como complemento al cuadro anterior, la figura 2.12 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas de SO_2 de alguna de las cinco estaciones de monitoreo seleccionadas. La distribución muestra que a partir de 1993 se registró un decremento significativo de las concentraciones, manteniéndose estables hasta el año 2002. Destaca el hecho que en los años 2000 y 2001 se incrementó la frecuencia de ocurrencia de concentraciones altas extremas respecto a lo observado en los años anteriores.

Por último, la figura 2.13 presenta las distribuciones de los promedios de 24 horas de SO_2 de las cinco estaciones de monitoreo históricas, permitiendo distinguir las tendencias en cada estación. Se observa a partir de 1993 y 1994 una disminución de las concentraciones, con respecto a las registradas de 1990 a 1992, manteniéndose esta tendencia en las estaciones Pedregal y Cerro de la Estrella. Sin embargo, en Tlalnepantla, Xalostoc y Merced, destaca un incremento en la frecuencia de concentraciones altas extremas en los años 2000 y 2001, siendo la zona norte (Tlalnepantla) la que presenta las concentraciones más elevadas de las cinco estaciones históricas.

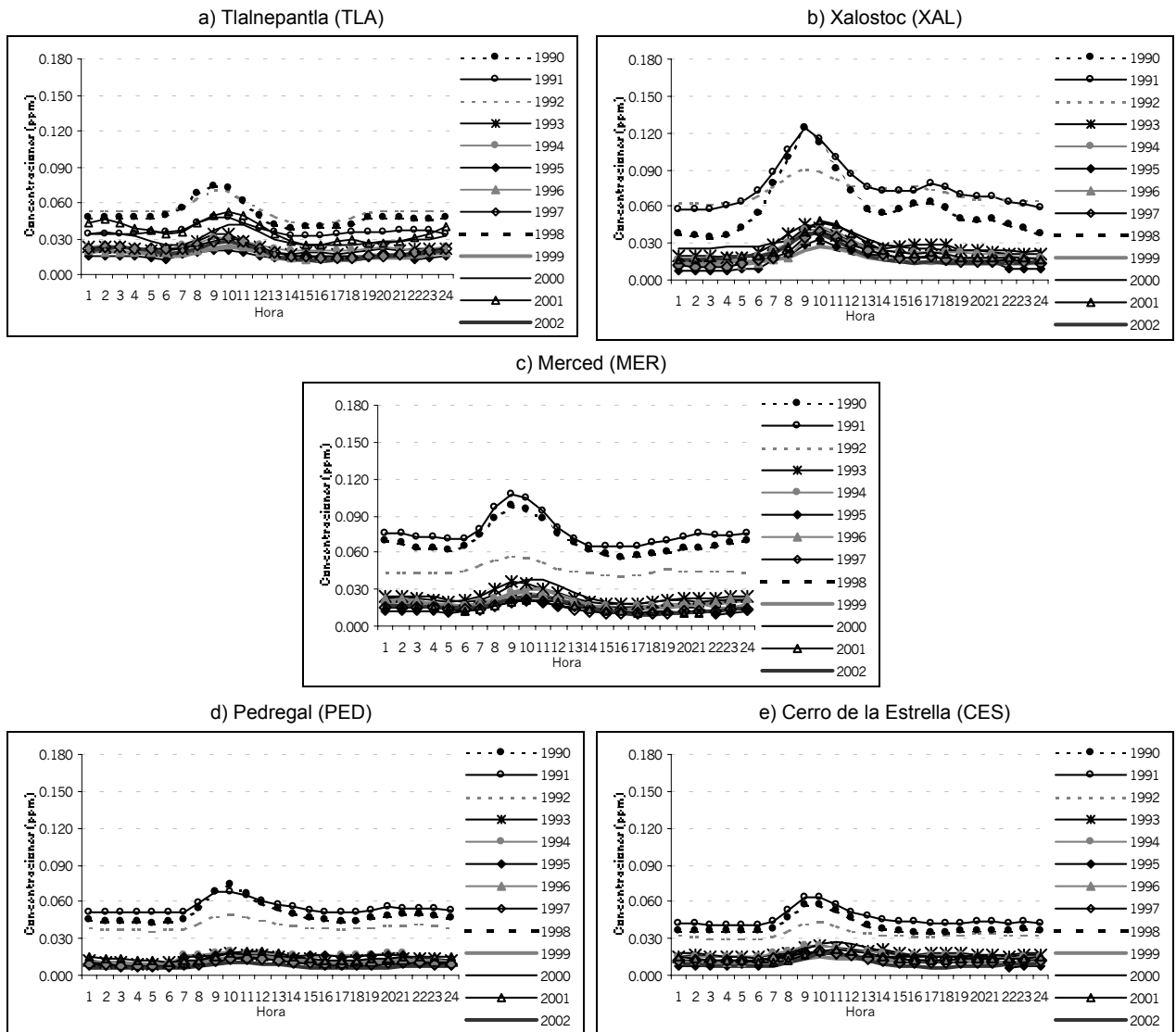
Figura 2.8. Tendencias mensuales (medianas) * de las concentraciones horarias de SO_2 en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002



*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1990-2002.

** Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la Estrella (CES).

Figura 2.9. Concentraciones horarias promedio de SO₂ en cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



Cuadro 2.6. Promedio anual de concentraciones horarias de SO₂* en la ZMVM, 1990-2002

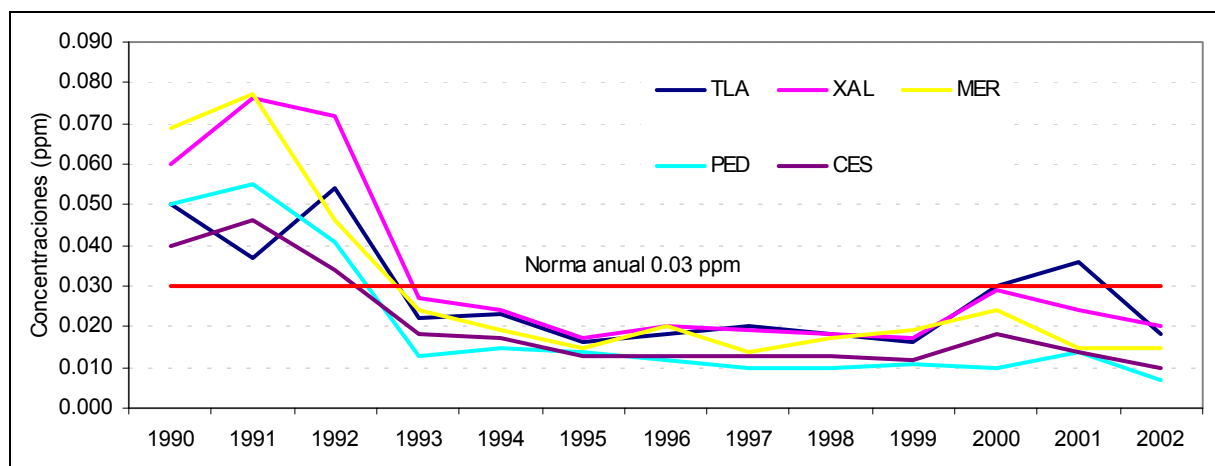
Zona	Estación	Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana**
Noroeste	VAL	ppm	0.060	0.064	0.055	0.018	0.019	0.019	0.019	0.014	0.017	0.018	0.021	0.015	0.011	0.018
		µg/m ³	157	167	144	47	50	50	50	37	44	47	55	39	29	47
	TAC	ppm	0.043	0.050	0.034	0.015	0.021	0.015	0.015	0.019	0.016	0.016	0.024	0.022	0.013	0.016
		µg/m ³	112	131	89	39	55	39	39	50	42	42	63	58	34	42
	EAC	ppm	0.065	0.038	0.033	0.019	0.019	0.014	0.016	0.015	0.015	0.011	0.019	0.017	0.014	0.015
		µg/m ³	170	99	86	50	50	37	42	39	39	29	50	44	37	39
	AZC	ppm	0.060	0.045	0.065	0.031	0.025	0.020	0.017	0.016	0.014	0.019	0.018	0.015	0.011	0.017
		µg/m ³	157	118	170	81	65	52	44	42	37	50	47	39	29	45
	TLA	ppm	0.050	0.037	0.054	0.022	0.023	0.016	0.018	0.020	0.018	0.016	0.030	0.036	0.018	0.018
		µg/m ³	131	97	141	58	60	42	47	52	47	42	78	94	47	47
	TLI	ppm	ND	ND	ND	0.042	0.022	0.016	0.015	0.015	0.017	0.016	0.013	0.013	0.016	0.015
		µg/m ³	ND	ND	ND	110	58	42	39	39	44	42	34	34	42	39
	ATI	ppm	ND	ND	ND	0.019	0.021	0.017	0.016	0.014	0.015	0.012	0.014	0.019	0.016	0.015
		µg/m ³	ND	ND	ND	50	55	44	42	37	39	31	37	50	42	39
Noreste	LLA	ppm	0.038	0.042	0.045	0.015	0.022	0.022	0.013	0.013	0.015	0.014	0.015	0.011	0.010	0.014
		µg/m ³	99	110	118	39	58	58	34	34	39	37	39	29	26	37
	LPR	ppm	0.045	0.043	0.048	0.032	0.018	0.019	0.017	0.011	0.009	0.010	0.015	0.012	0.014	0.012
		µg/m ³	118	112	126	84	47	50	44	29	24	26	39	31	37	31
	LVI	ppm	0.051	0.081	0.043	0.028	0.024	0.023	0.018	0.012	0.010	0.011	0.015	0.011	0.012	0.012
		µg/m ³	133	212	112	73	63	60	47	31	26	29	39	29	31	31
	SAG	ppm	0.051	0.037	0.038	0.015	0.016	0.016	0.012	0.014	0.012	0.011	0.014	0.014	0.011	0.014
		µg/m ³	133	97	99	39	42	42	31	37	31	29	37	37	29	37
	XAL	ppm	0.060	0.076	0.072	0.027	0.024	0.017	0.020	0.019	0.018	0.017	0.029	0.024	0.020	0.019
		µg/m ³	157	199	188	71	63	44	52	50	47	44	76	63	52	50
	ARA	ppm	ND	ND	0.025	0.012	0.020	0.022	0.013	0.010	0.009	0.008	0.017	0.010	0.009	0.010
		µg/m ³	ND	ND	65	31	52	58	34	26	24	21	44	26	24	26
	NET	ppm	ND	ND	ND	0.007	0.013	0.015	0.017	0.013	0.012	0.014	0.021	ND	ND	0.015
		µg/m ³	ND	ND	ND	18	34	39	44	34	31	37	55	ND	ND	38
	VIF	ppm	ND	ND	ND	0.018	0.019	0.017	0.016	0.013	0.011	0.013	0.016	0.017	0.007	0.016
		µg/m ³	ND	ND	ND	47	50	44	42	34	29	34	42	44	18	42
Centro	LAG	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.016	0.017	0.012	0.017	0.014	0.016	0.017	0.017	0.016
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	42	44	31	44	37	42	44	44	42
	MER	ppm	0.069	0.077	0.046	0.024	0.019	0.015	0.020	0.014	0.017	0.019	0.024	0.015	0.015	0.017
		µg/m ³	180	201	120	63	50	39	52	37	44	50	63	39	39	45
	HAN	ppm	0.034	0.057	0.052	0.030	0.022	0.014	0.017	0.012	0.018	0.011	0.021	0.017	0.013	0.017
		µg/m ³	89	149	136	78	58	37	44	31	47	29	55	44	34	45
Suroeste	BJU	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.019	0.018	0.014	0.015	0.014	0.018	0.016	0.012	0.016
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	50	47	37	39	37	47	42	31	42
	SUR	ppm	0.063	0.073	0.044	0.016	0.019	0.017	0.014	0.011	0.012	0.011	0.013	0.013	0.010	0.013
		µg/m ³	165	191	115	42	50	44	37	29	31	29	34	34	26	34
	PED	ppm	0.050	0.055	0.041	0.013	0.015	0.014	0.012	0.010	0.010	0.011	0.010	0.014	0.007	0.011
		µg/m ³	131	144	107	34	39	37	31	26	26	29	26	37	18	29
Sureste	PLA	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.013	0.013	0.012	0.016	0.011	0.014	0.013	0.011	0.013
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	34	34	31	42	29	37	34	29	34
	CES	ppm	0.040	0.046	0.034	0.018	0.017	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.018	0.014	0.010	0.013
		µg/m ³	105	120	89	47	44	34	34	34	34	31	47	37	26	34
	UIZ	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.014	0.014	0.011	0.009	0.013	0.016	0.011	0.013	0.013
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	37	37	29	24	34	42	29	34	34
	TAX	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.021	0.016	0.017	0.020	0.014	0.016	0.017	0.010	0.017
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	55	42	44	52	37	42	44	26	45
	TAH	ppm	ND	ND	ND	0.021	0.018	0.017	0.017	0.010	0.007	0.010	0.012	0.008	0.007	0.010
		µg/m ³	ND	ND	ND	55	47	44	44	26	18	26	31	21	18	26

ND: Información no disponible.

*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** Mediana de los promedios anuales de 1995 a 2002.

Figura 2.10. Promedio anual de concentraciones horarias de SO₂* en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM, 1990-2002



*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) y Cerro de la estrella (CES).

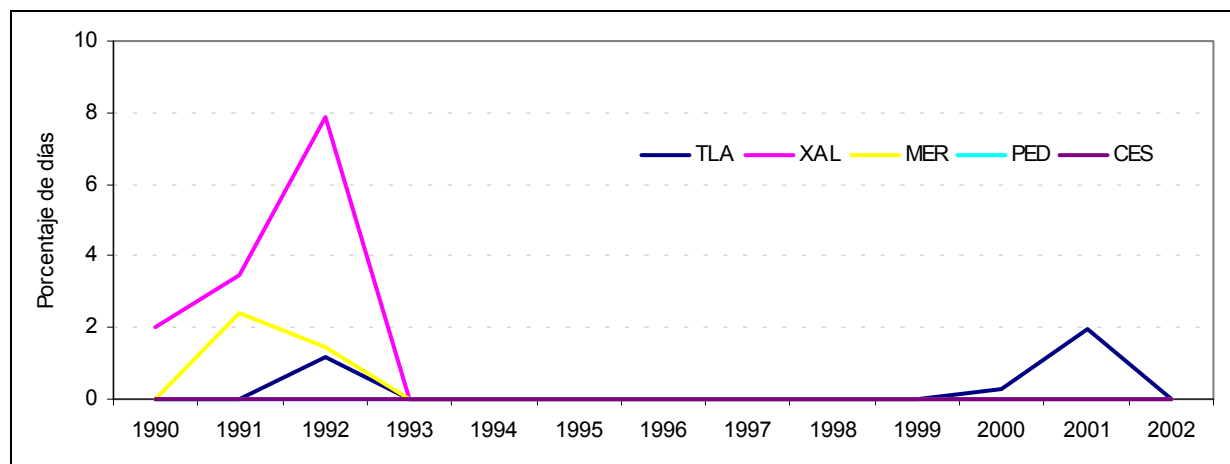
Cuadro 2.7. Días en que se excede el valor de la norma diaria de SO₂* por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo** en la ZMVM 1990-2002

Año	Mes													Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1990	%	12.9	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	1.6
	No.	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6
1991	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	13.3	3.2	9.1	19.4	4.3
	No.	0	0	0	0	0	0	2	0	4	1	2	6	15
1992	%	45.2	32.1	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	7.3
	No.	14	9	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	26
1993	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.3
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2001	%	12.9	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
	No.	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
2002	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* La norma diaria de SO₂ es igual a 0.13 ppm como promedio de 24 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** Máximo de los promedios de 24 horas de Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella.

Figura 2.11. Días (%) en que se excede el valor de la norma de SO₂* en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVM, 1990-2002



*La norma diaria de SO₂ es igual a 0.13 ppm como promedio de 24 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

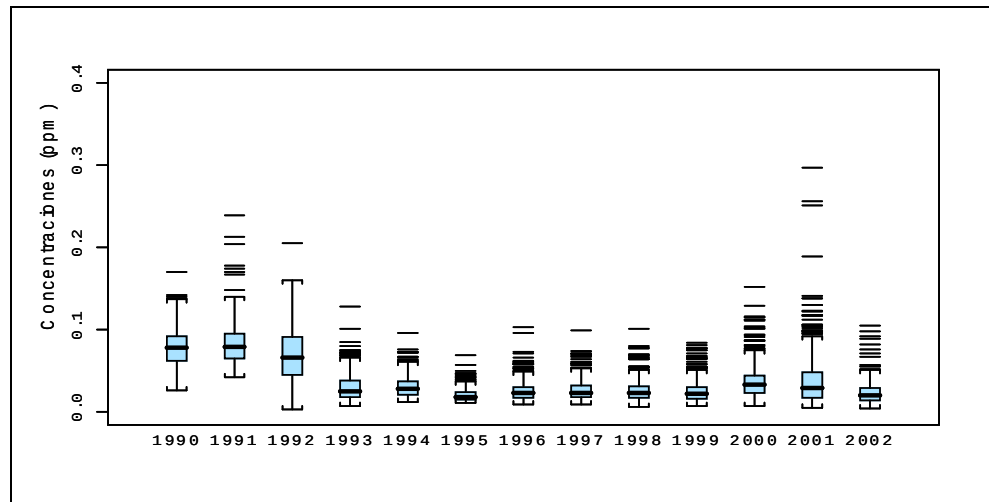
**Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), Merced (MER), Pedregal (PED) o Cerro de la estrella (CES).

Cuadro 2.8. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVM, 1990-2002

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	0.079	0.084	0.071	0.030	0.031	0.020	0.026	0.026	0.025	0.026	0.038	0.039	0.024
Desviación Estándar	0.022	0.026	0.035	0.017	0.013	0.008	0.013	0.013	0.014	0.014	0.022	0.035	0.014
Mínimo	0.026	0.042	0.003	0.007	0.012	0.011	0.009	0.009	0.006	0.007	0.007	0.005	0.004
Máximo	0.170	0.239	0.205	0.128	0.096	0.069	0.103	0.099	0.101	0.084	0.152	0.297	0.105
Percentiles	10	0.054	0.059	0.027	0.013	0.017	0.013	0.013	0.013	0.013	0.018	0.012	0.010
	20	0.060	0.064	0.040	0.017	0.020	0.015	0.016	0.015	0.015	0.021	0.016	0.013
	30	0.066	0.067	0.051	0.020	0.023	0.016	0.019	0.017	0.017	0.024	0.019	0.015
	40	0.071	0.072	0.057	0.022	0.026	0.017	0.021	0.019	0.019	0.027	0.023	0.018
	50	0.078	0.079	0.066	0.025	0.028	0.018	0.023	0.023	0.022	0.033	0.029	0.020
	60	0.083	0.088	0.076	0.030	0.031	0.019	0.025	0.026	0.024	0.038	0.036	0.023
	70	0.089	0.093	0.086	0.035	0.035	0.022	0.028	0.029	0.028	0.042	0.044	0.027
	80	0.095	0.100	0.097	0.042	0.039	0.026	0.033	0.034	0.033	0.049	0.056	0.033
	90	0.107	0.111	0.123	0.056	0.047	0.031	0.041	0.041	0.042	0.067	0.081	0.040
	95	0.119	0.124	0.137	0.063	0.053	0.037	0.053	0.049	0.052	0.081	0.102	0.048
	98	0.128	0.148	0.144	0.072	0.067	0.044	0.061	0.063	0.067	0.109	0.128	0.064
Total de días con datos	364	351	354	363	365	365	366	365	365	365	366	365	365

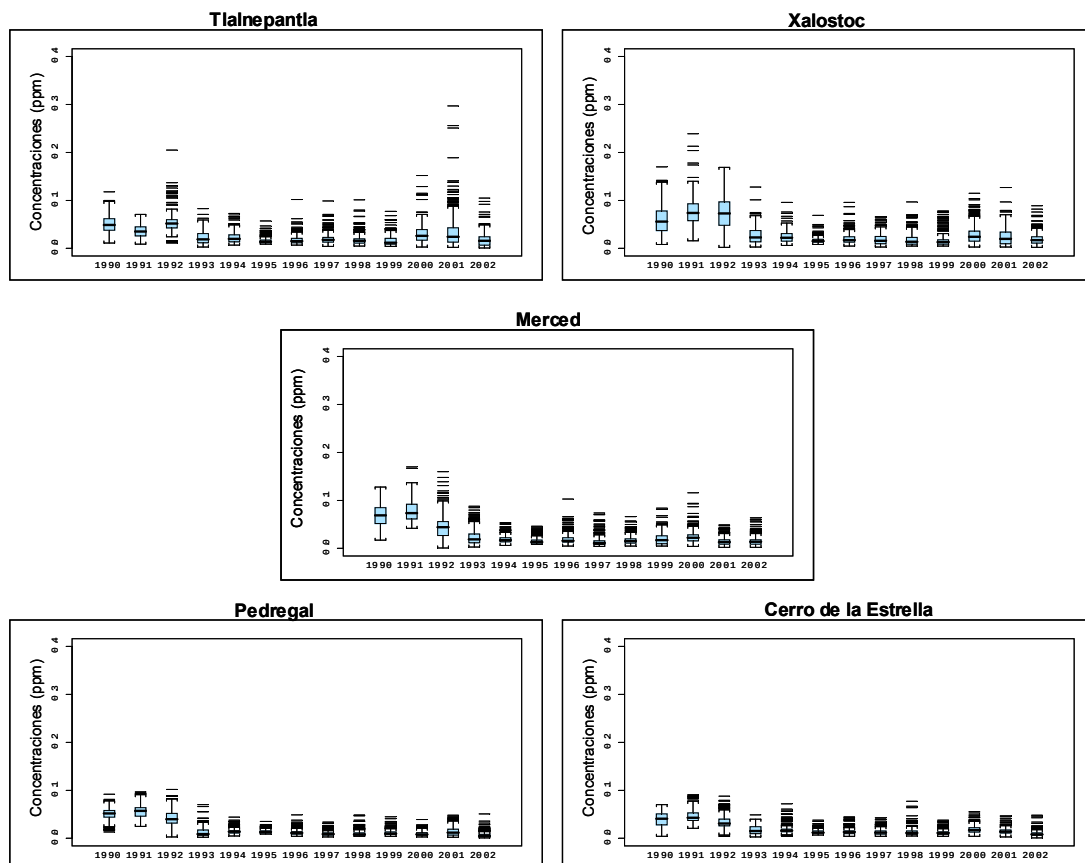
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las siguientes estaciones de monitoreo: Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella

Figura 2.12. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las siguientes estaciones de monitoreo: Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal o Cerro de la Estrella

Figura 2.13. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO₂ de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002



Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo I-C: Días en que se excede el valor de la norma de SO_2 por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMVM, 1990-2002.

Anexo I-D: Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO_2 para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMVM, 1990-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de SO_2 por hora y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Concentraciones horarias promedio de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Porcentaje y número de horas con información de SO_2 por año y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de horas con información de SO_2 por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de SO_2 por mes y por estación de monitoreo en la ZMVM.

3. ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

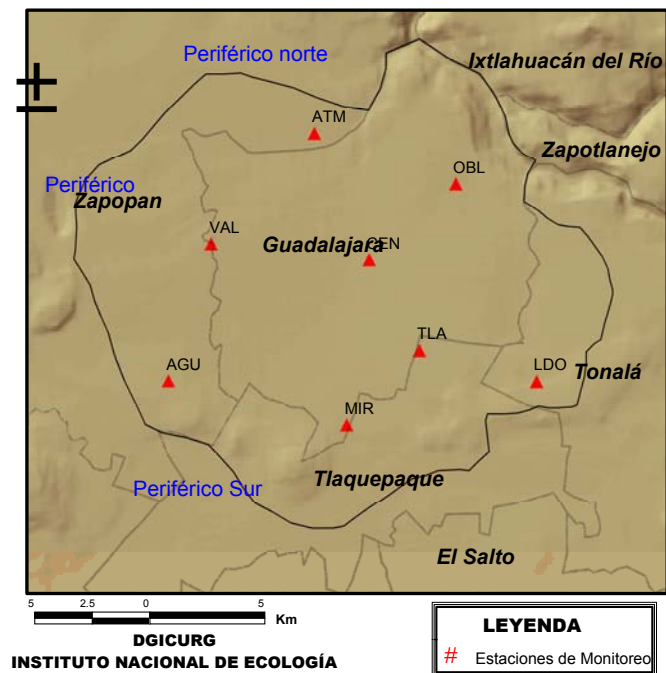
Red de monitoreo de la calidad del aire

En la figura 3.1 se muestra la red automática de monitoreo de la calidad del aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) la cual inició sus operaciones en 1993 y consta de ocho estaciones de monitoreo continuo que miden los contaminantes criterio: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), y partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀); adicionalmente, en cada una de las estaciones de monitoreo de la Red se cuenta con equipos que miden humedad relativa (HR), temperatura (TMP), dirección del viento (DV) y velocidad del viento (VV). Los cuadros 3.1 y 3.2 muestran las estaciones que conforman esta red y los parámetros que se miden en cada una de ellas.

El sistema cuenta con un centro de cómputo o centro de control hacia donde se concentra la información de los sensores ubicados en cada estación de monitoreo en donde se emiten los reportes de calidad del aire y los informes a la población y medios de comunicación, además de un conjunto de seis pantallas en las cuales se despliega la información para difundir entre la población los niveles de contaminación, éstas se encuentran localizadas en zonas muy concurridas.

La Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Jalisco (SEMADES), a través del Centro de Información Ambiental es la encargada de la administración y mantenimiento de este sistema de monitoreo.

Figura 3.1. Distribución de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMG



Cuadro 3.1. Estaciones de monitoreo y parámetros registrados por la Red Automática de Monitoreo de la ZMG

Zona	Estación	Clave	CO	SO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	HR	TMP	DV	VV
Norte	Atemajac	ATM									
	Oblatos	OBL									
Este	Loma Dorada	LDO									
	Tlaquepaque	TLA									
Centro	Centro	CEN									
Sur	Miravalle	MIR									
Oeste	Águilas	AGU									
	Vallarta	VAL									

Cuadro 3.2. Parámetros, símbolos y unidades de reporte del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMG

Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte	Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte
CO	Monóxido de carbono	ppm	HR	Humedad relativa	%
SO ₂	Dióxido de azufre	ppm	VV	Velocidad del viento	m/s
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	ppm	TMP	Temperatura	°C
O ₃	Ozono	ppm	DV	Dirección del viento	grados azimut
PM ₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros	µg/m ³			

Tendencias de los contaminantes atmosféricos en la ZMG de 1996 al 2002

Debido a que durante los primeros años de operación de la red de monitoreo de la calidad del aire de la ZMG su operación fue poco consistente, la tendencia histórica de los contaminantes se presenta considerando únicamente la información recopilada a partir de 1996 y hasta el 2002.

Monóxido de carbono (CO)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 3.3 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de CO para el periodo 1996-2002, en las ocho estaciones de la ZMG. Con el fin de ilustrar la distribución de las estaciones se agruparon en diferentes zonas geográficas. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales para el mismo periodo. Se observa que las medianas con los valores más altos corresponden a las estaciones Atemajac, Tlaquepaque, Vallarta, Miravalle de las zonas norte, este, oeste y sur respectivamente, cabe destacar que la estación Centro registra el valor máximo de las medianas.

En la figura 3.2 se presenta el promedio anual de las concentraciones horarias de CO en las diferentes estaciones de monitoreo, se observa que las concentraciones en la mayoría de las estaciones registran una tendencia decreciente en el periodo de 1998 a 1999 manteniéndose casi constante en los años subsecuentes, en los primeros años la estación Centro destaca por sus concentraciones altas. Cabe resaltar que a partir del 2000 las concentraciones de CO registradas en la estación Loma Dorada aumentan hasta alcanzar el promedio anual más alto para el 2002.

En la figura 3.3 se presentan las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de CO, en ella se aprecia que los valores altos ocurren en los meses de enero y diciembre.

En la figura 3.4 se muestran las concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo, observándose distribuciones bimodales en el comportamiento diario del contaminante, el pico de mayor magnitud se presenta entre las 7:00 y las 11:00 horas de la mañana y el segundo pico, menos definido, se observa entre las 19:00 y las 23:00 horas, este comportamiento puede estar relacionado con los horarios de traslado a los trabajos por la mañana y el traslado hacia los hogares por la tarde. Es notorio

que el valor máximo se presenta en Atemajac durante el año de 1997, en contraste los valores más bajos se obtuvieron consistentemente en Miravalle y Oblatos.

Valores fuera de norma de monóxido de carbono

En el cuadro 3.4 se ilustran los días en que se excede el valor de la norma de la calidad del aire para CO (11 ppm como promedio móvil de 8 horas, concentración que no debe rebasarse más de una vez por año, NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), en el se observa que el año con el mayor número de registros por arriba del valor de la norma corresponde a 1996 apreciándose una disminución en los últimos cuatro años.

Como complemento la figura 3.5 muestra que la estación Centro registró el porcentaje de valores por arriba de la norma más elevado durante el periodo de 1996 a 2000, no obstante, la tendencia ha sido decreciente. La segunda estación que destaca por sus valores altos es Tlaquepaque, sin embargo, en los últimos cinco años los registros por arriba del valor de la norma representaron menos del 1 % de los días. Se aprecia también que a partir del 2001 el porcentaje de registros que rebasan el valor mencionado es menor al 2 % para todas las estaciones.

Concentraciones diarias de monóxido de carbono

En el cuadro 3.5 se presentan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de CO. A partir de 1999 las medianas (percentil 50) presentan un comportamiento casi constante, asimismo se aprecia que en 1998 se registra el valor más alto (4.8 ppm). Como complemento la figura 3.6 muestra las distribuciones de las concentraciones diarias máximas por año. Los valores máximos históricos ocurren en el 2000 (26.8 ppm) y 2001 (53.4 ppm). Es importante resaltar que durante todo el periodo analizado se registraron muy pocas concentraciones que rebasan las 10 ppm de CO.

Por último, la figura 3.7 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias para cada una de las ocho estaciones. La estación Oblatos registró el valor histórico más alto durante 2001 siguiendo Atemajac en el 2000; en forma similar, aun sin registrar los valores máximos, en la estación Tlaquepaque y Centro se registran valores elevados. Cabe mencionar que todas las estaciones presentaron medianas por debajo de 10 ppm durante todo el periodo. Se aprecia también que las distribuciones para el año 2002 han mostrado un ligero repunte comparado con 2001.

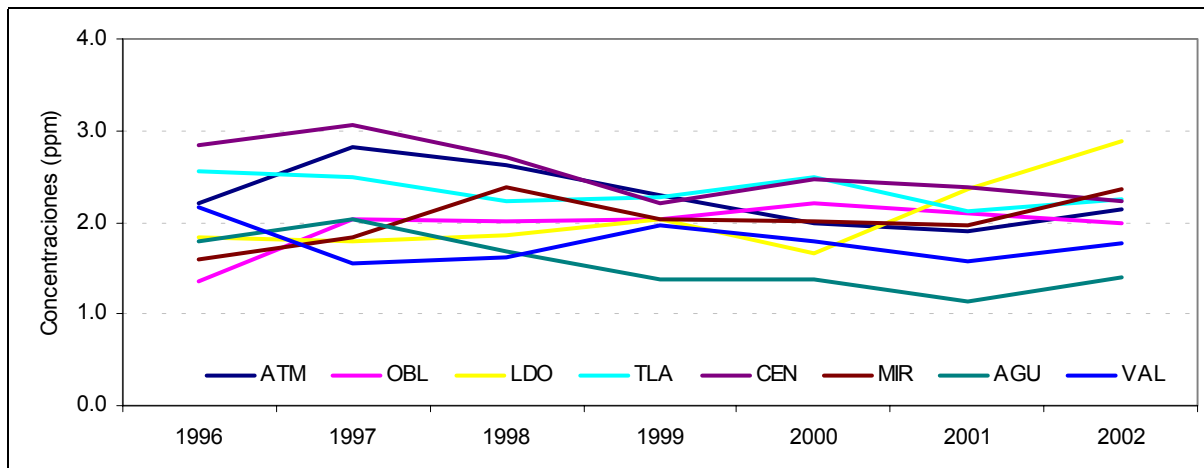
Cuadro 3.3. Promedio anual de las concentraciones horarias de CO en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación		Año							Mediana*
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Norte	Atemajac	ppm	2.2	2.8	2.6	2.3	2.0	1.9	2.1	2.2
		μ/m^3	2523	3235	2997	2628	2274	2174	2452	2523
	Oblatos	ppm	1.4	2.0	2.0	2.0	2.2	2.1	2.0	2.0
		μ/m^3	1553	2331	2299	2314	2519	2393	2278	2314
Este	Loma Dorada	ppm	1.8	1.8	1.9	2.0	1.7	2.4	2.9	1.9
		μ/m^3	2094	2042	2126	2314	1890	2709	3303	2126
	Tlaquepaque	ppm	2.6	2.5	2.2	2.3	2.5	2.1	2.3	2.3
		μ/m^3	2935	2848	2560	2609	2860	2431	2579	2609
Centro	Centro	ppm	2.8	3.1	2.7	2.2	2.5	2.4	2.2	2.5
		μ/m^3	3244	3510	3110	2529	2836	2733	2552	2836
Sur	Miravalle	ppm	1.6	1.8	2.4	2.0	2.0	2.0	2.4	2.0
		μ/m^3	1815	2097	2726	2319	2299	2260	2694	2299
Oeste	Águilas	ppm	1.8	2.0	1.7	1.4	1.4	1.1	1.4	1.4
		μ/m^3	2044	2321	1927	1586	1577	1301	1609	1609
	Vallarta	ppm	2.2	1.6	1.6	2.0	1.8	1.6	1.8	1.8
		μ/m^3	2475	1786	1855	2245	2059	1808	2024	2024

ND: Información no disponible.

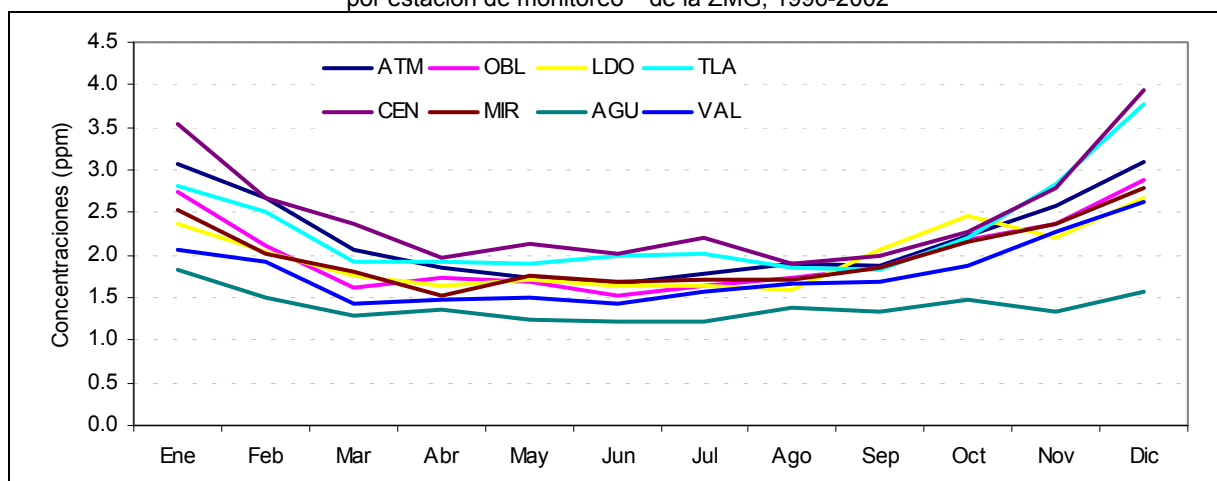
* Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

Figura 3.2. Promedio anual de concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo* en la ZMG, 1996-2002



*Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL)

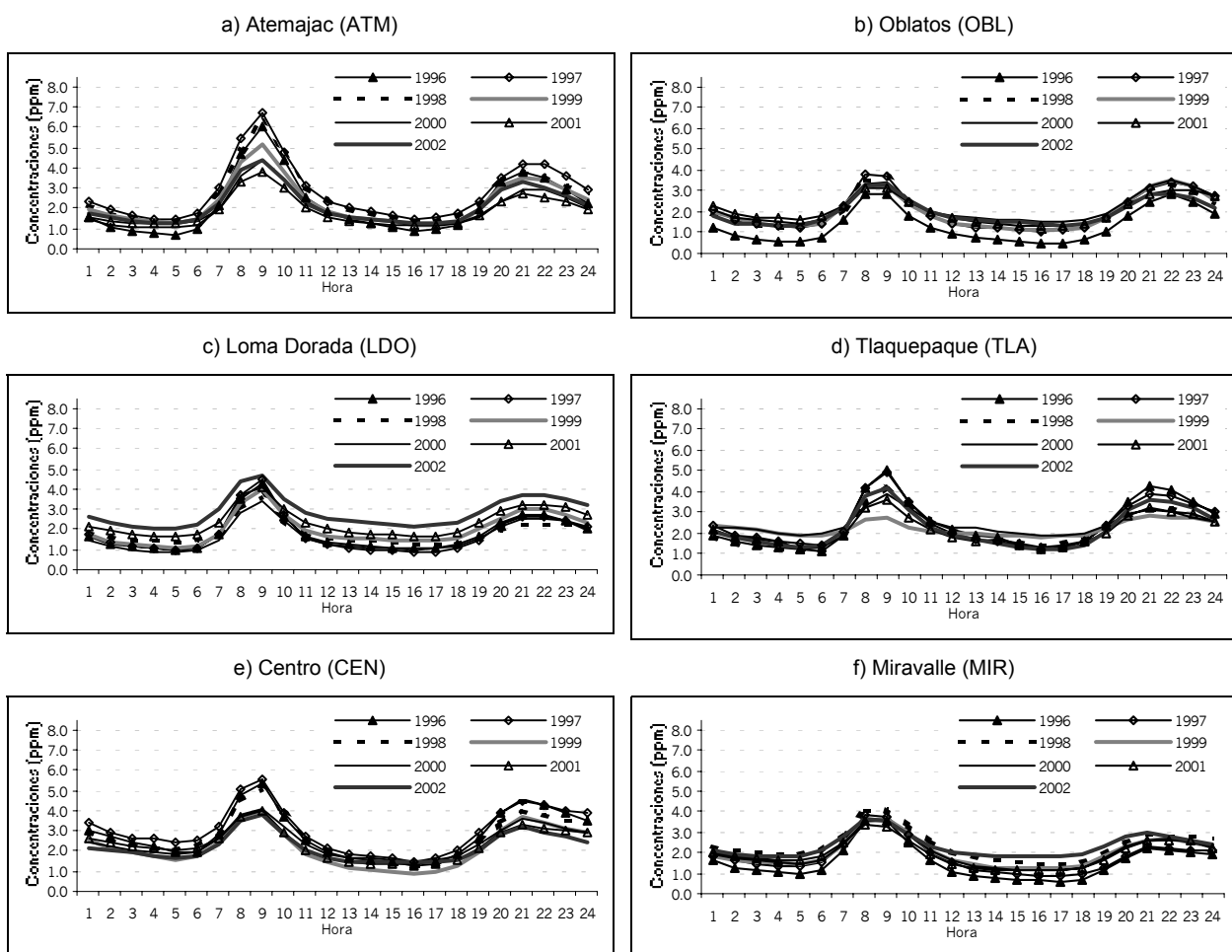
Figura 3.3. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo** de la ZMG, 1996-2002



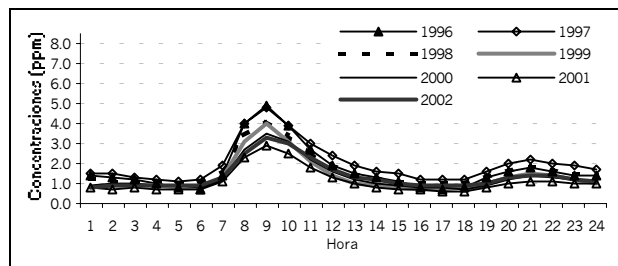
*Mediana de los promedios mensuales de 1996-2002

**Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL).

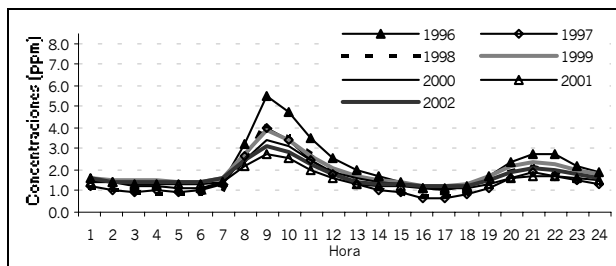
Figura 3.4. Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002



g) Águilas (AGU)



h) Vallarta (VAL)

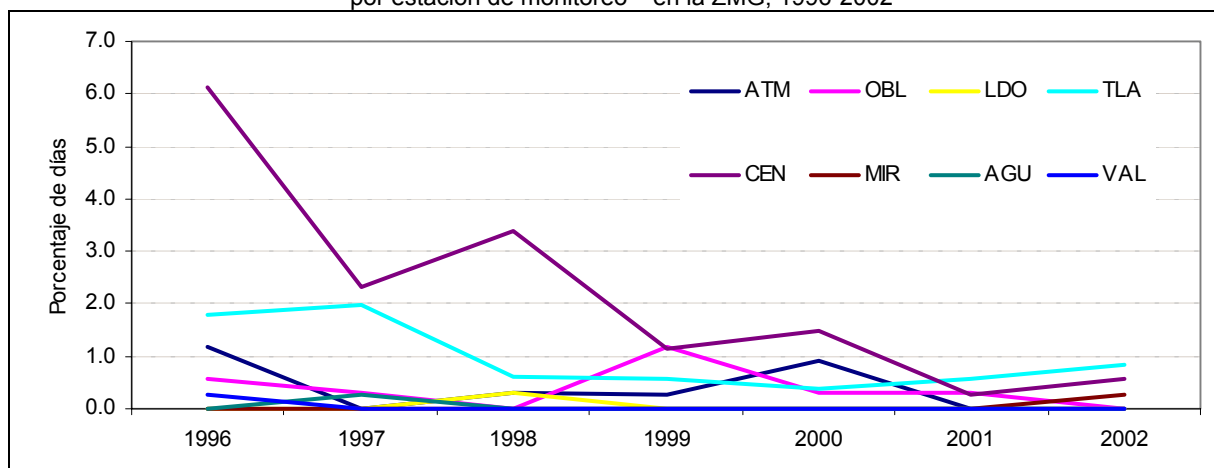


Cuadro 3. 4. Días en que se excede el valor de la norma de CO* por mes y por año en la ZMG, 1996-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	32.3	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	33.3	6.7
	No.	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	24
1997	%	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2	9.7	3.3
	No.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	12
1998	%	29.0	7.1	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	3.4	4.2
	No.	9	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	15
1999	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	2.2
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
2000	%	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	3.2	0.0	0.0	0.0	12.9	2.5
	No.	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	4	9
2001	%	9.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
	No.	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2002	%	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1.4
	No.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5

*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año. (NOM-021-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994)

Figura 3.5. Días (%) en que se excede el valor de la norma de CO* por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año. (NOM-021-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994)

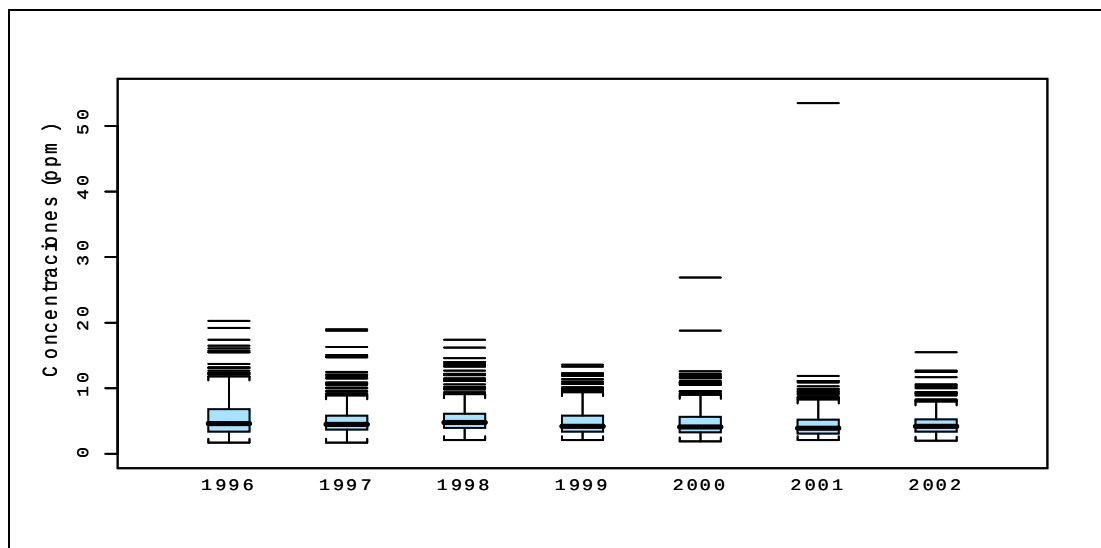
**Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL)

Cuadro 3.5. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de CO en la ZMG, 1996-2002

Año	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	5.5	5.2	5.3	4.9	4.9	4.7	4.6
Desviación estándar	3.0	2.5	2.3	2.2	2.5	3.4	1.8
Mínimo	1.7	1.7	2.1	2.1	1.9	2.1	2.0
Máximo	20.3	19.0	17.4	13.6	26.8	53.4	15.5
Percentil	10	2.9	3.0	3.2	2.9	2.8	3.0
	20	3.2	3.5	3.7	3.3	3.1	3.3
	30	3.7	3.8	4.1	3.6	3.4	3.6
	40	4.1	4.2	4.5	3.9	3.8	3.8
	50	4.6	4.5	4.8	4.2	4.1	4.2
	60	5.3	5.0	5.1	4.8	4.6	4.5
	70	6.1	5.5	5.8	5.3	5.2	5.0
	80	7.1	6.3	6.4	6.4	6.2	5.6
	90	9.3	8.3	7.9	8.2	7.9	6.7
	95	11.8	10.0	9.9	9.6	9.5	8.1
	98	15.3	12.4	12.6	11.0	11.4	10.1
Total de días con datos	357	359	360	364	360	302	364

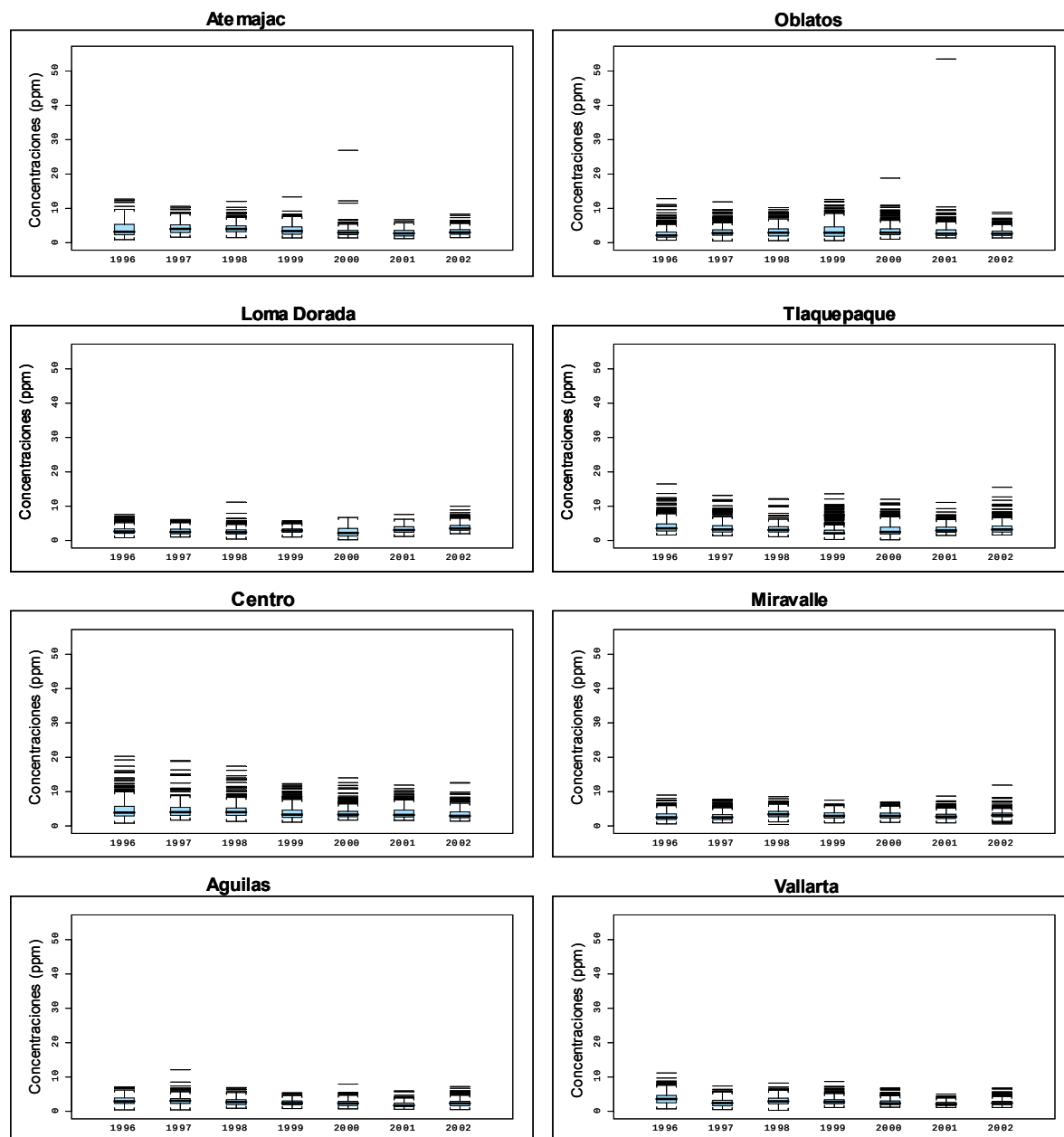
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio móvil de ocho horas) que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones.

Figura 3.6. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de CO en la ZMG, 1996-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio móvil de ocho horas) que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones.

Figura 3.7 Tendencia histórica de las concentraciones diarias de CO* por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002



*Máximo de los promedios móviles de ocho horas.

Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo II-A: Días en que se excede el valor de la norma de CO por mes, por año y por estación de monitoreo de la ZMG, 1996-2002

Anexo II-B: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de CO para cada una de las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG, 1996-2002

Información adicional:

- Concentración máxima de CO por hora y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMG.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMG.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMG.
- Porcentaje y número de horas con información de CO por año y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de horas con información de CO por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de CO como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 3.9 se presenta el promedio anual de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de ocho estaciones de monitoreo de 1996 al 2002. Cabe resaltar que se excluyó la información de la estación Loma Dorada (LDO) para 1996 y de las estaciones Atemajac (ATM) y Loma Dorada para 1997 por no haber contado con suficientes registros. Los promedios anuales de 1996, 1997 y 2002 mostraron gran variabilidad entre las estaciones de monitoreo, oscilando entre 0.02 ppm (Atemajac) y 0.058 ppm (Oblatos, Vallarta y Águilas). En 1998, 1999 y 2000 estos promedios presentaron una menor variabilidad y se mantuvieron por debajo de 0.050 ppm en todas las estaciones (figura 3.14). La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales desde 1996; se observa que la mediana más alta correspondió a la estación Centro con 0.045 ppm, seguida de Loma Dorada.

La figura 3.15 muestra la mediana de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1996 a 2002 en cada estación de monitoreo. En ella se observa que en casi todas estaciones hay un incremento de las concentraciones a partir del mes de noviembre, con las concentraciones máximas en enero salvo por las estaciones Águilas y Loma Dorada que tienen un ligero decremento.

El promedio de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1996 al 2002 en las estaciones de monitoreo de esta zona metropolitana se muestra en la figura 3.16. Destaca la presencia de dos periodos del día en los que las concentraciones fueron más elevadas; el primer periodo se registra entre las 7:00 a las 12:00 horas y, el segundo, entre las 20:00 y las 22:00 horas. Se observa que este patrón no se mantiene para los años 1996 y 1997 en la estación Oblatos, ni en 1997 en la estación Atemajac.

Valores fuera de norma de dióxido de nitrógeno

En el cuadro 3.10 y en la figura 3.17 se muestra el porcentaje y número de horas en que se excede el valor de la norma de dióxido de nitrógeno (0.21 ppm, concentración que no se debe rebasar más de una hora una vez por año, NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) por estación de monitoreo y por año. En el 2002 se registró el mayor porcentaje de horas con concentraciones que excedieron el valor de la norma. Asimismo, se observa que la estación de monitoreo Vallarta presentó el mayor número de fuera de norma entre 1996 (1.64 %) y 1998 (0.73 %), y la estación Águilas en el 2002 (2.01 %).

En forma complementaria, el cuadro 3.11 presenta los días en que se excede el valor de la norma de dióxido de nitrógeno, por mes y por año en la ZMG. La norma se excede en más días en los meses de febrero, marzo y mayo de 1998, febrero de 2001 y de 2002. El año con el porcentaje anual más elevado fue 1998 (11.6 %), seguido del 2002 (7.1%), como se observa claramente en la figura 3.18.

Concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno

El cuadro 3.12 muestra las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de dióxido de nitrógeno en la ZMG. Se observa que la concentración más elevada registrada en el periodo de análisis ocurrió en el 2000 (0.531ppm). El percentil 50 (mediana) muestra en general una tendencia decreciente a partir de 1998, con un ligero aumento en 2002. Asimismo, se observa que ninguna de las medianas rebasa el valor normado y que éste se rebasa a partir de los percentiles 95 y 98, exceptuando el año 1998, en que se excede a partir del percentil 90. En la figura 3.19 se observa la tendencia histórica de los valores máximos diarios de 1996 a 2002; es notoria la disminución de los valores extremos altos en 1997, 1999 y 2002.

La figura 3.20 ilustra la tendencia histórica de los mismos valores para cada estación de monitoreo. Se observa que en todas las estaciones las medianas estuvieron muy por debajo de la norma, y que la mayoría de los valores máximos se han presentado en Oblatos y Vallarta.

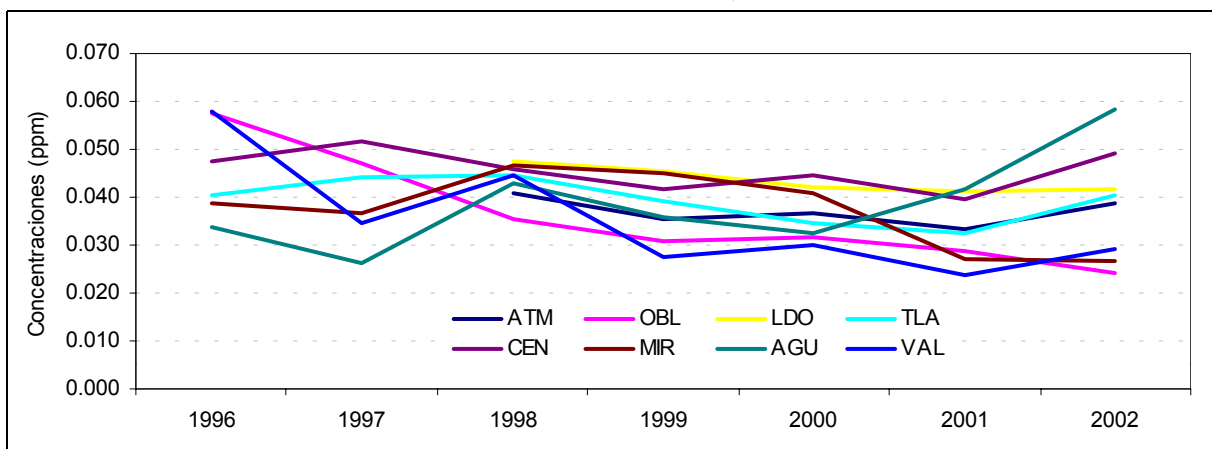
Cuadro 3.9. Promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂ en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación		Año							Mediana*
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Norte	ATM	ppm	0.038	ND	0.041	0.035	0.037	0.033	0.039	0.036
		μ/m ³	71	ND	77	67	69	63	73	68
	OBL	ppm	0.058	0.047	0.035	0.031	0.032	0.029	0.024	0.033
		μ/m ³	108	88	67	58	59	54	45	63
Este	LDO	ppm	ND	ND	0.048	0.046	0.042	0.041	0.042	0.042
		μ/m ³	ND	ND	90	86	79	78	79	78
	TLA	ppm	0.041	0.044	0.045	0.039	0.035	0.033	0.041	0.040
		μ/m ³	76	83	84	74	65	61	76	75
Centro	CEN	ppm	0.048	0.052	0.046	0.042	0.045	0.040	0.049	0.045
		μ/m ³	89	97	86	78	84	75	93	85
Sur	MIR	ppm	0.039	0.037	0.047	0.045	0.041	0.027	0.027	0.040
		μ/m ³	73	69	88	85	77	51	50	75
Oeste	AGU	ppm	0.034	0.026	0.043	0.036	0.033	0.041	0.058	0.035
		μ/m ³	63	49	80	67	61	78	110	65
	VAL	ppm	0.058	0.035	0.044	0.028	0.030	0.024	0.029	0.032
		μ/m ³	109	65	84	52	57	45	55	61

ND: Información no disponible

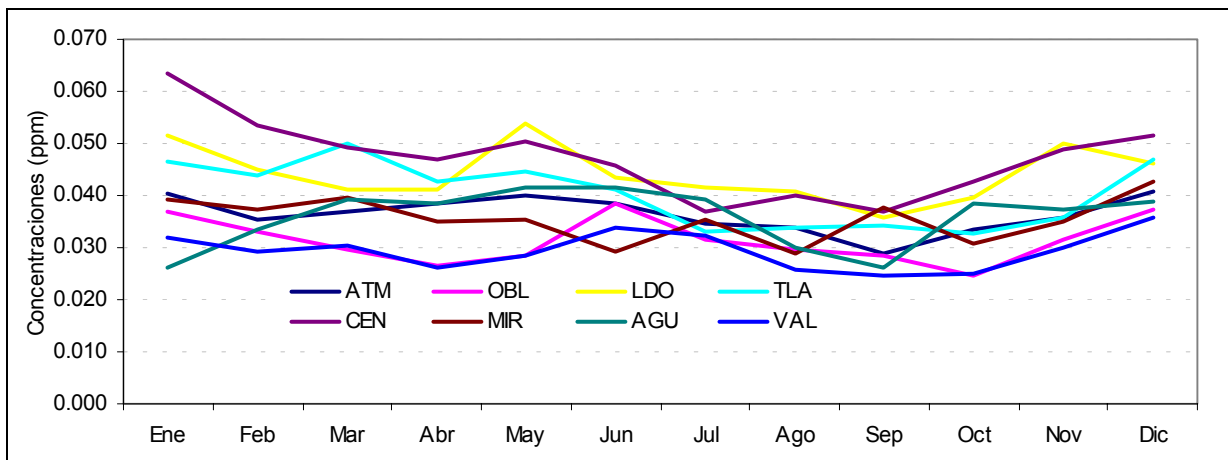
*Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002

Figura 3.14. Promedio anual de concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo* en la ZMG, 1996-2002



*Atemajac (ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada (LDO) Tlaquepaque(TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL)

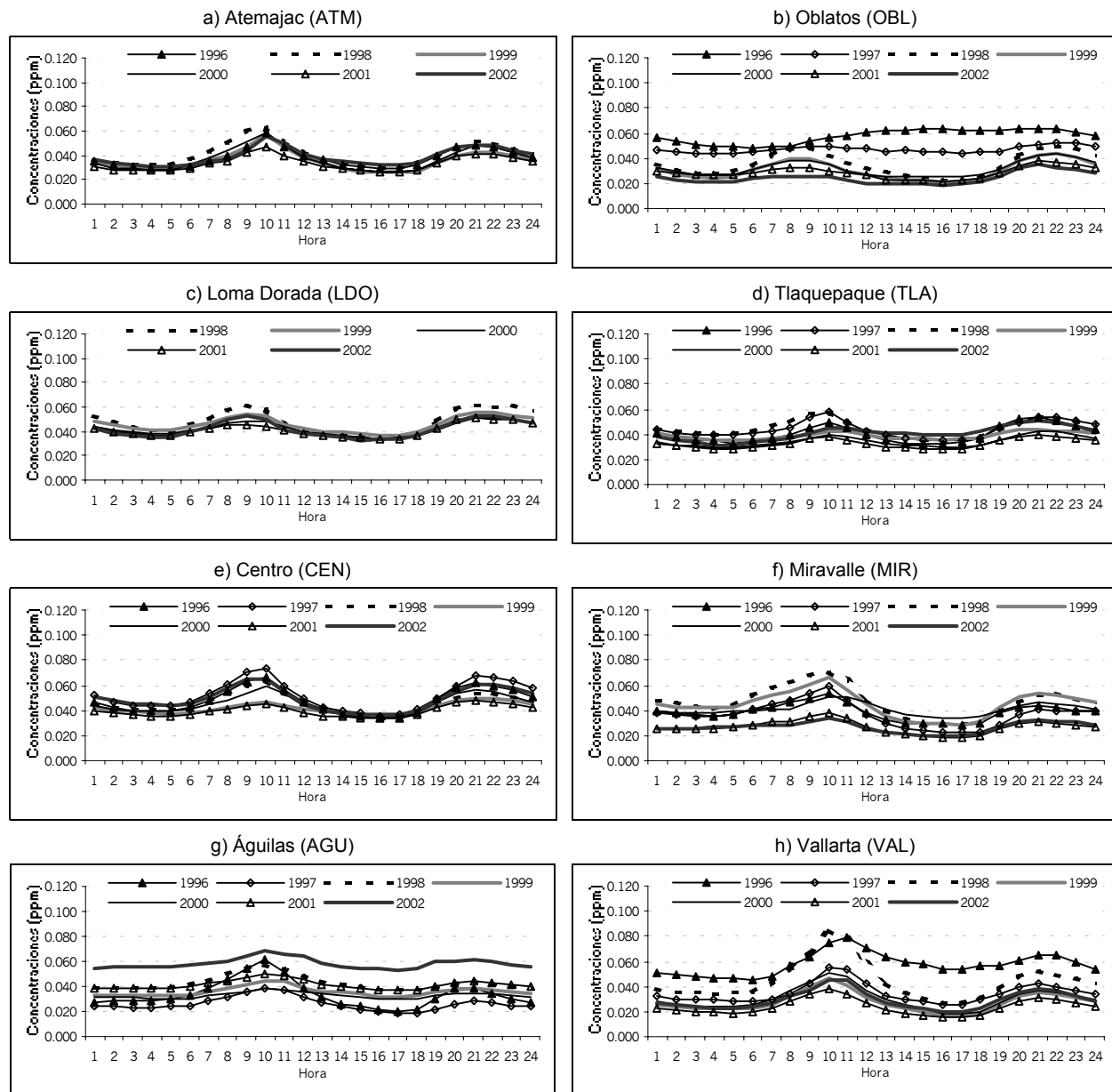
Figura 3.15. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1996-2002

** Atemajac (ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada (LDO) Tlaquepaque(TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL)

Figura 3.16 Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002



Cuadro 3.10. Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂* por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002

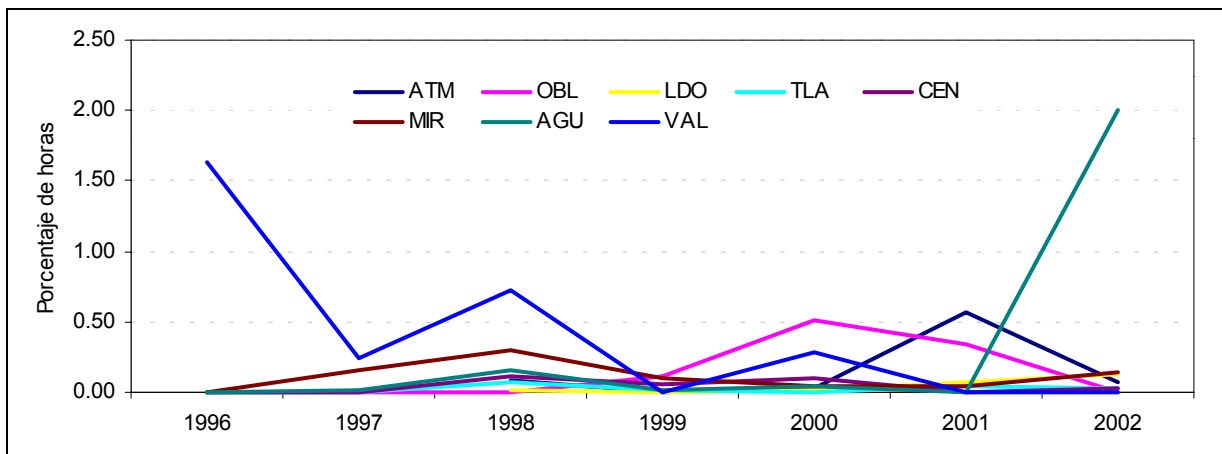
Zona	Estación		Año						
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Norte	ATM	%	0.00	ND	0.09	0.00	0.02	0.57	0.06
		No.	0	ND	6	0	2	47	5
	OBL	%	0.00	0.00	0.00	0.12	0.51	0.34	0.00
		No.	0	0	0	10	44	22	0
Este	LDO	%	ND	ND	0.02	0.00	0.01	0.08	0.13
		No.	ND	ND	1	0	1	6	11
	TLA	%	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.05	0.03
		No.	0	0	6	1	0	4	2
Centro	CEN	%	0.00	0.00	0.11	0.06	0.11	0.00	0.03
		No.	0	0	8	5	9	0	3
Sur	MIR	%	0.00	0.15	0.30	0.09	0.04	0.04	0.14
		No.	0	9	20	8	3	3	10
Oeste	AGU	%	0.00	0.02	0.15	0.01	0.04	0.00	2.01
		No.	0	1	11	1	3	0	142
	VAL	%	1.64	0.24	0.73	0.00	0.29	0.00	0.00
		No.	86	15	57	0	24	0	0
Promedio**		%	0.24	0.05	0.18	0.04	0.13	0.14	0.30

ND: Información no disponible

*La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Promedio de los porcentajes de las ocho estaciones

Figura 3.17. Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂* por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



*La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

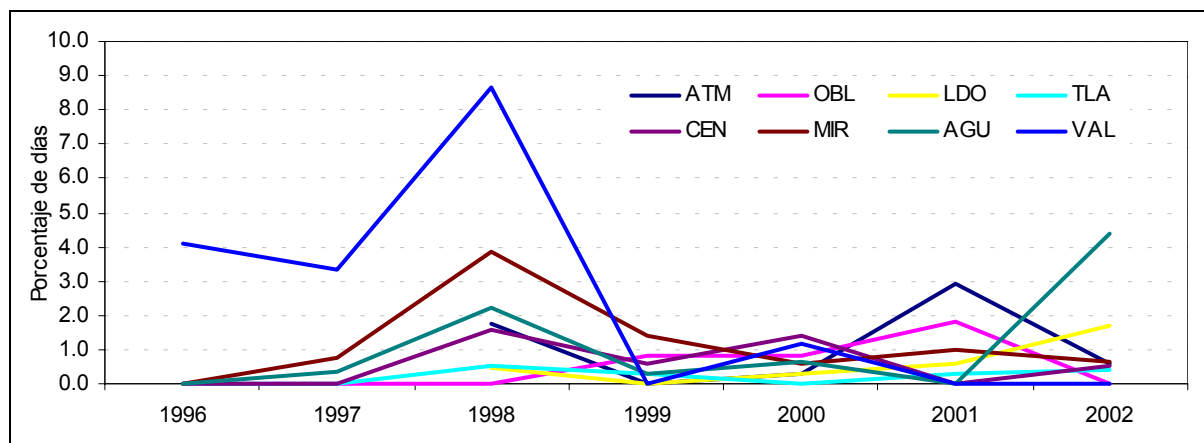
** Atemajac (ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada (LDO) Tlaquepaque(TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL)

Cuadro 3.11 Días en que se excede el valor de la norma horaria de NO₂*
por mes y por año en la ZMG, 1996-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	0.0	0.0	3.2	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	3.3	0.0	2.5
	No.	0	0	1	2	0	0	0	0	5	0	1	0	9
1997	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	9.7	0.0	0.0	6.5	3.3	12.9	3.3
	No.	0	0	0	0	0	2	3	0	0	2	1	4	12
1998	%	16.1	42.9	38.7	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	11.6
	No.	5	12	12	0	12	0	0	0	1	0	0	0	42
1999	%	6.5	3.6	3.2	3.3	0.0	0.0	3.2	12.9	3.3	0.0	0.0	3.2	3.3
	No.	2	1	1	1	0	0	1	4	1	0	0	1	12
2000	%	16.1	11.1	0.0	0.0	10.0	3.3	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	5.0
	No.	5	3	0	0	3	1	5	0	0	0	0	1	18
2001	%	0.0	28.6	16.1	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	9.7	5.8
	No.	0	8	5	0	0	3	0	0	0	0	2	3	21
2002	%	16.1	28.6	3.2	10.0	6.5	3.3	6.5	0.0	0.0	3.2	6.7	3.2	7.1
	No.	5	8	1	3	2	1	2	0	0	1	2	1	26

*La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 3.18 Días (%) en que se excede el valor de la norma de NO₂*
por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002



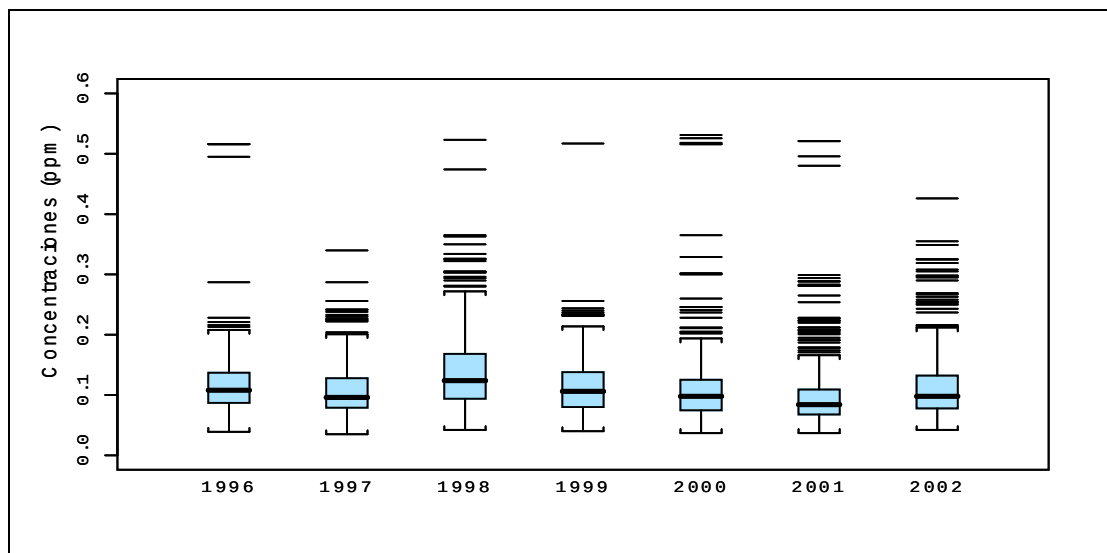
*La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Cuadro 3.12. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de NO₂ en las estaciones de monitoreo de la ZMG, 1996 - 2002

Año		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.117	0.108	0.139	0.113	0.112	0.102	0.115
Desviación Estándar		0.055	0.042	0.068	0.047	0.067	0.064	0.057
Mínimo		0.039	0.035	0.042	0.040	0.037	0.037	0.042
Máximo		0.516	0.340	0.523	0.517	0.531	0.521	0.426
Percentil	10	0.072	0.068	0.068	0.065	0.062	0.058	0.068
	20	0.082	0.076	0.087	0.075	0.070	0.065	0.076
	30	0.091	0.082	0.099	0.085	0.079	0.071	0.081
	40	0.098	0.089	0.112	0.094	0.089	0.078	0.088
	50	0.108	0.096	0.124	0.106	0.098	0.084	0.098
	60	0.119	0.109	0.141	0.116	0.108	0.093	0.106
	70	0.129	0.122	0.161	0.131	0.118	0.102	0.122
	80	0.141	0.138	0.182	0.146	0.132	0.121	0.143
	90	0.166	0.163	0.225	0.166	0.161	0.158	0.168
	95	0.184	0.182	0.269	0.196	0.205	0.218	0.251
	98	0.215	0.229	0.324	0.233	0.302	0.287	0.303
Total de días con datos		363	365	363	364	363	365	365

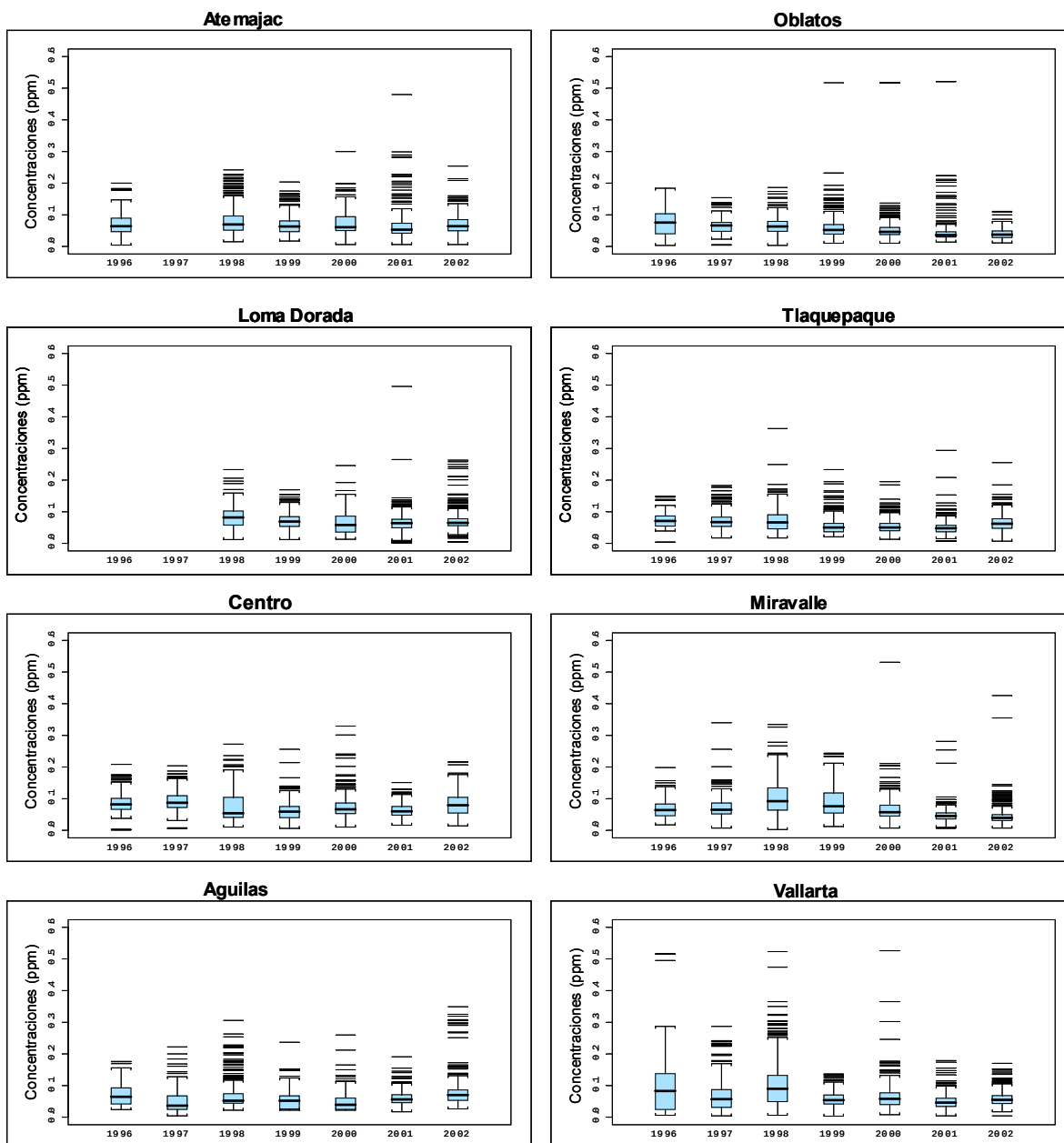
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo

Figura 3.19. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de NO₂ en la ZMG, 1996-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo

Figura 3.20. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo II-E: Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂ por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMG, 1996-2002

Anexo II-F: Días en que se excede el valor de la norma horaria de NO₂ por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002.

Anexo II-G: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones (ppm) diarias de NO₂ para cada una de las ocho estaciones de monitoreo históricas de la ZMG, 1996-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de NO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMG.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMG.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMG.
- Porcentaje y número de horas con información de NO₂ por año y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de horas con información de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.

Ozono (O₃)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 3.13 se aprecia el promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG. Con el fin de ilustrar la distribución de las estaciones y las magnitudes de la concentración de ozono se agruparon en las diferentes zonas geográficas. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales, que refleja poca variabilidad entre las diferentes estaciones. Sin embargo, se observa que las estaciones Centro y Atemajac tienen los valores más altos.

En la figura 3.21 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las diferentes estaciones de monitoreo de la ZMG de 1996 al 2002. Durante este periodo se observa que los valores de concentraciones de la mayoría de las estaciones registran una tendencia decreciente a partir de 1997 y hasta 1999, en el 2000 se aprecia nuevamente un ligero incremento que se mantiene oscilando entre 0.021 y 0.03 ppm durante los años subsecuentes.

En la figura 3.22 se muestra la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de ozono en todas las estaciones de monitoreo, en ella se observa que las concentraciones mensuales más elevadas se presentaron entre abril y junio (periodo asociado a condiciones de temperaturas altas y escasa precipitación). Asimismo, se aprecia que la estación Miravalle registró el pico más elevado en el mes del mayo, en contraste con el valor de la estación Tlaquepaque que registró el más bajo para el mismo mes.

La Figura 3.23 ilustra la tendencia de las concentraciones promedio por hora de ozono por estación de monitoreo de 1996 a 2002. En todas las estaciones de monitoreo y en todos los años el periodo del día en el que se presentaron las concentraciones promedio horarias más elevadas fue de las 13:00 a las 17:00 horas. También se observa que en todas las estaciones los valores promedio horarios más altos se registraron en 1996, en tanto que en la mayoría de las estaciones los más bajos se registraron en 1999. Los valores de los años 1996 a 1998 se destacan por sus concentraciones más elevadas, que fluctúan entre 0.06 y 0.08 ppm, cuando se comparan con las tendencia de los últimos años (1999 a 2002) que varían entre 0.03 y 0.06 ppm

Valores fuera de norma de ozono

En el cuadro 3.14 se muestra el porcentaje y número de horas por año y por estación de monitoreo de la ZMG en que se excede el valor de la norma de calidad del aire para ozono (0.11 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002) y como complemento a éste, se presentan las horas que se excede el valor de la norma de ozono en la figura 3.24. En el cuadro y en la figura se observa que a partir de 1996 el número de horas con valores fuera de norma es decreciente, salvo para las estaciones de Oblatos y Vallarta que presentaron un incremento durante 1998. Es importante apuntar que en 1999 bajó la frecuencia de horas con valores por arriba de norma a menos del 1 %, en comparación con 1996, año en que fluctuaba entre 3.2 y 5 % de horas en todas las estaciones de monitoreo.

El cuadro 3.15 presenta el número de días y los porcentajes en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes y por año, los valores indican que mayo ha sido el mes en el que se ha registrado el mayor porcentaje de días con registros por arriba del valor de la norma. Asimismo, destaca que el promedio anual de días con registros de ozono superiores a la norma han disminuido significativamente de 1996 (60 %) a 1999 (16 %), manteniéndose más o menos estable en 2000 y 2001, pero aumentando casi al doble (33 %) en 2002.

Como complemento al cuadro anterior, la figura 3.25 muestra el porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma horaria de 0.11 ppm de ozono. Lo más sobresaliente de ésta figura es la

disminución del porcentaje de valores fuera de norma a partir de 1997 y hasta 1999 en la mayoría de las estaciones, año a partir del cual se mantiene por debajo del 10 % en todas las estaciones, Oblatos y Vallarta presentan el mayor número de valores que rebasan el límite de la norma en 1998, en 2001 se aprecian los porcentajes más bajos y un ligero repunte en el 2002.

Con respecto a la nueva norma anual de 0.08 ppm (Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002) en el cuadro 3.14 se presentan las concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas de 1996 a 2002; esta información se muestra en la figura 3.26, en ella se observa el incumplimiento de esta norma en todas las estaciones durante el periodo de 1996 a 1998, sin embargo se observa que las estaciones Miravalle y Vallarta están por debajo del valor de la norma anual a partir de 1999, al igual que Tlaquepaque y Águilas durante los dos últimos años.

Concentraciones diarias de ozono

En el cuadro 3.17 se observa que en 1996 se presentó la concentración máxima histórica, también destaca una tendencia decreciente de 1998 a 2001 con un ligero repunte en el 2002. Cabe resaltar que la frecuencia de concentraciones diarias máximas por encima de la norma de calidad del aire ha disminuido, ubicándose en 1996 en el percentil 50, mientras que a partir de 1999 a 2001 se ubico en el percentil del 80%.

Como complemento al cuadro anterior, en la figura 3.27 se muestra la distribución anual de las concentraciones diarias máximas de ozono. En primer término se observa que la mediana presenta una tendencia decreciente de 1996 a 1999, pero un incremento en los tres años subsiguientes. Se observa también la disminución de las concentraciones máximas a partir de 1999 y hasta 2002, encontrando los valores más elevados de 1996 a 1998 con registros por arriba de 0.3 ppm y destacándose el valor máximo histórico (0.336 ppm) en el año 1996.

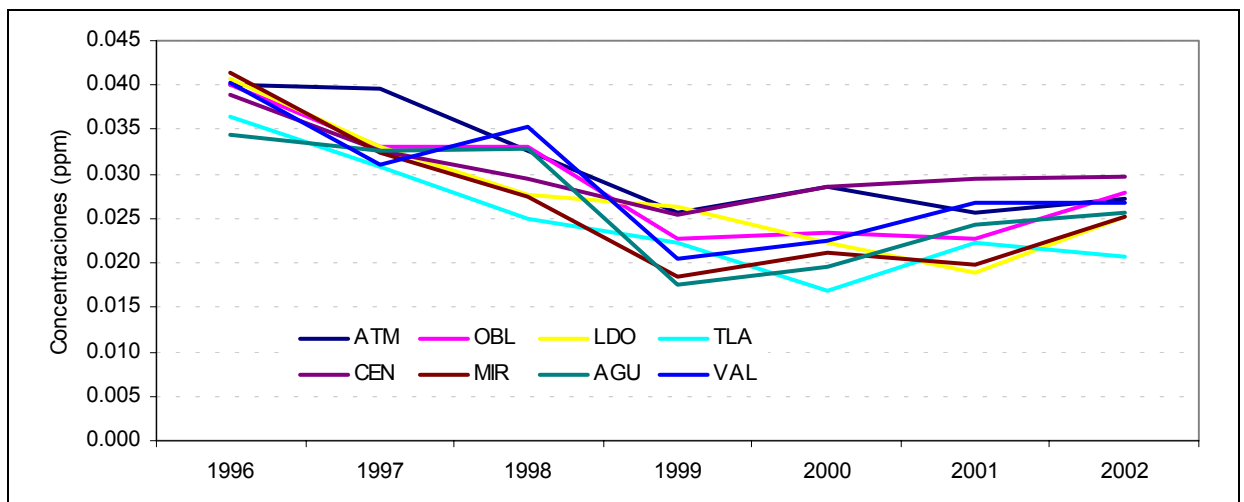
Finalmente, en la figura 3.28 se presentan las distribuciones anuales de los niveles diarios de ozono para cada una de las estaciones, se observa la tendencia decreciente de las medianas en todas la estaciones (en mayor o menor magnitud) de 1996 a 1999. Sin embargo, la tendencia de las medianas en los años sucesivos a 1999 presenta un ligero incremento; no obstante, cabe resaltar que ninguna rebasa los 0.11 ppm de ozono. También es importante destacar que en 1999 disminuyeron los valores altos y se observan distribuciones más compactas en relación con los tres años anteriores, manteniéndose así hasta el 2001.

Cuadro 3.13 Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación		Año							Mediana*
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Norte	Atemajac	ppm	0.040	0.040	0.033	0.026	0.029	0.026	0.027	0.029
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	79	78	64	50	56	51	53	56
	Oblatos	ppm	0.040	0.033	0.033	0.023	0.023	0.023	0.028	0.028
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	79	65	65	45	46	44	55	55
Este	Loma Dorada	ppm	0.041	0.033	0.028	0.026	0.022	0.019	0.025	0.026
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80	65	54	52	44	37	49	52
	Tlaquepaque	ppm	0.037	0.031	0.025	0.022	0.017	0.022	0.021	0.022
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	72	60	49	44	33	44	41	44
Centro	Centro	ppm	0.039	0.033	0.029	0.025	0.029	0.030	0.030	0.030
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	77	64	58	50	56	58	58	58
Sur	Miravalle	ppm	0.041	0.032	0.027	0.019	0.021	0.020	0.025	0.025
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	81	64	54	36	41	39	50	50
Oeste	Águilas	ppm	0.034	0.033	0.033	0.018	0.020	0.024	0.026	0.026
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	67	64	65	35	38	48	50	50
	Vallarta	ppm	0.040	0.031	0.035	0.020	0.023	0.027	0.027	0.027
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	79	61	69	40	44	52	52	52

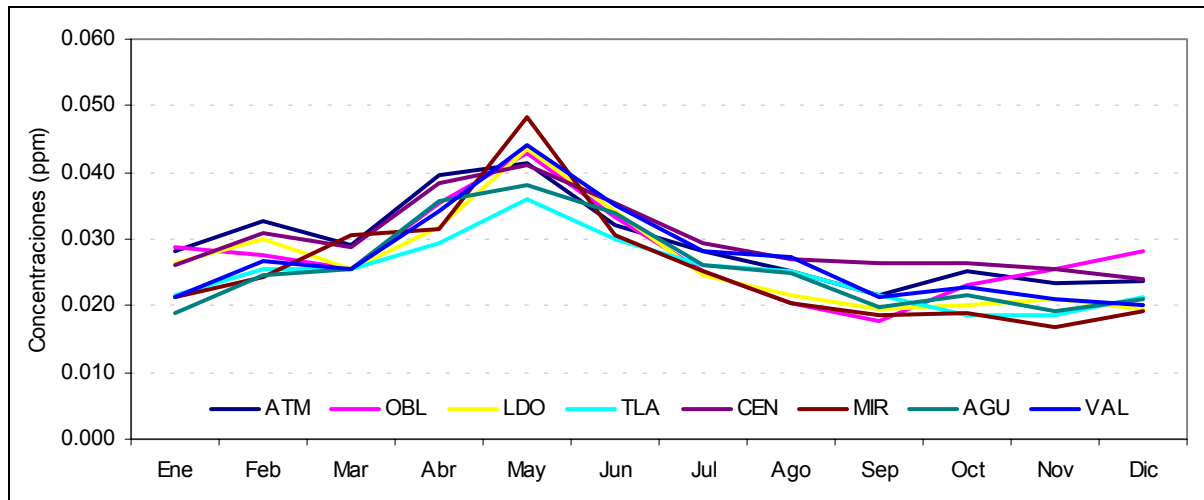
*Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

Figura 3.21 Promedio anual de concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo* en la ZMG, 1996-2002



*Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU), Vallarta (VAL)

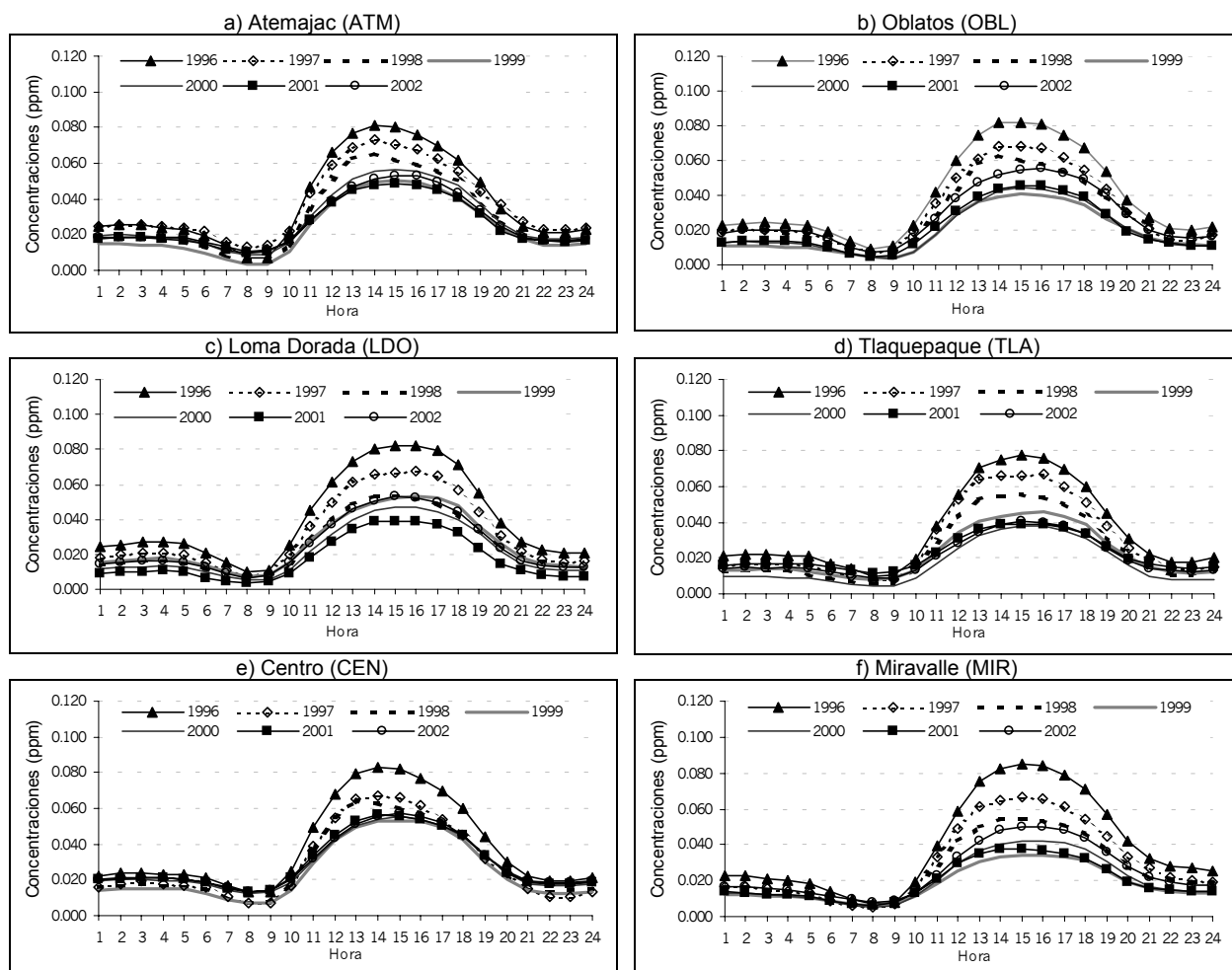
Figura 3.22 Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002

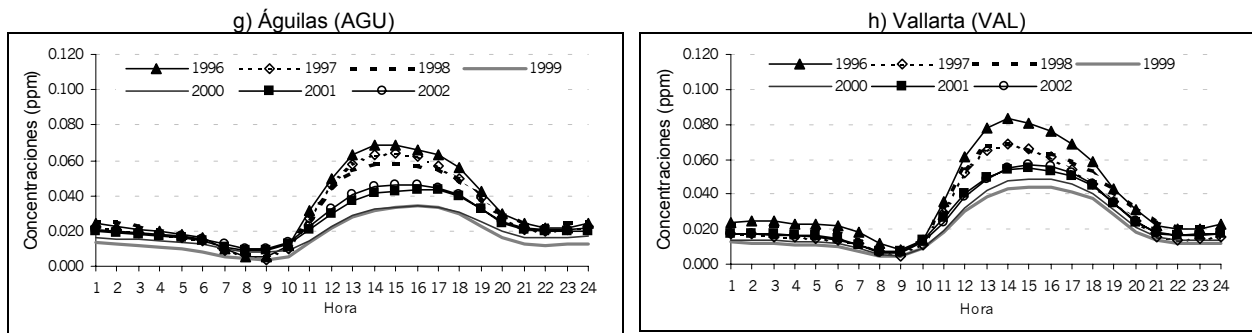


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1996-2002.

**Atemajac(ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada(LDO), Tlaquepaque(TLA), Centro(CEN), Miravalle(MIR), Águilas(AGU), Vallarta(VAL)

Figura 3.23 Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002





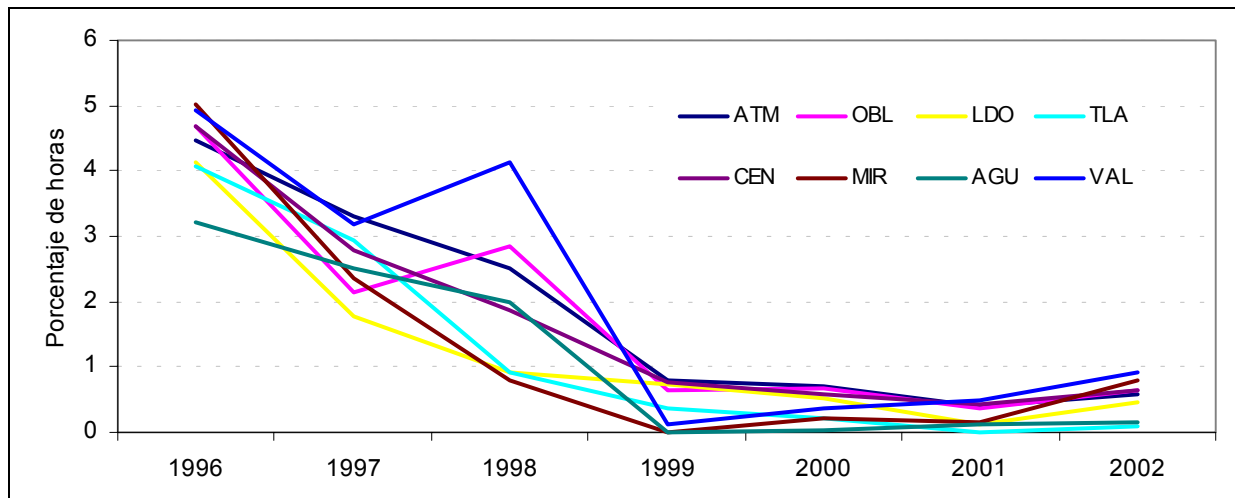
Cuadro 3.14 Horas (número y porcentaje) que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación		Año						
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Norte	Atemajac	%	4.5	3.3	2.5	0.8	0.7	0.4	0.6
		No.	346	242	180	58	60	35	49
	Oblatos	%	4.7	2.2	2.9	0.7	0.7	0.4	0.6
		No.	384	167	192	40	45	27	44
Este	Loma Dorada	%	4.1	1.8	0.9	0.7	0.5	0.1	0.5
		No.	343	140	66	59	43	9	40
	Tlaquepaque	%	4.1	2.9	0.9	0.4	0.2	0.0	0.1
		No.	324	238	77	30	18	0	7
Centro	Centro	%	4.7	2.8	1.9	0.8	0.6	0.4	0.6
		No.	387	194	152	61	49	37	55
Sur	Miravalle	%	5.0	2.4	0.8	0.0	0.2	0.1	0.8
		No.	384	184	65	1	19	12	63
Oeste	Águilas	%	3.2	2.5	2.0	0.0	0.0	0.1	0.2
		No.	240	185	142	1	3	10	14
	Vallarta	%	4.9	3.2	4.1	0.1	0.4	0.5	0.9
		No.	362	238	309	11	32	42	79
Promedio**		%	4.4	2.6	2.0	0.4	0.4	0.3	0.5

* La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

**Promedio de los porcentajes de las ocho estaciones.

Figura 3.24 Horas (porcentaje) que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



* La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

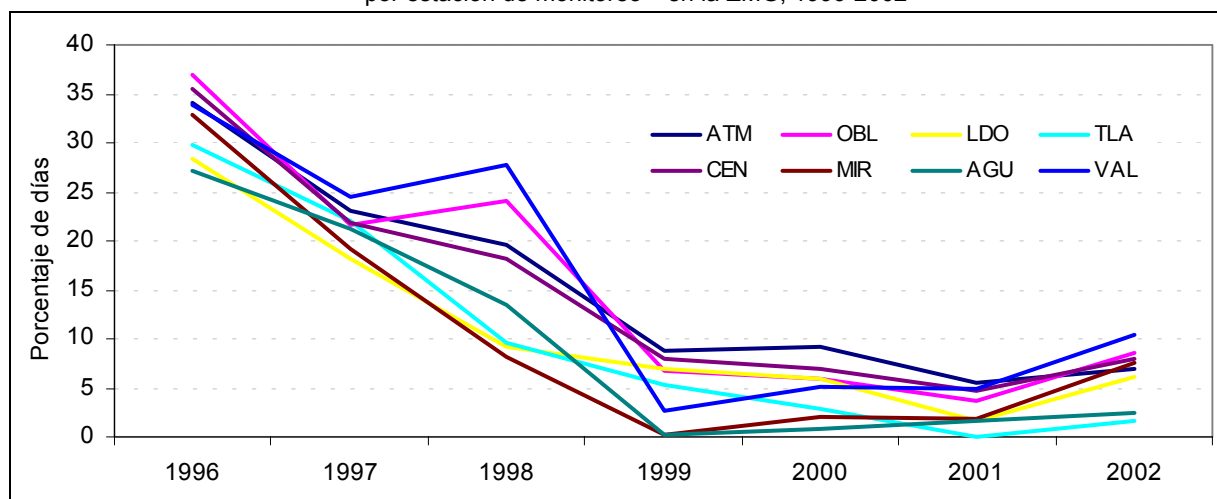
**Atemajac(ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada(LDO), Tlaquepaque(TLA), Centro(CEN), Miravalle(MIR), Águilas(AGU), Vallarta(VAL)

Cuadro 3.15 Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por mes y por año en la ZMG, 1996-2002

Año	Mes													Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	80.6	72.4	41.9	51.7	93.5	70.0	46.7	32.3	46.7	53.3	46.7	77.4	59.5
	No.	25	21	13	15	29	21	14	10	14	16	14	24	216
1997	%	64.5	39.3	54.8	46.7	74.2	73.3	29.0	38.7	13.3	35.5	53.3	38.7	46.8
	No.	20	11	17	14	23	22	9	12	4	11	16	12	171
1998	%	19.4	57.1	61.3	62.1	86.7	40.0	19.4	19.4	10.0	22.6	33.3	25.8	37.7
	No.	6	16	19	18	26	12	6	6	3	7	10	8	137
1999	%	16.1	25.0	9.7	36.7	38.7	26.7	6.5	0.0	10.0	16.1	10.3	0.0	16.2
	No.	5	7	3	11	12	8	2	0	3	5	3	0	59
2000	%	32.3	29.6	16.1	36.7	20.0	10.0	12.9	0.0	3.3	12.9	16.7	22.6	17.6
	No.	10	8	5	11	6	3	4	0	1	4	5	7	64
2001	%	6.5	14.3	35.5	26.7	45.2	10.0	0.0	0.0	10.0	29.0	10.3	12.9	16.8
	No.	2	4	11	8	14	3	0	0	3	9	3	4	61
2002	%	12.9	7.1	19.4	76.7	87.1	43.3	22.6	16.1	6.7	54.8	13.3	32.3	32.9
	No.	4	2	6	23	27	13	7	5	2	17	4	10	120

* La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Figura 3.25 Días (%) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



* La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

**Atemajac(ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada(LDO), Tlaquepaque(TLA), Centro(CEN), Miravalle(MIR), Águilas(AGU), Vallarta(VAL)

Cuadro 3.16 Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas* en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación	Año						
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
		Concentración de ozono (ppm)						
Norte	Atemajac	0.156	0.13	DI	DI	0.094	0.094	0.092
	Oblatos	0.146	0.113	DI	DI	DI	DI	0.094
Este	Loma Dorada	0.152	0.12	DI	0.101	0.095	DI	0.094
	Tlaquepaque	0.145	0.13	0.115	0.091	0.082	0.063	0.074
Centro	Centro	0.139	DI	0.129	0.102	0.095	0.097	0.097
Sur	Miravalle	0.166	0.128	0.107	0.059	0.085	0.093	0.11
Oeste	Águilas	0.125	DI	DI	DI	0.07	0.075	0.079
	Vallarta	0.164	DI	DI	0.078	0.081	0.098	0.105

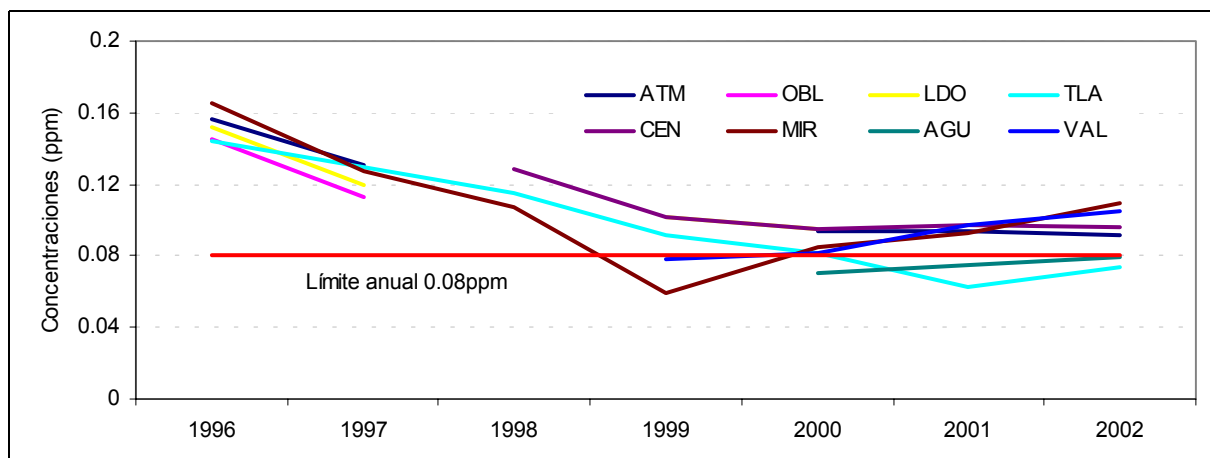
*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

SM = Sin medición

DI = Datos insuficientes

Una estación cumple con la norma anual cuando cuente con más del 75% de datos válidos durante el año y el valor del quinto máximo sea menor o igual a 0.08ppm (promedio móvil 8 horas).

Figura 3.26 Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas* para ozono (ppm) por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

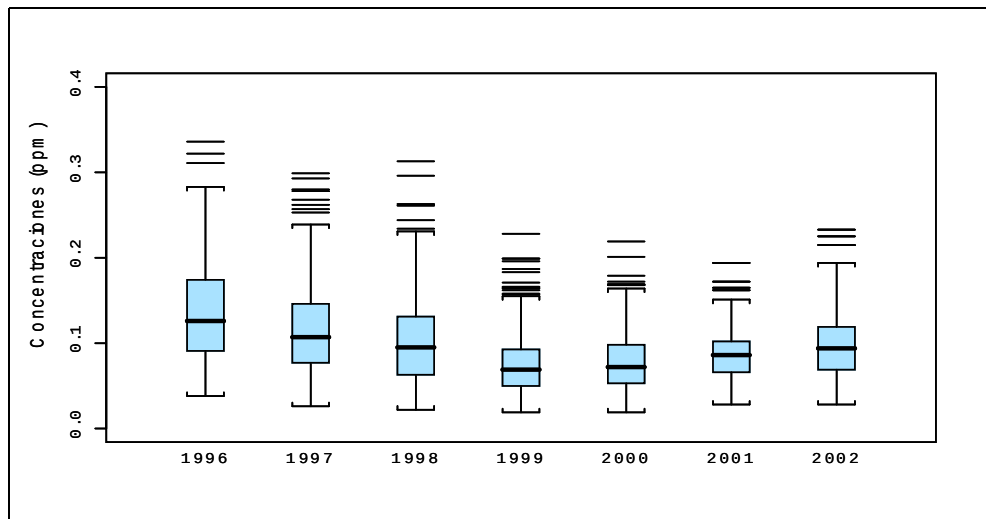
** Atemajac(ATM), Oblatos(OBL), Loma Dorada(LDO), Tlaquepaque(TLA), Centro(CEN), Miravalle(MIR), Águilas(AGU), Vallarta(VAL)

Cuadro 3.17 Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de ozono en la ZMG, 1996-2002

Año		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.135	0.116	0.102	0.076	0.079	0.086	0.098
Desviación Estándar		0.058	0.053	0.051	0.036	0.033	0.029	0.038
Mínimo		0.038	0.026	0.022	0.019	0.019	0.028	0.028
Máximo		0.336	0.299	0.313	0.228	0.219	0.194	0.233
Percentil	10	0.066	0.058	0.046	0.039	0.042	0.051	0.052
	20	0.083	0.071	0.056	0.047	0.048	0.060	0.063
	30	0.096	0.082	0.069	0.054	0.057	0.070	0.073
	40	0.109	0.092	0.081	0.061	0.064	0.078	0.086
	50	0.126	0.107	0.095	0.069	0.072	0.086	0.094
	60	0.144	0.125	0.107	0.077	0.082	0.092	0.104
	70	0.164	0.139	0.122	0.088	0.090	0.100	0.113
	80	0.182	0.156	0.139	0.100	0.105	0.108	0.127
	90	0.216	0.191	0.171	0.130	0.125	0.123	0.143
	95	0.241	0.216	0.197	0.148	0.137	0.136	0.164
	98	0.266	0.249	0.228	0.166	0.167	0.159	0.188
Total de días con datos		363	365	363	364	363	365	365

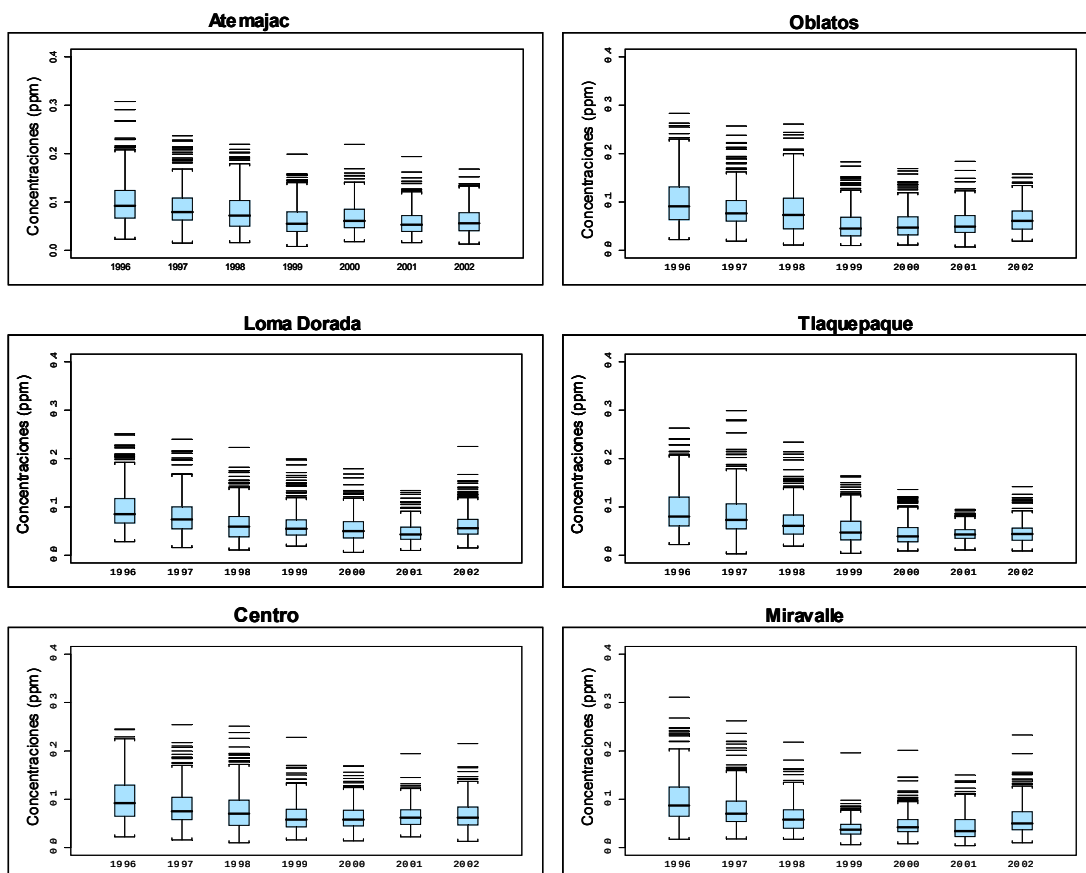
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubiera presentado en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo.

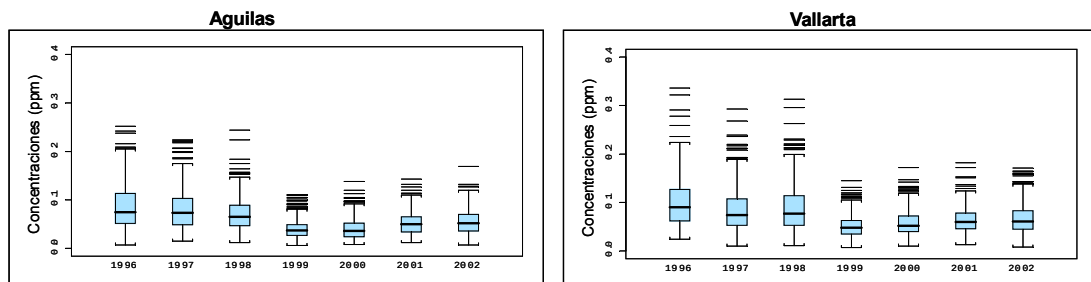
Figura 3.27 Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de ozono en la ZMG, 1996-2002*



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubiera presentado en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo.

Figura 3.28 Tendencia histórica de las concentraciones diarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002





Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo II-H: Horas (número y porcentaje) que se excede el valor de la norma de ozono por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002.

Anexo II-I: Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002.

Anexo II-J: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de ozono para cada una de las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG, 1996-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de ozono por hora y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMG.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMG.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de 11:00 a 19:00 horas de ozono por estación de monitoreo en la ZMG.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con al menos 1,2,3,...,10 horas consecutivas de con valores fuera de la norma de ozono por estación de monitoreo en la ZMG.
- Porcentaje y número de horas con información de ozono por año y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de horas con información de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.

Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 3.29 ilustra el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMG de 1996 a 2002. Las concentraciones mensuales más altas se presentaron entre diciembre y febrero, con un segundo pico de menor magnitud en mayo. Se observa que las estaciones Miravalle y Loma Dorada registran los promedios más elevados en todos los meses del año.

En la figura 3.30 se muestran las concentraciones promedio por hora y por año en las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG. Se observa una distribución bimodal en el comportamiento diario del contaminante, con ambos picos de la misma magnitud, salvo en la estación Miravalle, en donde las concentraciones del segundo pico son inferiores. Los periodos del día con las concentraciones promedio horarias más elevadas se registraron de las 8:00 a las 11:00 y de las 20:00 a las 23:00 horas. En la mayoría de las estaciones las concentraciones más altas se registraron entre 1996 y 1998. Finalmente, destaca que la estación Miravalle es la que suele registrar las concentraciones más elevadas a lo largo del día.

Valores fuera de norma de PM₁₀

En el cuadro 3.18 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada estación de monitoreo de la ZMG. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales desde 1996, observándose que el valor más alto corresponde a la estación Miravalle (101 µg/m³). Resalta también, el que en las estaciones Loma Dorada y Miravalle se rebasa la norma anual de 50 µg/m³, como media aritmética (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), durante todo el periodo analizado (figura 3.31). Prácticamente ocurre lo mismo en Tlaquepaque, donde sólo en 1997 no se excedió dicha norma. Asimismo, se observa que en 1998 todas las estaciones rebasaron la norma anual.

El cuadro 3.19 presenta el número y porcentaje de días con concentraciones de PM₁₀ superiores al valor de la norma diaria de 150 µg/m³, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) en la ZMG. Se observa que en 1998 se presentó el número más elevado de días con registros por arriba del valor de la norma (135 días) y que durante los últimos años ha disminuido considerablemente, llegando a ser casi 50 % menor en el 2002 (69 días). También es claro que en los meses fríos y secos se presenta mayor número de valores fuera de norma.

En la figura 3.32 se muestra el porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma de PM₁₀ en cada estación de monitoreo; es evidente la tendencia general a la disminución en el número de días en que se excede el límite permisible de 150 µg/m³, particularmente en Miravalle. Se observa un aumento de valores fuera de norma en el 2002. Entre 1999 y 2001 sólo se registraron valores arriba de norma en las estaciones Miravalle y Loma Dorada.

Concentraciones diarias (24 horas) de PM₁₀

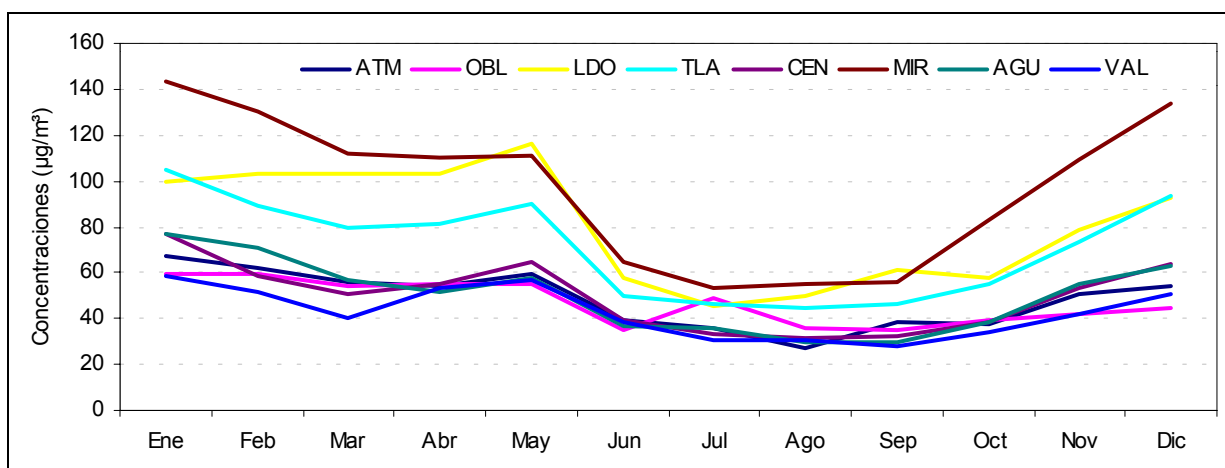
El cuadro 3.20 presenta las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas en la ZMG. Se observa que tanto la mediana (percentil 50) más elevada como la concentración máxima histórica (267 µg/m³) se presentan en 1998. Es de destacar una ligera disminución de las medianas, así como de los registros máximos entre 1998 y 2001; esta tendencia se interrumpe en el 2002 cuando se alcanza un máximo de 257 µg/m³, concentración similar al máximo histórico de 1998.

Como complemento al cuadro anterior en la figura 3.33 se muestra la tendencia histórica de los picos diarios obtenidos a partir de los promedios de 24 horas de PM₁₀ en la ZMG. Las distribuciones de cada uno de los

años indica una tendencia relativamente estable en el periodo analizado (1996-2002). Aunque se observan concentraciones altas extremas, en ningún año se alcanzaron los 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figura 3.34 ilustra la tendencia histórica de los promedios de 24 horas en cada estación de monitoreo. Cabe resaltar que en el año 2002 se incrementaron, con respecto al 2001, las concentraciones de PM₁₀ en las estaciones Tlaquepaque, Centro, Miravalle y Águilas. Asimismo, la estación Miravalle (zona sur) fue la que registró las concentraciones más altas, con máximos cercanos a los 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

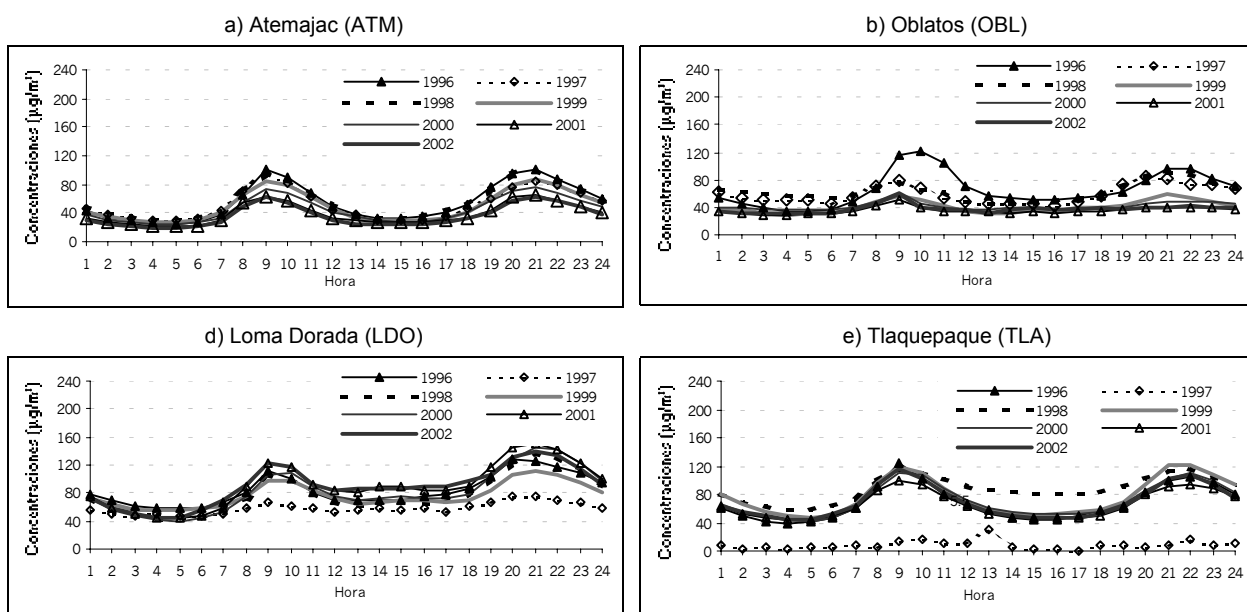
Figura 3.29. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de PM₁₀, por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002

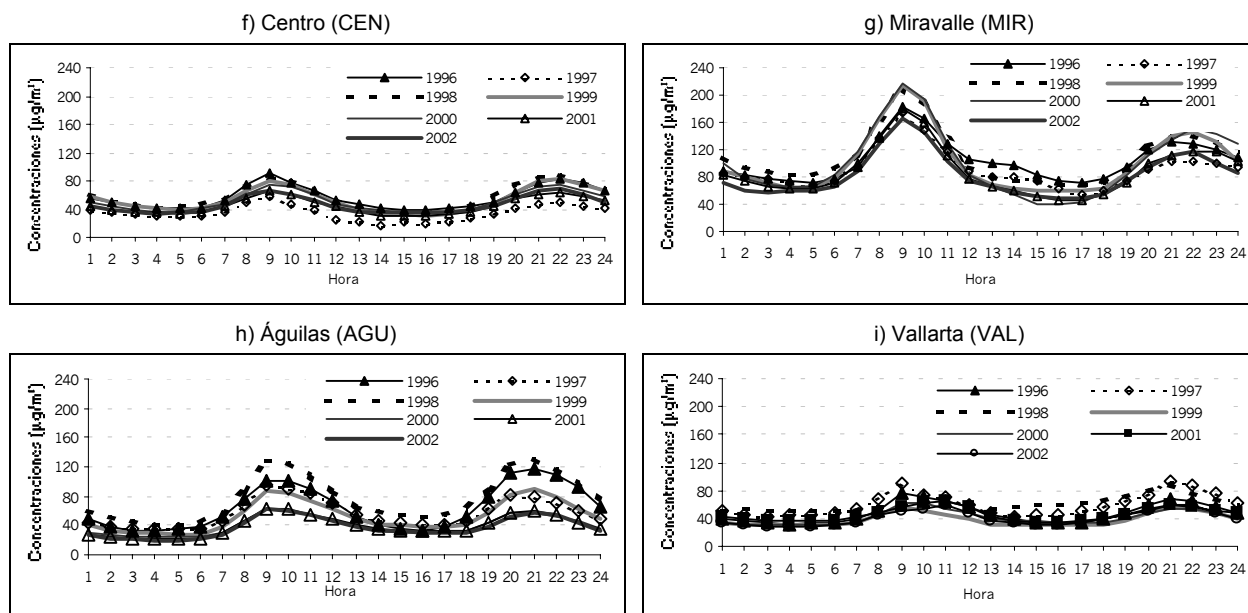


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales de 1996 a 2002.

** Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL).

Figura 3.30. Concentraciones horarias promedio de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002





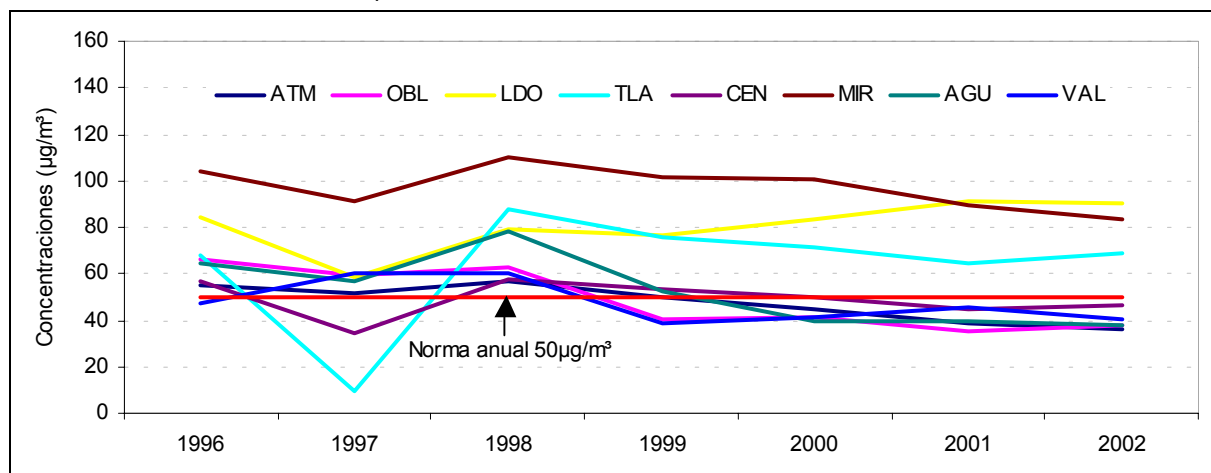
Cuadro 3.18. Promedio anual de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) horarias de PM_{10} en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación	Año							Mediana*
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Norte	Atemajac	55	52	57	50	45	39	36	50
	Oblatos	66	59	63	40	42	35	38	42
Este	Loma Dorada	85	58	79	77	83	91	90	83
	Tlaquepaque	68	10	88	76	71	65	69	69
Centro	Centro	57	35	57	53	50	45	46	50
Sur	Miravalle	104	91	110	101	101	89	83	101
Oeste	Águilas	65	57	78	53	39	39	38	53
	Vallarta	47	60	60	39	41	46	41	46

* Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

Nota: las celdas sombreadas representan concentraciones que rebasan la norma anual de PM_{10} , que es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 3.31. Promedio anual de concentraciones horarias* de PM_{10} por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002.



*La norma anual de PM_{10} es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

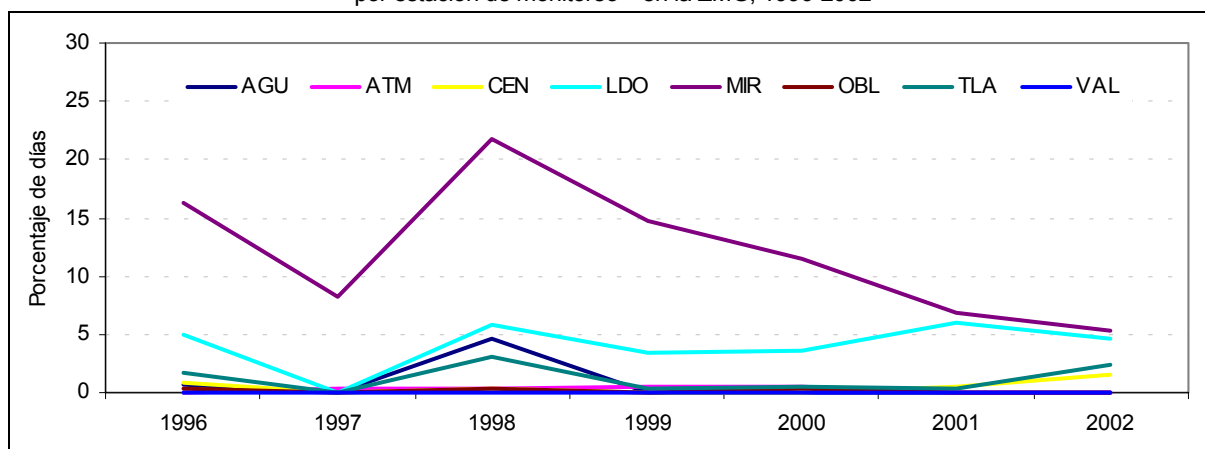
** Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL).

Cuadro 3.19. Días en que se excede el valor de la norma diaria de PM₁₀* por mes y por año en la ZMG**, 1996-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	67.7	55.6	23.3	41.4	38.7	0.0	0.0	13.3	13.8	7.4	44.4	73.3	31.9
	No.	21	15	7	12	12	0	0	4	4	2	12	22	111
1997	%	57.1	33.3	12.9	11.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	40.7	33.3	16.2
	No.	16	9	4	3	1	0	0	0	0	2	11	10	56
1998	%	65.5	53.6	56.7	40.7	96.7	40.0	0.0	0.0	3.6	0.0	36.7	71.4	38.9
	No.	19	15	17	11	29	12	0	0	1	0	11	20	135
1999	%	93.5	39.3	25.8	17.9	33.3	13.8	0.0	9.7	16.7	12.9	44.8	56.7	30.4
	No.	29	11	8	5	10	4	0	3	5	4	13	17	109
2000	%	60.0	47.8	29.0	46.7	26.7	3.4	0.0	3.2	10.0	0.0	13.3	74.2	25.8
	No.	18	11	9	14	8	1	0	1	3	0	4	23	92
2001	%	48.4	53.6	22.6	16.7	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	16.7	48.4	21.9
	No.	15	15	7	5	13	0	0	0	0	5	5	15	80
2002	%	48.4	25.0	29.0	43.3	25.8	3.3	0.0	0.0	3.3	3.2	13.8	33.3	19.0
	No.	15	7	9	13	8	1	0	0	1	1	4	10	69

*La norma diaria es igual a 150 µg/m³ como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Máximo de los promedios de 24 horas de las ocho estaciones de monitoreo.

Figura 3.32. Días (%) en que se excede el valor de la norma de PM₁₀* por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002

* La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994)

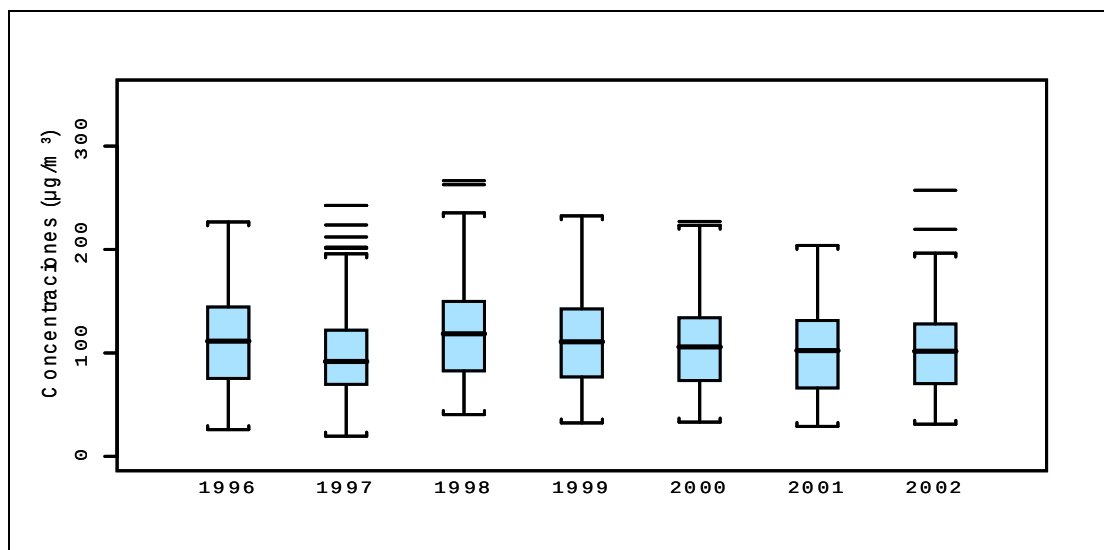
** Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL)

Cuadro 3.20. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (µg/m³) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002

Año		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		113	97	120	111	107	101	101
Desviación Estándar		43	37	44	41	40	39	40
Mínimo		26	20	40	32	33	29	31
Máximo		227	243	267	233	227	204	257
Percentil	10	57	54	63	58	55	50	47
	20	69	64	76	73	66	60	61
	30	83	73	90	83	81	72	75
	40	100	81	102	99	96	86	90
	50	111	92	119	111	106	102	102
	60	125	104	133	121	116	113	113
	70	136	117	144	135	127	127	123
	80	149	128	156	148	140	138	134
	90	167	146	176	162	158	152	153
	95	187	163	196	180	179	165	167
	98	200	183	217	195	197	179	188
Total de días con datos		363	365	364	364	363	365	365

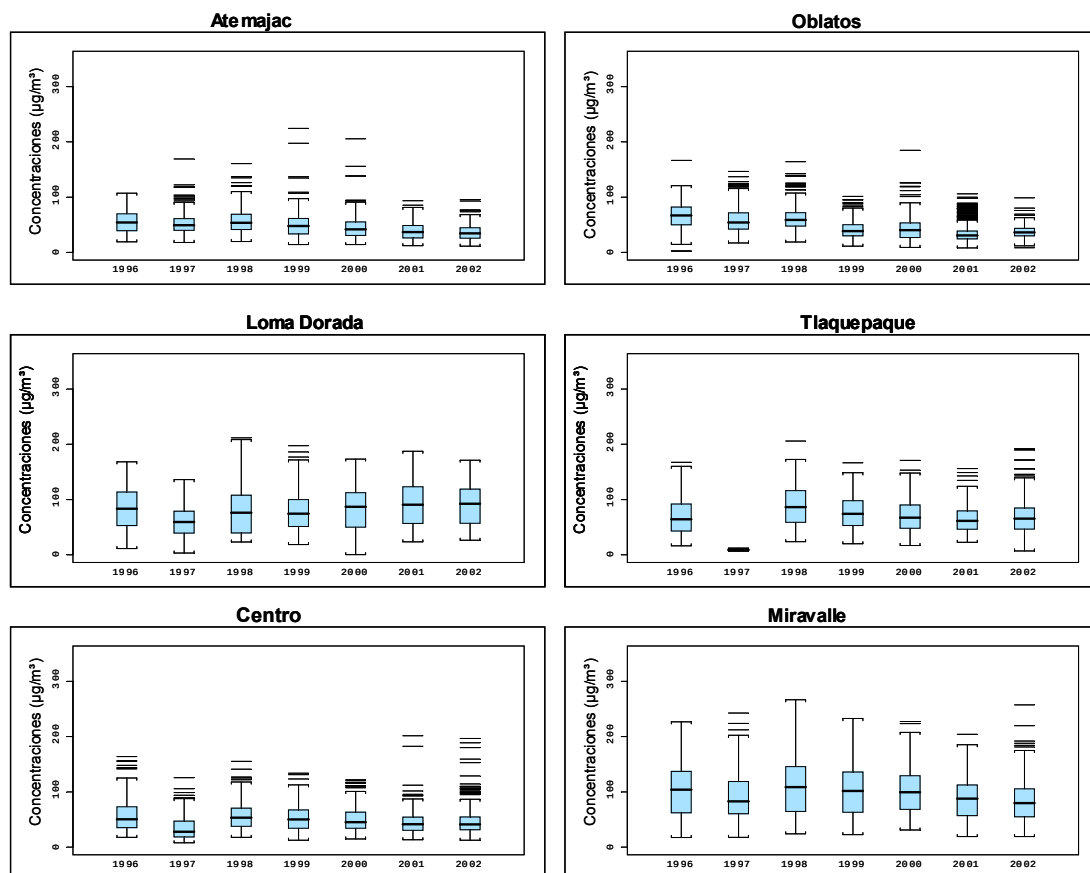
* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo.

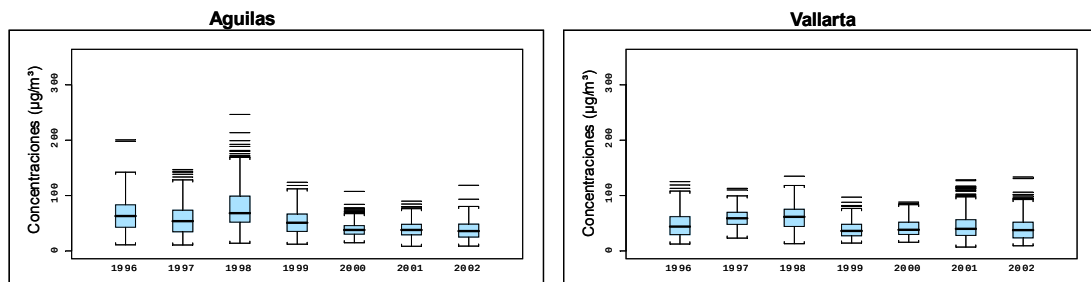
Figura 3.33. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM_{10} en la ZMG, 1996-2002



* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo.

Figura 3.34. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002





Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo II-K: Días en que se excede el valor la norma de PM₁₀ (promedios de 24 horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMG, 1996-2002.

Anexo II-L: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM₁₀ (µg/m³) para cada una de las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG, 1996-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de PM₁₀ por hora y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Concentraciones horarias promedios de PM₁₀ por hora y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMG.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMG.
- Porcentaje y número de horas con información de PM₁₀ por año y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de horas con información de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.

Dióxido de azufre (SO₂)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 3.8 presenta el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de SO₂ entre 1996 y 2002, en las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG. En general, se observa que las concentraciones más altas, en la mayoría de las estaciones de monitoreo, ocurren entre noviembre y febrero, en tanto que las más bajas entre junio y septiembre. También es evidente que las estaciones Centro y Atemajac presentan los promedios mensuales más altos a lo largo del año.

En la figura 3.9 se ilustran los promedios horarios en cada estación de monitoreo de la ZMG, de 1996 a 2002. En la mayoría de las estaciones se observa una distribución bimodal durante el día, en la que las concentraciones más elevadas se presentan entre las 8:00 y las 11:00 horas, con un segundo pico, de menor magnitud, entre las 19:00 y 24:00 horas. Las concentraciones más altas, en prácticamente todas las estaciones, ocurrieron entre 1996 y 1997. A partir de ese año tienden a la baja, a pesar de que en el 2002 las estaciones Atemajac y Miravalle vuelven a presentar concentraciones altas, sin alcanzar los niveles de los años 1996 y 1997.

Valores fuera de la norma de dióxido de azufre

El cuadro 3.6 y la figura 3.10 muestran los promedios anuales de las concentraciones horarias de SO₂ por año y por estación de monitoreo. Destaca que el valor de la norma anual de éste contaminante, que es de 0.03 ppm como promedio aritmético (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 diciembre de 1994) nunca se ha alcanzado o excedido en la ZMG. De hecho, los promedios en todas las estaciones se ubican muy por debajo de dicho límite.

En el cuadro 3.7 se muestran los días, en número y porcentaje, con concentraciones que excedieron el valor de la norma diaria de SO₂ (0.13 ppm, como promedio de 24 horas que no se debe rebasar más de una vez por año, NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) en la ZMG. Destaca que en los años 2001 y 2002 se presentaron tres valores fuera de norma en cada año, a pesar de que entre 1996 y el 2000 sólo se había registrado un valor fuera de la norma, el cual ocurrió en enero de 1997. Los tres valores que excedieron el valor límite de la norma del 2001 ocurrieron en noviembre, en tanto que las del 2002 se presentaron en enero (2) y octubre (1).

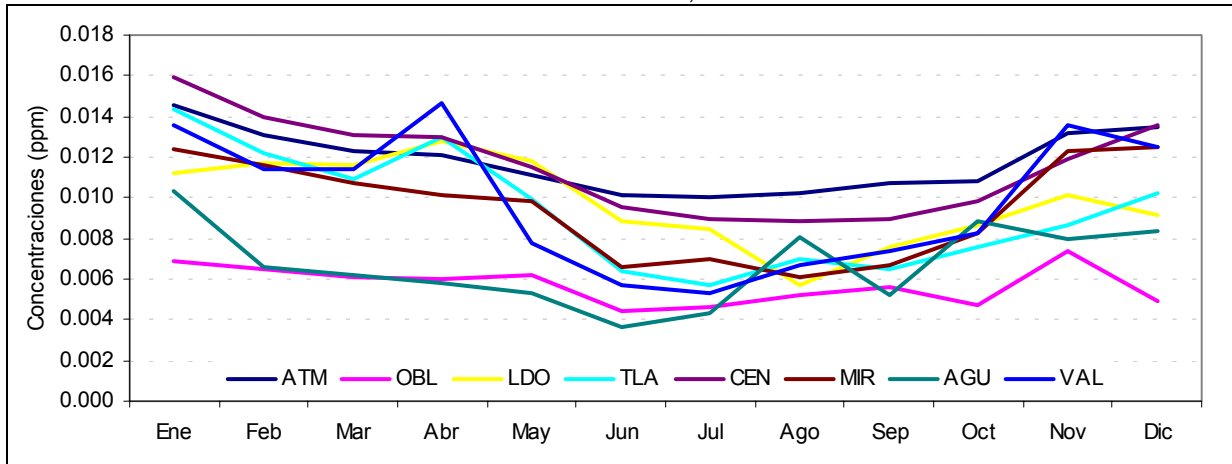
La figura 3.11 ilustra la tendencia histórica del porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma diaria de SO₂ en cada estación de monitoreo. Se observa que el valor registrado fuera de la norma en 1997 ocurrió en la estación Vallarta, los registrados del 2001 en Oblatos y los del 2002 en las estaciones Miravalle, Oblatos y Vallarta.

Concentraciones diarias (24 horas) de dióxido de azufre

El cuadro 3.8 contiene las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas de SO₂ en la ZMG. Es pertinente aclarar que se consideró como dato base diario la concentración máxima de las ocho estaciones. El registro máximo ocurrió en el 2001 (0.264 ppm), seguido por el del 2002 (0.250 ppm). La mediana con valor más elevado se presentó en 1996, después disminuyeron considerablemente y se han mantenido estables para el resto del periodo.

La figura 3.12 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas de SO₂ en las ocho estaciones de monitoreo de la ZMG. Las distribuciones muestran que, en general, se registran concentraciones bajas, a pesar de que en el 2001 y 2002 se presentaron niveles elevados atípicos en las estaciones Oblatos y Miravalle (figura 3.13).

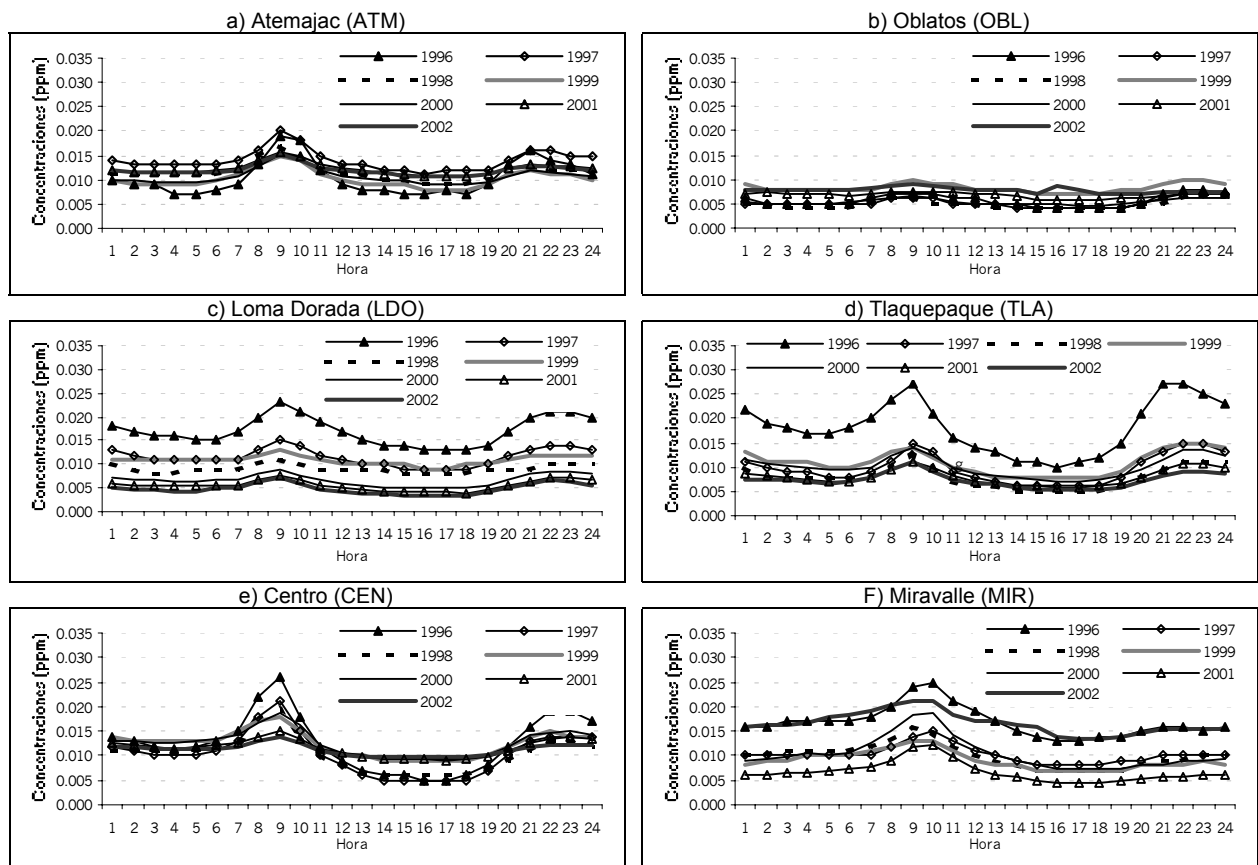
Figura 3.8. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo ** en la ZMG, 1996-2002.

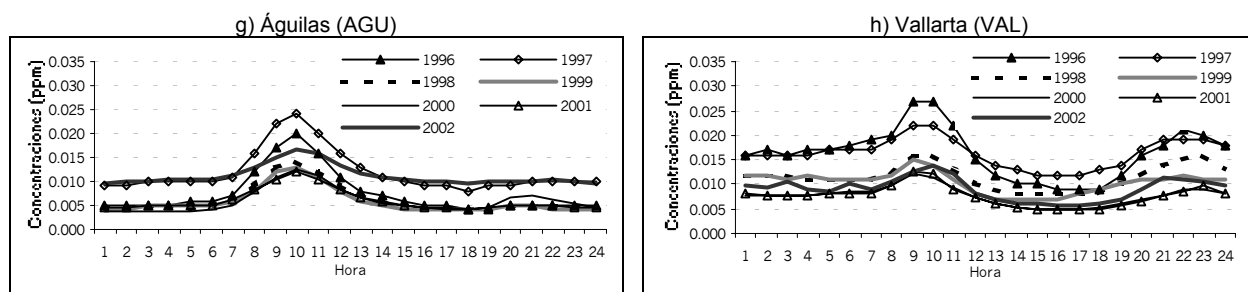


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1996-2002.

**Atemajac (ATM), Oblatos (Obl), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL).

Figura 3.9. Concentraciones horarias promedio de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002





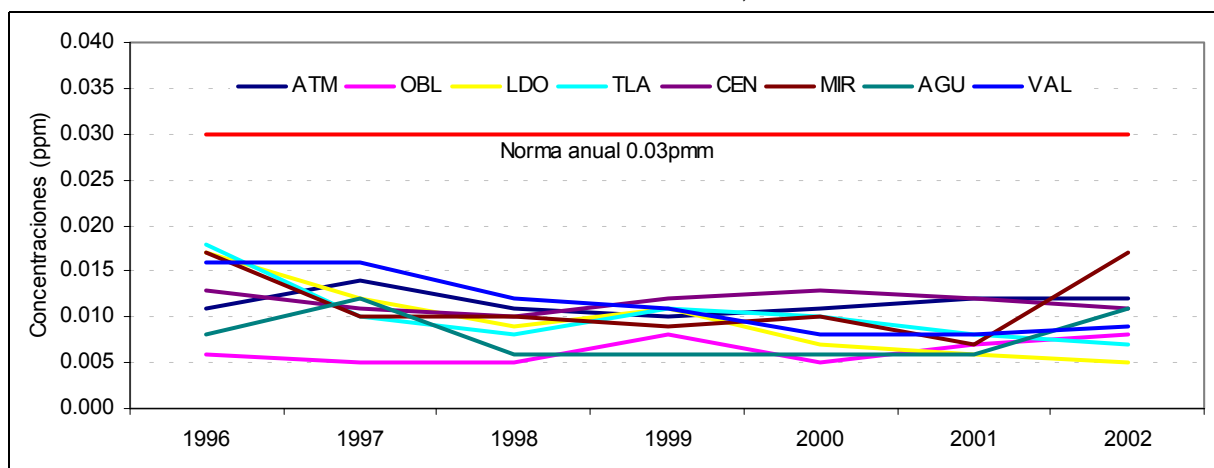
Cuadro 3.6. Promedio anual de las concentraciones horarias de SO₂* en la ZMG, 1996-2002

Zona	Estación		Año							Mediana**
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Norte	Atemajac	ppm	0.011	0.014	0.011	0.010	0.011	0.012	0.012	0.011
		μ/m ³	29	37	29	26	29	31	31	29
	Oblatos	ppm	0.006	0.005	0.005	0.008	0.005	0.007	0.008	0.006
		μ/m ³	16	13	13	21	13	18	21	16
Este	Loma Dorada	ppm	0.017	0.012	0.009	0.011	0.007	0.006	0.005	0.009
		μ/m ³	44	31	24	29	18	16	13	24
	Tlaquepaque	ppm	0.018	0.010	0.008	0.011	0.010	0.008	0.007	0.010
		μ/m ³	47	26	21	29	26	21	18	26
Centro	Centro	ppm	0.013	0.011	0.010	0.012	0.013	0.012	0.011	0.012
		μ/m ³	34	29	26	31	34	31	29	31
Sur	Miravalle	ppm	0.017	0.010	0.010	0.009	0.010	0.007	0.017	0.010
		μ/m ³	44	26	26	24	26	18	44	26
Oeste	Águilas	ppm	0.008	0.012	0.006	0.006	0.006	0.006	0.011	0.006
		μ/m ³	21	31	16	16	16	16	29	16
	Vallarta	ppm	0.016	0.016	0.012	0.011	0.008	0.008	0.009	0.011
		μ/m ³	42	42	31	29	21	21	24	29

*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

* Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

Figura 3.10 Promedio anual de concentraciones horarias* de SO₂ por estación de monitoreo** de la ZMG, 1996-2002



*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

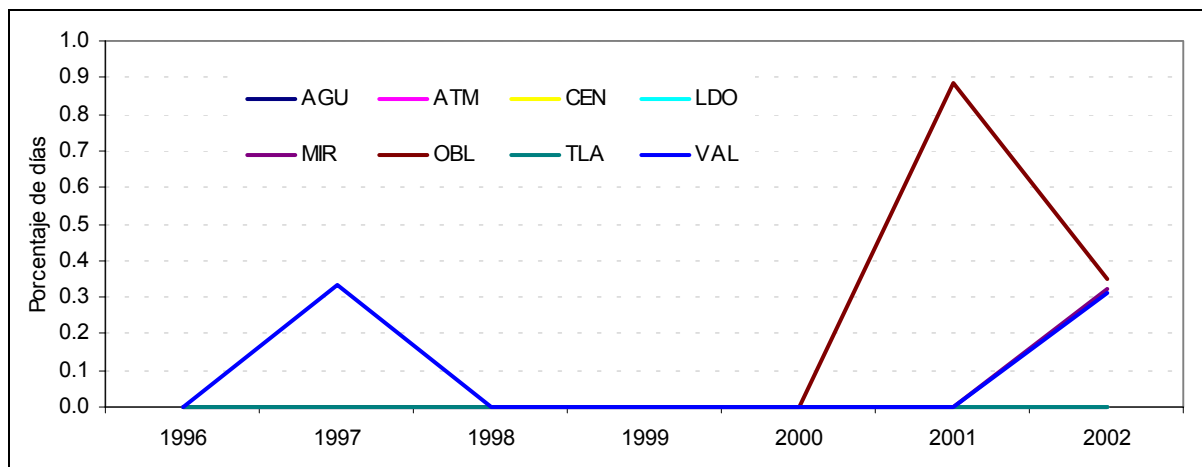
**Atemajac (ATM), Oblatos (Obl), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL).

Cuadro 3.7 Días en que se excede el valor de la norma de SO₂*
por mes y por año en la ZMG 1996-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	%	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1998	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.8
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
2002	%	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.8
	No.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3

* La norma horaria de SO₂ es igual a 0.13 ppm como promedio de 24 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 3.11 Días (%) en que se excede el valor de la norma de SO₂*
por estación de monitoreo** en la ZMG, 1996-2002



*La norma horaria de SO₂ es igual a 0.13 ppm como promedio de 24 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

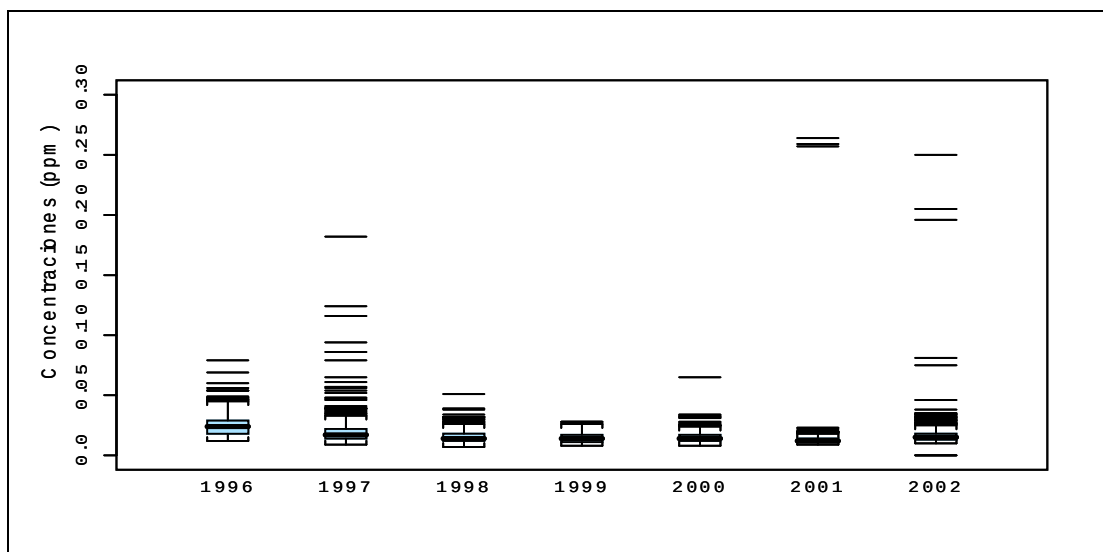
**Atemajac (ATM), Oblatos (Obl), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL).

Cuadro 3.8. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ZMG, 1996-2002

Año		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.025	0.021	0.015	0.014	0.015	0.015	0.018
Desviación Estándar		0.009	0.015	0.006	0.004	0.0052	0.0225	0.0195
Mínimo		0.012	0.009	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010
Máximo		0.079	0.182	0.051	0.028	0.065	0.264	0.250
Percentil	10	0.015	0.012	0.010	0.009	0.010	0.010	0.011
	20	0.017	0.013	0.011	0.011	0.011	0.010	0.013
	30	0.019	0.015	0.012	0.012	0.012	0.011	0.013
	40	0.022	0.016	0.013	0.013	0.013	0.012	0.014
	50	0.024	0.017	0.014	0.014	0.014	0.012	0.015
	60	0.026	0.019	0.016	0.015	0.015	0.013	0.016
	70	0.028	0.021	0.017	0.017	0.016	0.014	0.017
	80	0.031	0.024	0.019	0.018	0.018	0.015	0.020
	90	0.035	0.029	0.022	0.019	0.020	0.016	0.023
	95	0.043	0.039	0.025	0.021	0.024	0.018	0.030
	98	0.049	0.060	0.032	0.024	0.027	0.020	0.035
Total de días con datos		363	365	364	364	363	365	363

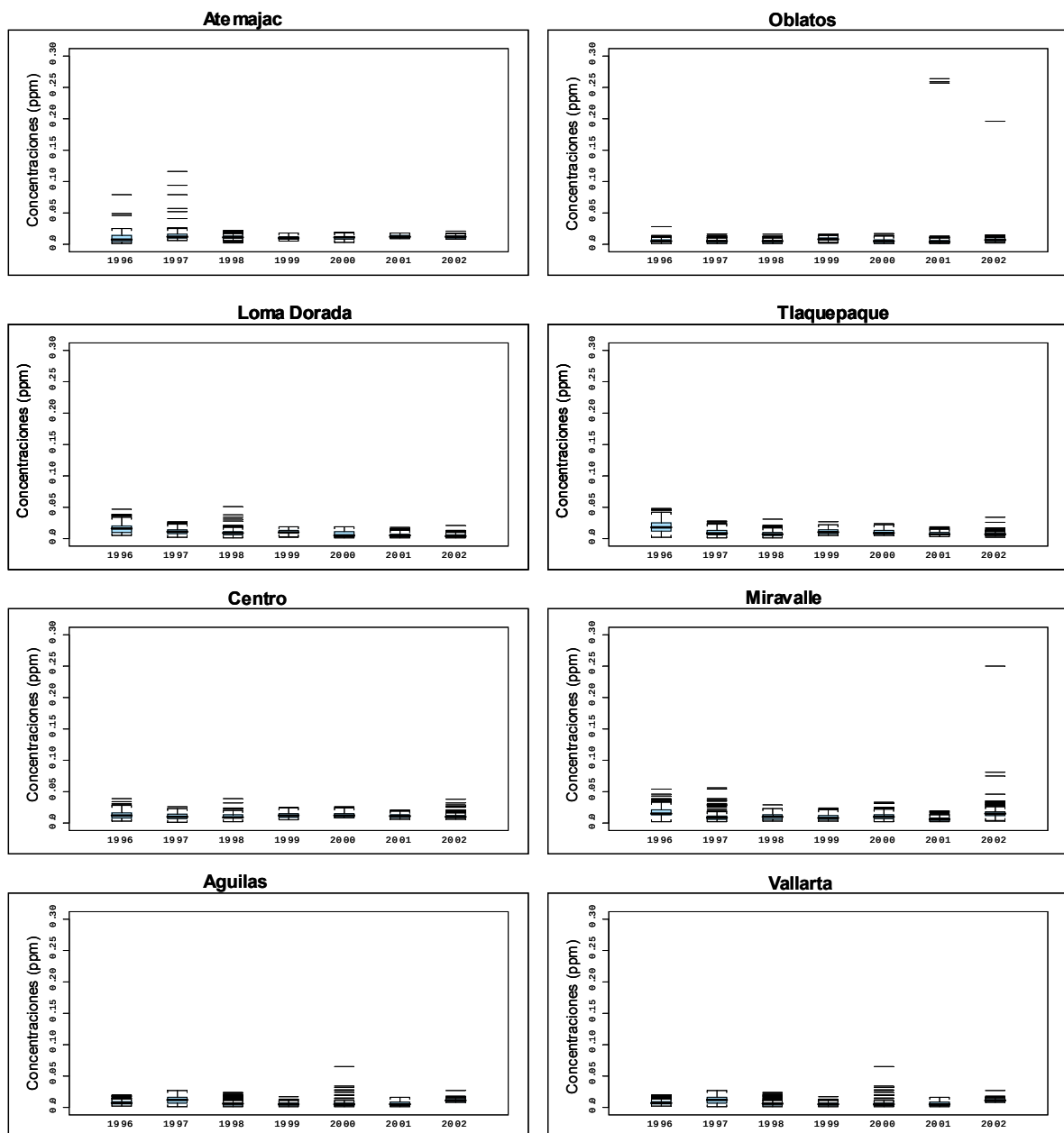
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo.

Figura 3.12. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ZMG, 1996-2002.



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las ocho estaciones de monitoreo.

Figura 3.13 Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo II-C: Días en que se excede el valor de la norma de SO_2 por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMG, 1996-2002.

Anexo II-D: Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO_2 para cada una de las ocho estaciones de monitoreo históricas de la ZMG, 1996-2002

Información adicional:

- Concentración máxima de SO_2 por hora y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Concentraciones horarias promedio de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMG.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMG.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMG.
- Porcentaje y número de horas con información de SO_2 por año y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de horas con información de SO_2 por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de SO_2 por mes y por estación de monitoreo en la ZMG.

4. ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY

Red de monitoreo de la calidad del aire

El Sistema de Monitoreo Ambiental (SIMA) de la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) inició su operación desde noviembre de 1992. Consta de cinco estaciones de monitoreo continuo (figura 4.1) que miden los contaminantes criterio: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), y partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀); también se registra la velocidad del viento (VV), la dirección del viento (DV) y la temperatura (TMP). En forma adicional la estación Sureste cuenta con un equipo que mide parámetros meteorológicos como presión atmosférica (PA), precipitación pluvial (PP) y radiación solar (RS). Las estaciones de monitoreo ambiental funcionan de manera automática y el centro de cómputo del SIMA supervisa su operación. En los cuadros 4.1 y 4.2 se presentan las estaciones que conforman esta red y los parámetros que se miden en cada una de ellas, así como sus símbolos y unidades de medición.

Figura 4.1. Distribución de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMM



La Subsecretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Nuevo León es la responsable de la operación de la red de monitoreo de la calidad del aire de la ZMM.

Cuadro 4.1. Estaciones de la red automática y parámetros que se miden en la ZMM

Zona	Estación	Clave	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	TMP	DV	VV	PM ₁₀	PA	PP	RS
Noroeste	San Bernabé	NO											
Noreste	San Nicolás	NE											
Centro	Obispaño	CE											
Suroeste	Santa Catarina	SO											
Sureste	La Pastora	SE											

Cuadro 4.2. Parámetros, símbolos y unidades de reporte en la ZMM

Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte	Símbolo	Parámetros meteorológicos	Unidades de Reporte
CO	Monóxido de carbono	ppm	VV	Velocidad del viento	m/s
SO ₂	Dióxido de azufre	ppm	TMP	Temperatura	°C
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	ppm	DV	Dirección del viento	grados azimut
O ₃	Ozono	ppm	RH	Humedad relativa	%
PM ₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros	µg/m ³	PA	Presión atmosférica	mm hg
			PP	Precipitación pluvial	mm
			RS	Radiación Solar	watts/m ²

Tendencias de los contaminantes atmosféricos en la ZMM de 1997 a 2002

A continuación se describe la tendencia histórica de los contaminantes que se midieron en la ZMM durante el periodo de 1997 a 2002. La información generada de los años anteriores a 1997 no se presenta en este documento, debido a que se encuentra en proceso de validación. Las cinco estaciones de monitoreo corresponden a cinco diferentes zonas geográficas del área metropolitana de Monterrey.

Monóxido de carbono (CO)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 4.3 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de CO para el periodo 1997-2002, en las cinco estaciones de monitoreo. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales para el mismo periodo. Se observa que las medianas con los valores más elevados corresponden a las estaciones Santa Catarina y San Nicolás. Cabe señalar que existe poca variación de la mediana en las diferentes zonas geográficas ya que los valores se encuentran en un rango de 0.8 a 1.1 ppm.

En la figura 4.2 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de CO. La mayoría de las estaciones muestran poca variación en el periodo analizado, salvo la estación La Pastora, en la que se aprecia una tendencia decreciente en los años 2000 y 2001 y un ligero incremento en el 2002.

En la figura 4.3 se presenta la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de CO, en ella se observa que las concentraciones mensuales más altas se registran en los meses de diciembre y enero y las más bajas en julio y agosto.

En la figura 4.4 se presentan las concentraciones horarias promedio de CO, se observa una tendencia bimodal en todos los años y en las cinco estaciones, con un primer pico de mayor magnitud, que se presenta entre las 6:00 y las 9:00 horas de la mañana y, un segundo pico, menos definido, entre las 18:00 y las 23:00 horas, a excepción de la estación de San Bernabé, en que ambos picos presentan la misma magnitud. Este comportamiento bimodal puede estar relacionado con los horarios de traslado a los trabajos por la mañana y el traslado hacia los hogares por la tarde. Es notorio que los valores más altos se registraron en San Nicolás y Obispedo durante 1997; en cambio, los más bajos se obtuvieron consistentemente en San Bernabé (NO).

Valores fuera de la norma de monóxido de carbono

En el cuadro 4.4 se ilustra el porcentaje y número de días en que se rebasa el valor de la norma de calidad del aire para CO (11ppm como promedio móvil de 8 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año, NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), en las estaciones de monitoreo en la ZMM de 1997 al 2002. En general, se observa que en muy contadas ocasiones se excede el valor de la norma, dos días en 1999 y dos días en 2002 durante los meses de enero, febrero, marzo y noviembre. Como complemento de este cuadro se presenta en la figura 4.5 el porcentaje de días que se excede el valor de la norma para cada estación de monitoreo, en ella se observa que San Nicolás es la única estación que no registra valores fuera de norma; asimismo, los años con mayor número de registros superiores al límite establecido en la norma que no pasan de 0.6% de días fueron 1997, 1999 y 2002.

Concentraciones diarias de monóxido de carbono

En el cuadro 4.5 se presentan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de CO como promedios móviles de 8 horas, las medianas (percentil 50) presentan el valor más alto (1.9 ppm) en 1998, a partir de este año se observa un ligero descenso que se mantiene hasta el 2001.

Como complemento al cuadro anterior la figura 4.6 muestra la distribución de las concentraciones diarias

máximas en la ZMM. Los valores máximos históricos 11.9 (en dos ocasiones) y 11.7ppm se registraron en 1997, 1999 y 2002. En la mayoría de los años resalta la gran cantidad de valores extremos por arriba de 5 ppm, sin embargo, la mediana permanece por debajo de esta cifra. Otro aspecto notorio es el aumento de valores con concentraciones bajas en los dos últimos años (2001-2002).

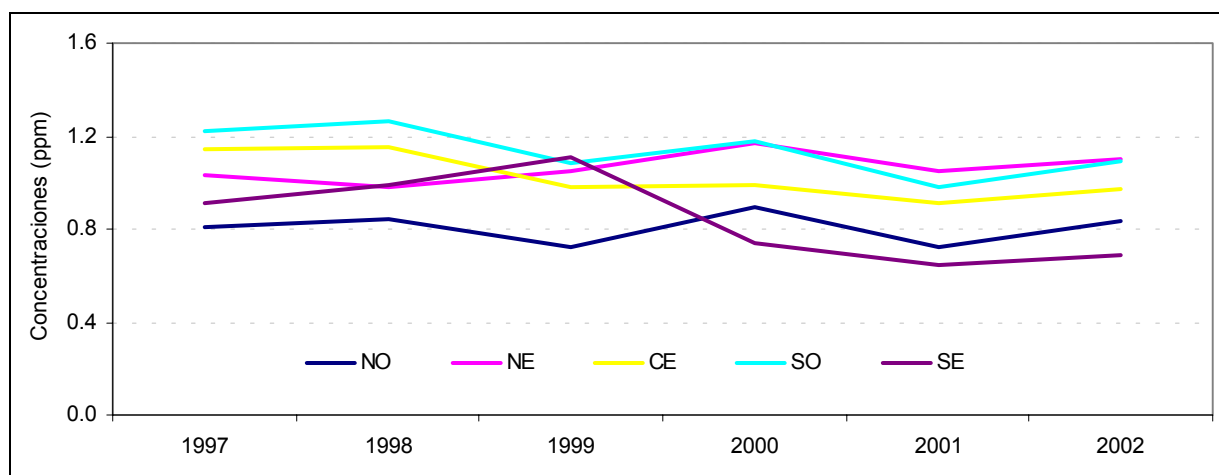
Por último, la figura 4.7 ilustra la distribución de las concentraciones diarias por año para cada una de las cinco estaciones. En primer término, lo que se aprecia es la gran cantidad de valores extremos, que exceden las 5 ppm y que se registraron en la estación San Nicolás, seguida de la estación Obispedo y, en menor cantidad, en Santa Catarina en la mayoría de los años presentados.

Cuadro 4.3. Promedio anual de las concentraciones horarias de CO en la ZMM, 1997-2002

Zona	Estación		Año						Mediana*
			1997	1998	1999	2000	2001	2002	
NO	San Bernabé	ppm	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8
		μ/m^3	922	964	828	1022	831	957	939
NE	San Nicolás	ppm	1.0	1.0	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1
		μ/m^3	1186	1126	1205	1342	1201	1263	1203
CE	Obispedo	ppm	1.1	1.2	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0
		μ/m^3	1311	1322	1124	1134	1041	1113	1129
SO	Santa Catarina	ppm	1.2	1.3	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1
		μ/m^3	1393	1447	1240	1346	1127	1252	1299
SE	La Pastora	ppm	0.9	1.0	1.1	0.7	0.6	0.7	0.8
		μ/m^3	1042	1137	1273	851	740	785	947

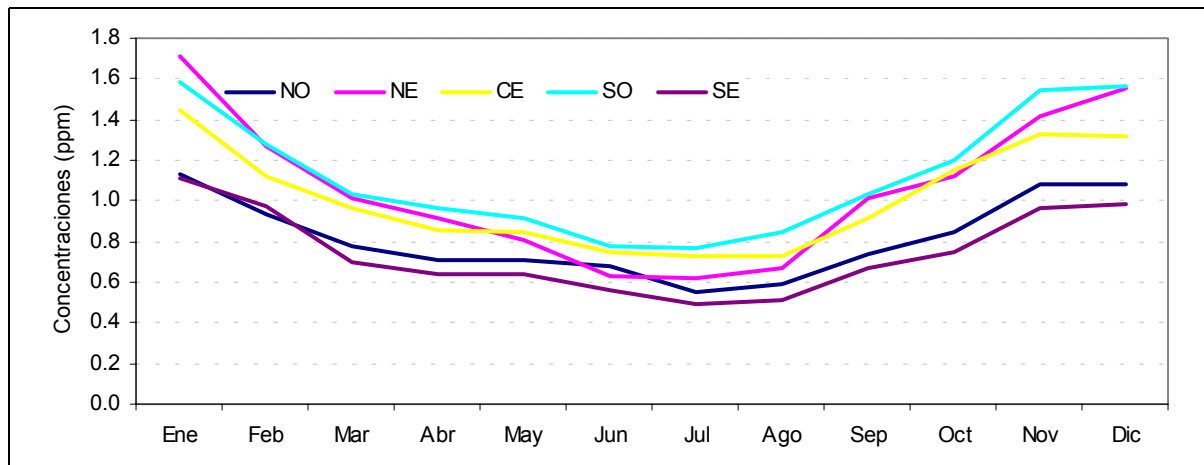
*Mediana de los promedios anuales de 1997 a 2002.

Figura 4.2. Promedio anual de concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo* en la ZMM, 1997-2002



*San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispedo (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

Figura 4.3. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo** de la ZMM, 1997-2002

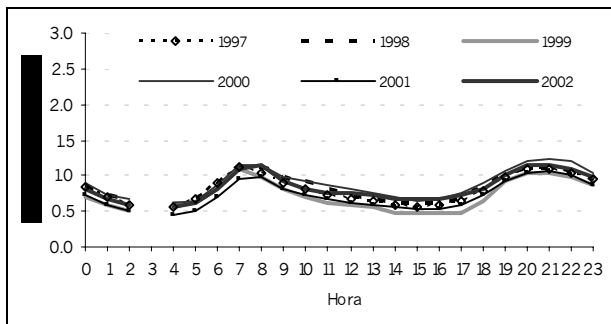


*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1997-2002

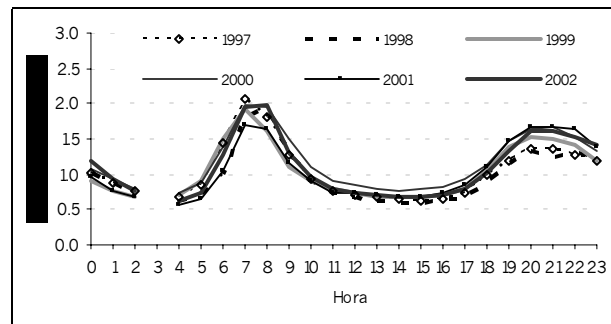
**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

Figura 4.4 Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002

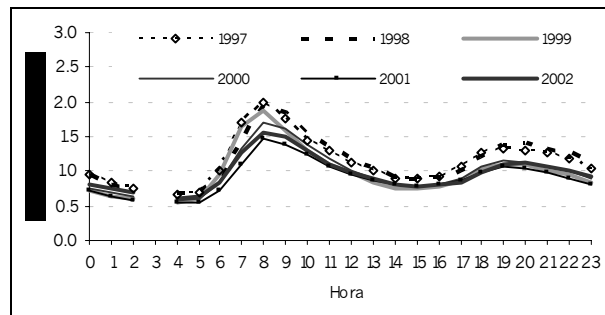
a) San Bernabé (NO)



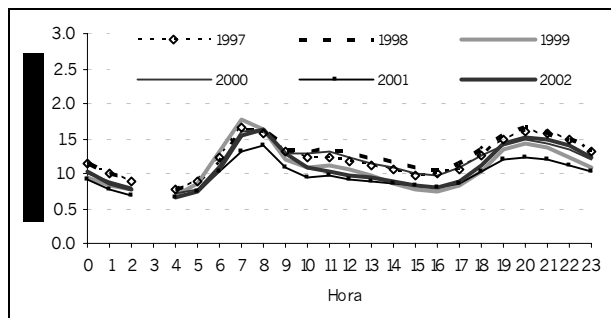
b) San Nicolás (NE)



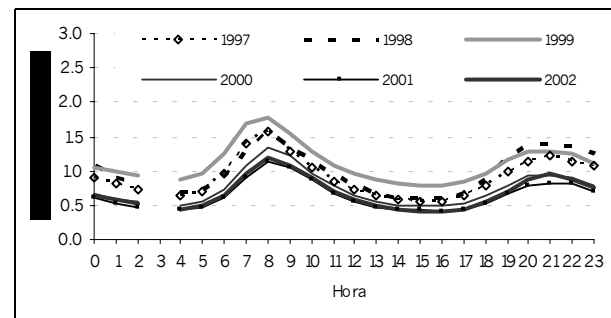
c) Obispado (CE)



d) Santa Catarina (SO)



e) La Pastora (SE)

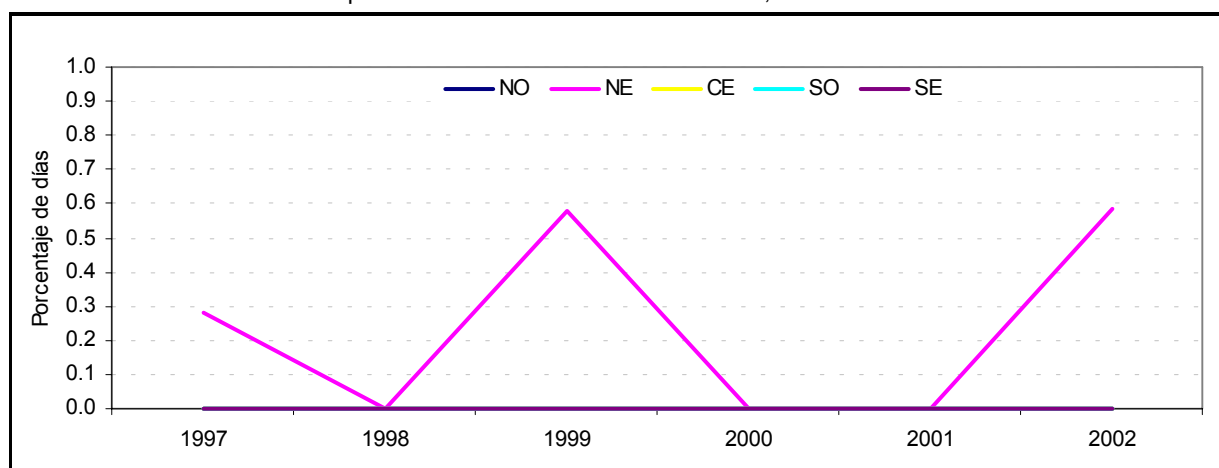


Cuadro 4.4. Días en que se excede el valor de la norma de CO* por mes y por año en la ZMM, 1997-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1997	%	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1998	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	%	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.5
	No.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
2000	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	%	3.2	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
	No.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año. (NOM-021-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994)

Figura 4.5 Días (%) en que se excede el valor de la norma de CO* por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002



*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año. (NOM-021-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994)

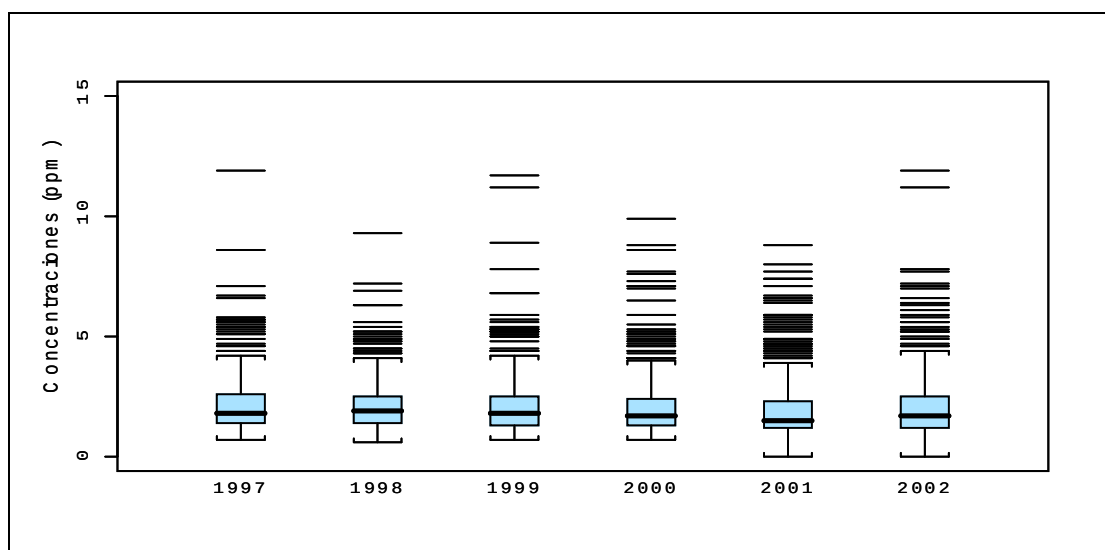
**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

Cuadro 4.5. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de CO en la ZMM, 1997-2002

Año		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		2.2	2.1	2.2	2.2	2.0	2.1
Desviación estándar		1.3	1.1	1.4	1.4	1.4	1.5
Mínimo		0.7	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7
Máximo		11.9	9.3	11.7	9.9	8.8	11.9
Percentiles	10	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0
	20	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
	30	1.4	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3
	40	1.6	1.7	1.5	1.6	1.4	1.4
	50	1.8	1.9	1.8	1.7	1.5	1.7
	60	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.9
	70	2.4	2.4	2.3	2.2	2.0	2.2
	80	2.8	2.8	2.9	2.8	2.5	2.8
	90	3.9	3.5	3.9	3.9	4.1	4.1
	95	5.1	4.4	5.1	4.9	5.4	5.2
	98	5.7	5.2	5.7	7.0	6.6	6.5
Total de días con datos		362	365	364	363	364	360

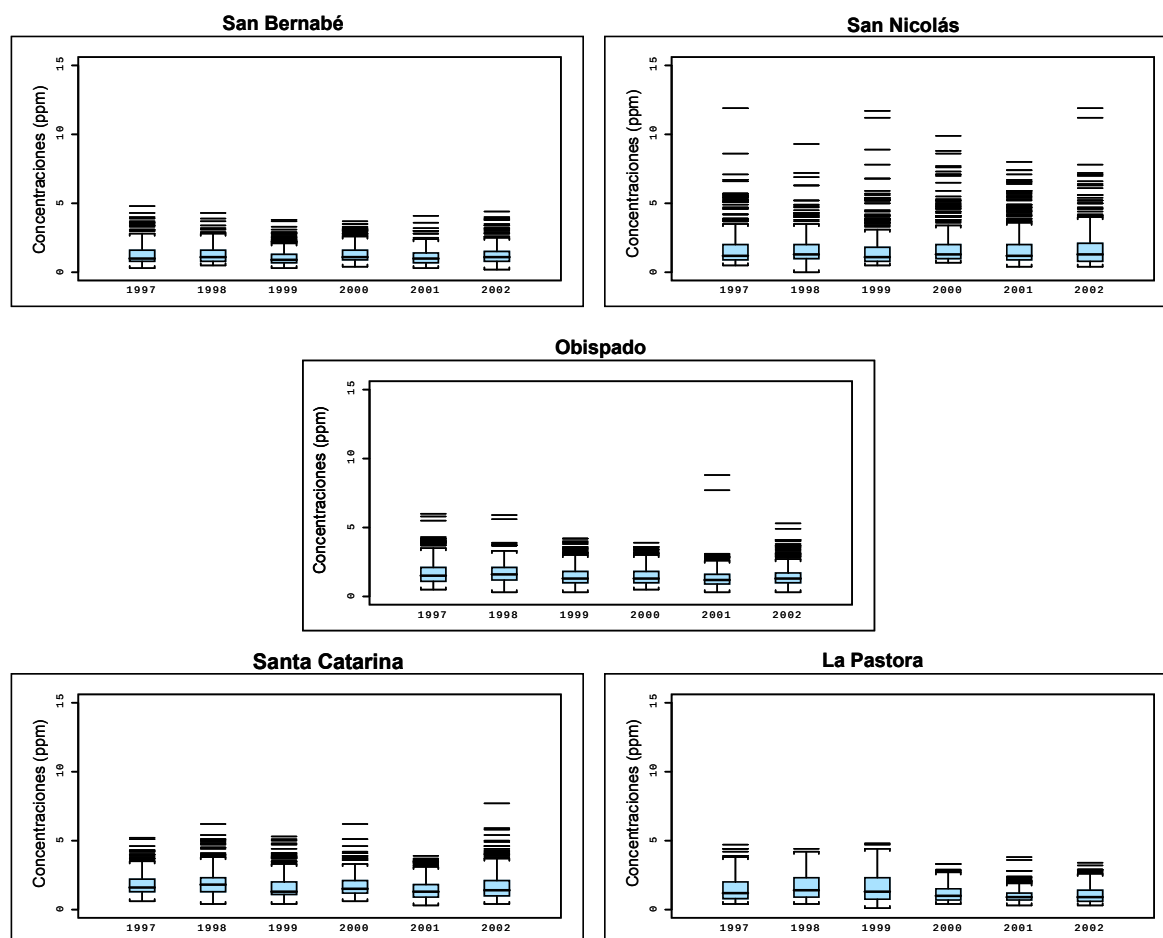
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio móvil de ocho horas) que se presentó en cualquiera de las cinco estaciones.

Figura 4.6. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de CO en la ZMM, 1997-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio móvil de ocho horas) que se presentó en cualquiera de las cinco estaciones.

Figura 4.7. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de CO* en la ZMM, 1997-2002



*Máximo de los promedios móviles de ocho horas

Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo III-A: Días en que se excede el valor de la norma de CO por mes, por año y por estación de monitoreo de la ZMM, 1997-2002

Anexo III-B: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de CO para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMM, 1997-2002

Información adicional.

- Concentración máxima de CO por hora y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMM.
- Porcentaje y número de horas con información de CO por año y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de horas con información de CO por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias máximos de CO como promedio móvil de ocho horas monitoreo en la ZMM.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Para la ZMM la información de los monitoreos de dióxido de nitrógeno realizados de 1993 a 1996 se encuentra en proceso de validación por lo que solo se presentan las tendencias para el periodo de 1997 a 2002.

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 4.8 se observa la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1997 a 2002. Los promedios anuales más altos se registraron consistentemente en las estaciones Obispado y Santa Catarina, excepto en el 2001, cuando la estación San Nicolás presentó el promedio anual más alto (0.030 ppm) (figura 4.13). La última columna del cuadro presenta las medianas de los promedios anuales desde 1997; se observa que la mediana más alta correspondió a la estación Obispado con 0.019 ppm, seguida de Santa Catarina con 0.018 ppm.

En la figura 4.14 se muestra la mediana de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno en cada estación de monitoreo. Se observa que las concentraciones mensuales más elevadas en casi todas las estaciones ocurrieron en enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre. En la mayoría de los meses las medianas más altas se presentaron en la estación Santa Catarina.

El promedio de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1997 a 2002 en las diferentes estaciones de monitoreo se muestra en la figura 4.15. Se observa una distribución bimodal en todos los años presentados y en las cinco estaciones, el primer pico se presenta de las 6:00 a las 10:00 horas y, el segundo, de las 18:00 a las 23:00 horas. También destaca el que la estación San Nicolás registra los promedios más elevados en el segundo pico.

Valores fuera de la norma de dióxido de nitrógeno

La norma diaria de dióxido de nitrógeno (0.21 ppm, NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) no se rebasó en ningún día del periodo analizado en ZMM.

Concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno

En el cuadro 4.9 se muestran las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias máximas de dióxido de nitrógeno en la ZMM. La concentración más elevada registrada en el periodo de análisis ocurrió en 1997 y fue de 0.207 ppm. El percentil 50 (mediana) muestra en general una tendencia decreciente a partir de 1997 con un incremento en el 2000 y 2001, pero siempre por debajo del valor normado (figura 4.16).

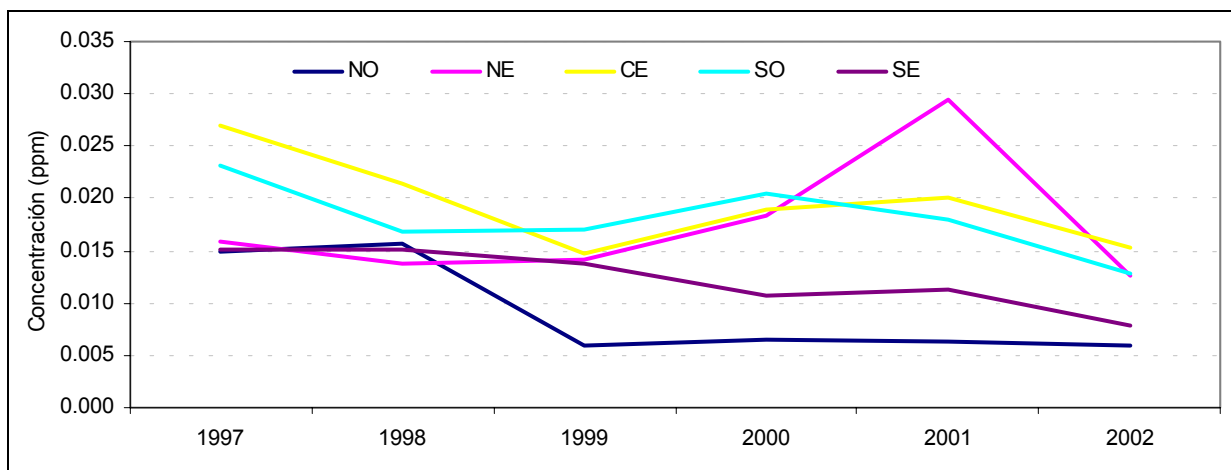
La figura 4.17 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias para cada una de las estaciones de monitoreo. Las concentraciones más elevadas de cada año se presentaron en la estación San Nicolás seguidas por las de la estación Obispado.

Cuadro 4.8 Promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂ en la ZMM, 1997-2002

Zona	Estación		Año						Mediana*
			1997	1998	1999	2000	2001	2002	
NO	San Bernabé	ppm	0.015	0.016	0.006	0.007	0.006	0.006	0.006
		μ/m ³	28	30	11	12	12	11	12
NE	San Nicolás	ppm	0.016	0.014	0.014	0.018	0.030	0.013	0.015
		μ/m ³	30	26	27	35	56	24	28
CE	Obispado	ppm	0.027	0.021	0.015	0.019	0.020	0.015	0.019
		μ/m ³	51	40	28	36	38	29	37
SO	Santa Catarina	ppm	0.023	0.017	0.017	0.020	0.018	0.013	0.018
		μ/m ³	43	31	32	38	34	24	33
SE	La Pastora	ppm	0.015	0.015	0.014	0.011	0.011	0.008	0.013
		μ/m ³	29	29	26	20	21	15	24

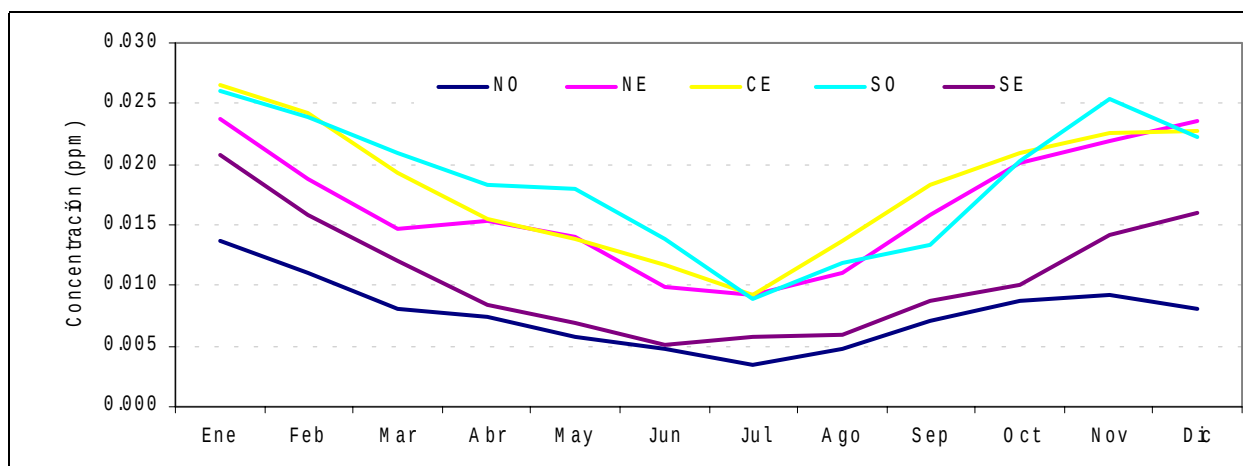
*Mediana de los promedios anuales de 1997 a 2002

Figura 4.13 Promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo* en la ZMM, 1997-2002



*San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

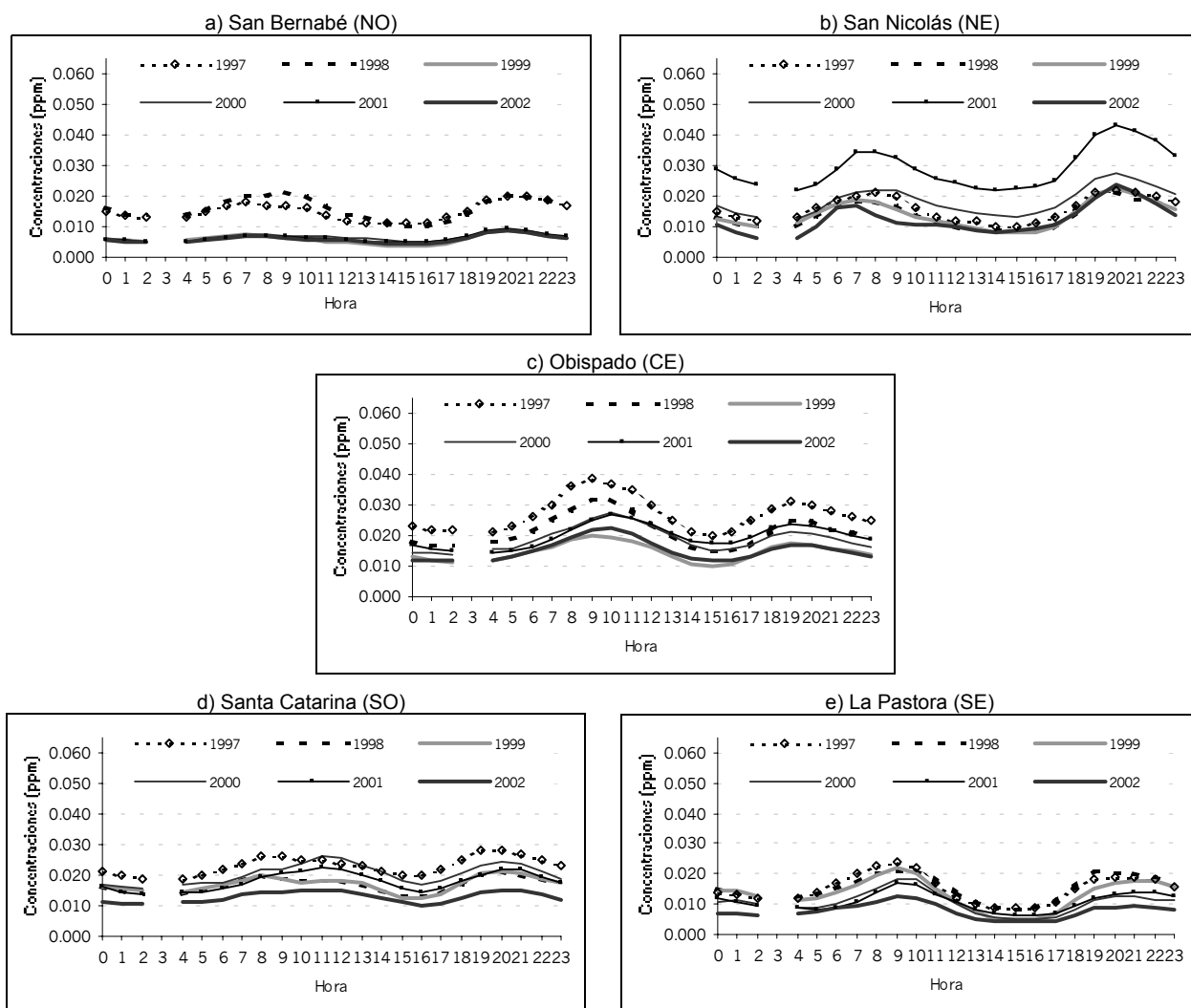
Figura 4.14 Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo** de la ZMM, 1997-2002



*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del período 1997-2002

**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

Figura 4.15. Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002

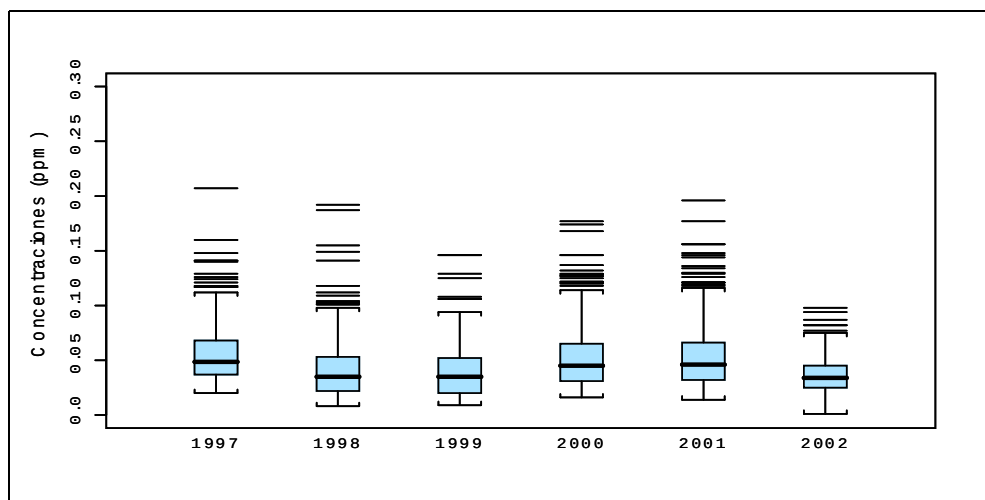


Cuadro 4.9. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de NO₂ en la ZMM, 1997-2002

Año		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.055	0.042	0.039	0.052	0.053	0.036
Desviación Estándar		0.026	0.027	0.023	0.028	0.030	0.017
Mínimo		0.020	0.008	0.009	0.016	0.014	0.001
Máximo		0.207	0.192	0.146	0.177	0.196	0.098
Percentil	10	0.029	0.016	0.016	0.025	0.025	0.018
	20	0.034	0.020	0.019	0.028	0.029	0.023
	30	0.039	0.024	0.022	0.033	0.034	0.026
	40	0.044	0.031	0.028	0.040	0.038	0.030
	50	0.048	0.035	0.035	0.045	0.046	0.034
	60	0.054	0.043	0.044	0.052	0.051	0.037
	70	0.061	0.048	0.049	0.060	0.060	0.041
	80	0.073	0.060	0.056	0.072	0.074	0.048
	90	0.090	0.075	0.069	0.088	0.095	0.058
	95	0.104	0.090	0.081	0.109	0.116	0.069
	98	0.125	0.108	0.093	0.128	0.135	0.075
Total de días con datos		362	365	364	364	365	355

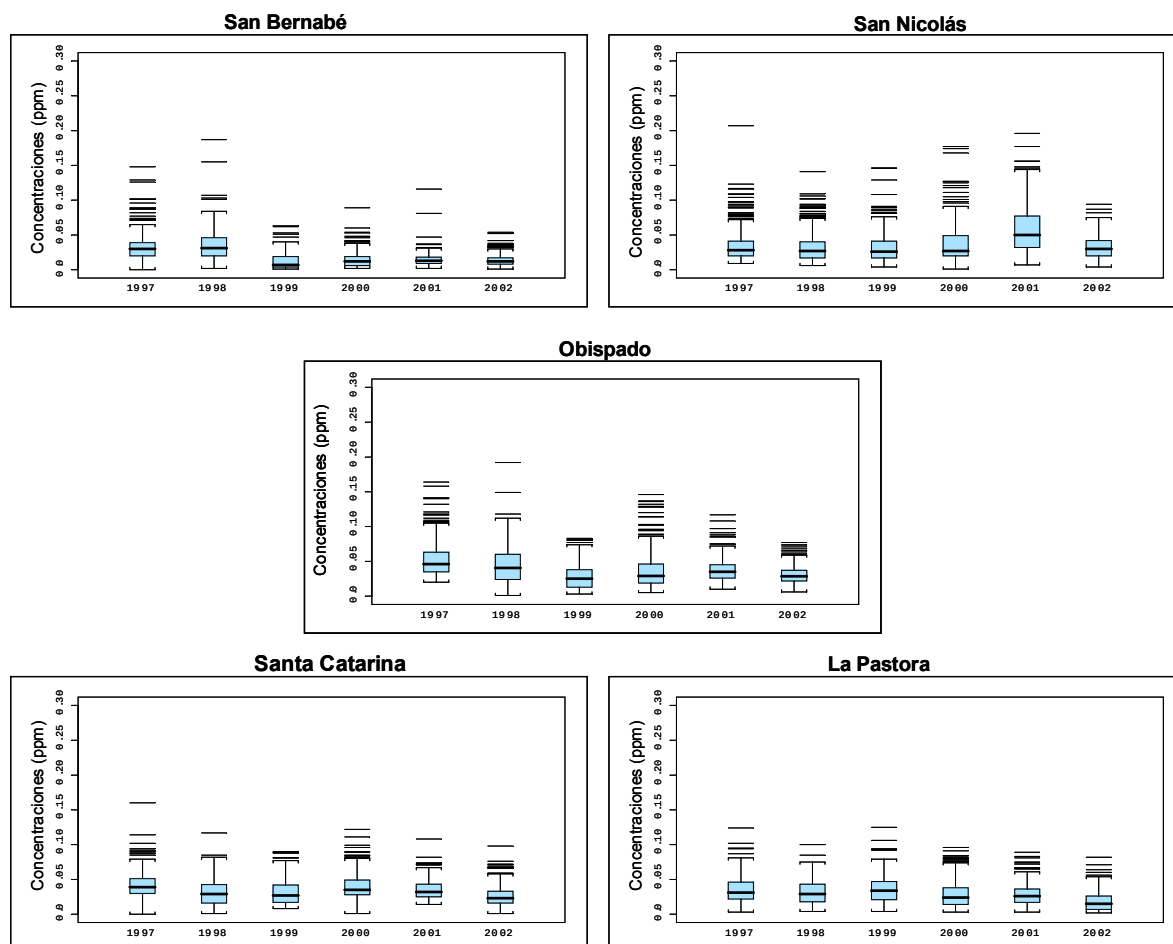
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cinco estaciones de monitoreo

Figura 4.16 Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas * de NO₂ en la ZMM, 1997-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cinco estaciones de monitoreo

Figura 4.17 Tendencia histórica de las concentraciones diarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002



Información en el disco compacto

El anexo que se incluye en el disco compacto es el siguiente:

Anexo III-D: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones (ppm) diarias de NO₂ para cada una de las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM, 1996-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de NO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMM.
- Porcentaje y número de horas con información de NO₂ por año y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de horas con información de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMM

Ozono (O₃)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 4.10 se aprecia el promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales, la cual muestra que la estación San Bernabé, localizada al noroeste de la ZMM presenta el valor más alto de las estaciones; los siguientes valores en magnitud se presentaron en las estaciones La Pastora y Santa Catarina, localizadas al sureste y suroeste, respectivamente. Finalmente, las estaciones San Nicolás (al noreste) y Obispado (al centro) muestran los valores más bajos.

En la figura 4.18 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las diferentes estaciones de monitoreo de la ZMM de 1997 al 2002, es importante destacar que en la estación de monitoreo La Pastora no se obtuvieron mediciones para el año 1999 dado que el equipo estuvo en malas condiciones. Aunque la mayoría de los valores de las estaciones fluctúa entre 0.010 y 0.03 ppm, se observa una tendencia decreciente a partir de 1999; asimismo se observa que las concentraciones aumentan en 2002. También es notorio el pico de concentración (0.04 ppm) en 1999 que tuvo lugar en la estación San Nicolás.

En la figura 4.19 se muestra la tendencia de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de ozono, en ella se observa que las concentraciones mensuales presentan un comportamiento bimodal en todas las estaciones de monitoreo. Las concentraciones más elevadas se presentaron durante el primer pico entre los meses de abril a junio, mientras que el segundo pico de menor magnitud, ocurre en el mes de septiembre.

La figura 4.20 ilustra la tendencia de las concentraciones promedio por hora de ozono por estación de monitoreo de 1997 a 2002. En todas las estaciones de monitoreo y consistentemente en todos los años, se observa que durante las primeras horas existe una ligera tendencia decreciente en las concentraciones de ozono hasta que a partir de las 8:00 de la mañana aumentan hasta alcanzar el valor más alto entre las 12:00 y las 16:00 horas; en la tarde inician su descenso y eventualmente alcanzan los niveles más bajos durante las primeras horas de la mañana. Los valores más altos, en la mayoría de los años, se observan en la estación del suroeste (Santa Catarina) con un valor que rebasa los 0.05 ppm de ozono. En las estaciones restantes, San Bernabé, San Nicolás, Obispado y La Pastora el pico de ozono oscila entre 0.02 y 0.05 ppm

Valores fuera de norma de ozono

En el cuadro 4.11 se muestra el número y porcentaje de horas en que se excede el valor de la norma de calidad del aire para ozono (0.11 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002), por año y por estación de monitoreo y como complemento a éste, se presenta la figura 4.21, la cual muestra que la estación Santa Catarina registra la mayor frecuencia de valores fuera de norma en todos los años, no obstante la tendencia es decreciente, con un ligero repunte en el 2001.

El cuadro 4.12 presenta el número de días y los porcentajes en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes y por año de las estaciones de la ZMM de 1997 al 2002. El año 1997 se distingue por ser en el que más se rebasa el valor de la norma (9.4% de días), para los años subsiguientes se redujeron los días excedidos en forma importante. Los meses que presentan mayor número de días en los que se excede el límite establecido en la norma son marzo, mayo y junio, para la mayoría de los años presentados. Es notorio también el número en que se excede el valor de la norma en el mes de noviembre de 1997.

En forma similar, la figura 4.22 muestra el porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma horaria de 0.11 ppm de ozono en las estaciones de monitoreo de la ZMM. Se observa que la

estación que obtuvo el mayor número de horas en que se rebasa la norma es Santa Catarina, con una tendencia decreciente y un ligero repunte en el 2001.

Con respecto a la nueva norma anual (Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1997, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002) que establece un límite máximo permisible de 0.08 ppm para el quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas, en el cuadro 4.13 se observa que la norma se excede en 1998 y en el 2000 en las estaciones San Bernabé y Santa Catarina, respectivamente; asimismo, sobresalen los valores excedidos en el 2002 de las estaciones Santa Catarina y La Pastora ubicadas al sur de la ZMM. Esta información se presenta en la figura 4.23, la cual muestra que la tendencia anual de la estación San Bernabé ha estado muy cerca de exceder la norma y durante el 2000 y 2001 las estaciones San Nicolás y Obispado permanecen por debajo del límite, aunque en el 2002 se observa que obtuvieron valores muy cercanos al valor de la norma. Para las estaciones restantes se carece de datos suficientes para establecer una tendencia clara.

Concentraciones diarias de ozono

En el cuadro 4.14 se presenta la estadística descriptiva de las concentraciones diarias máximas de ozono, se aprecia que los valores de la mediana (percentil 50) oscilan entre 0.054 ppm y 0.063, destacándose un ligero incremento en 2002, comparado con los valores decrecientes del periodo 1999-2001. Como complemento al cuadro anterior, en la figura 4.24 se muestra la distribución de las concentraciones diarias máximas de las cinco estaciones en la ZMM. Se observa que la cantidad de valores extremos es relativamente baja en los años analizados, asimismo, el máximo histórico se observa en el 2001 con un valor de 0.224 ppm. Durante estos años la mediana permanece por debajo de 0.10 ppm.

Finalmente, la figura 4.25 presenta las distribuciones de las concentraciones diarias, para cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMM. Se observa que las medianas permanecen, en todas las estaciones y años presentados, por debajo de 0.10 ppm, a pesar del incremento en el 2002. Destaca el valor histórico más alto registrado en la estación San Bernabé en el año 2001. Para el año 1999 no se presentan las distribuciones de las estaciones San Nicolás y La Pastora por no contar con suficientes datos.

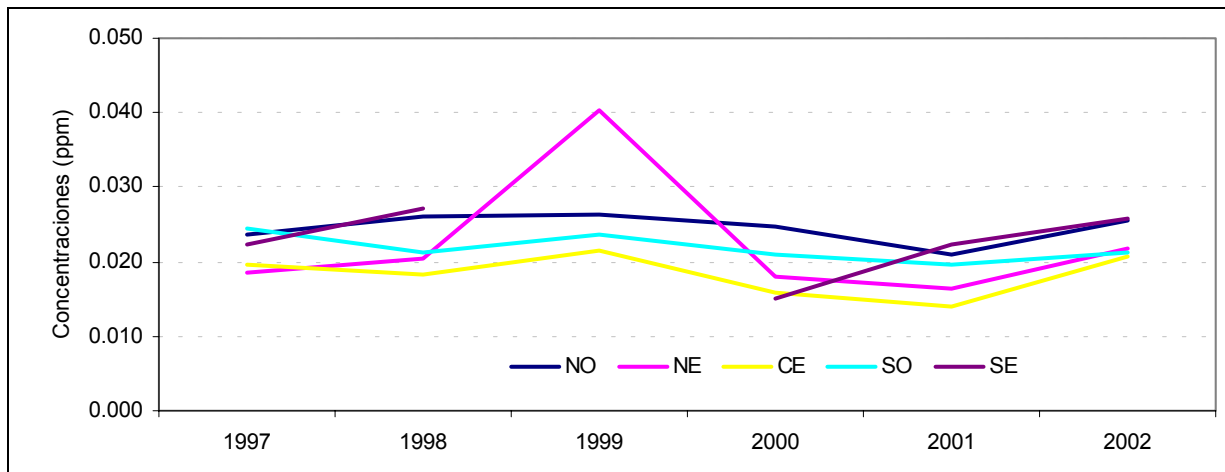
Cuadro 4.10. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en la ZMM, 1997-2002

Zona	Estación		Año						Mediana*
			1997	1998	1999	2000	2001	2002	
NO	San Bernabé	ppm	0.024	0.026	0.026	0.025	0.021	0.026	0.0255
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	46	51	52	48	41	50	49
NE	San Nicolás	ppm	0.019	0.020	0.040	0.018	0.017	0.022	0.0195
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37	40	79	35	32	42	39
CE	Obispado	ppm	0.02	0.018	0.021	0.016	0.014	0.021	0.019
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	38	36	42	31	28	40	37
SO	Santa Catarina	ppm	0.024	0.021	0.024	0.021	0.02	0.021	0.021
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	42	46	41	38	42	42
SE	La Pastora	ppm	0.022	0.027	ND	0.015	0.022	0.026	0.022
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	44	53	ND	30	44	51	44

ND: Información no disponible

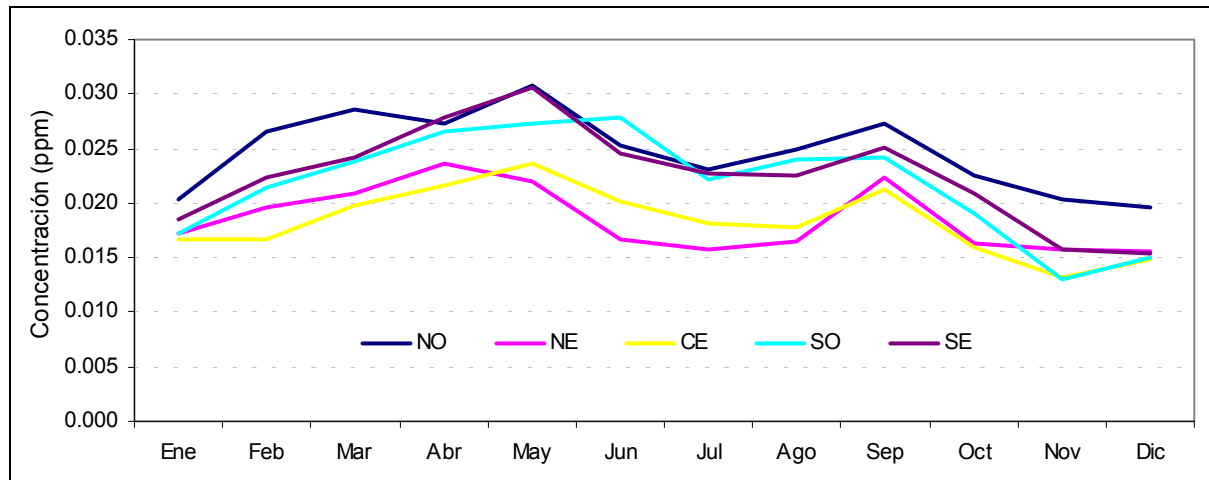
*Mediana de los promedios anuales de 1997 a 2002.

Figura 4.18 Promedio anual de concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo* en la ZMM, 1997-2002



*San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE).

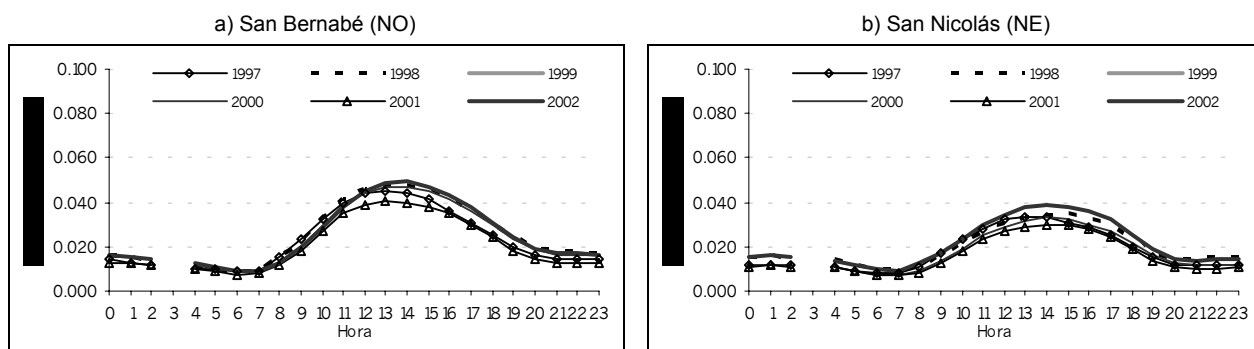
Figura 4.19 Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002

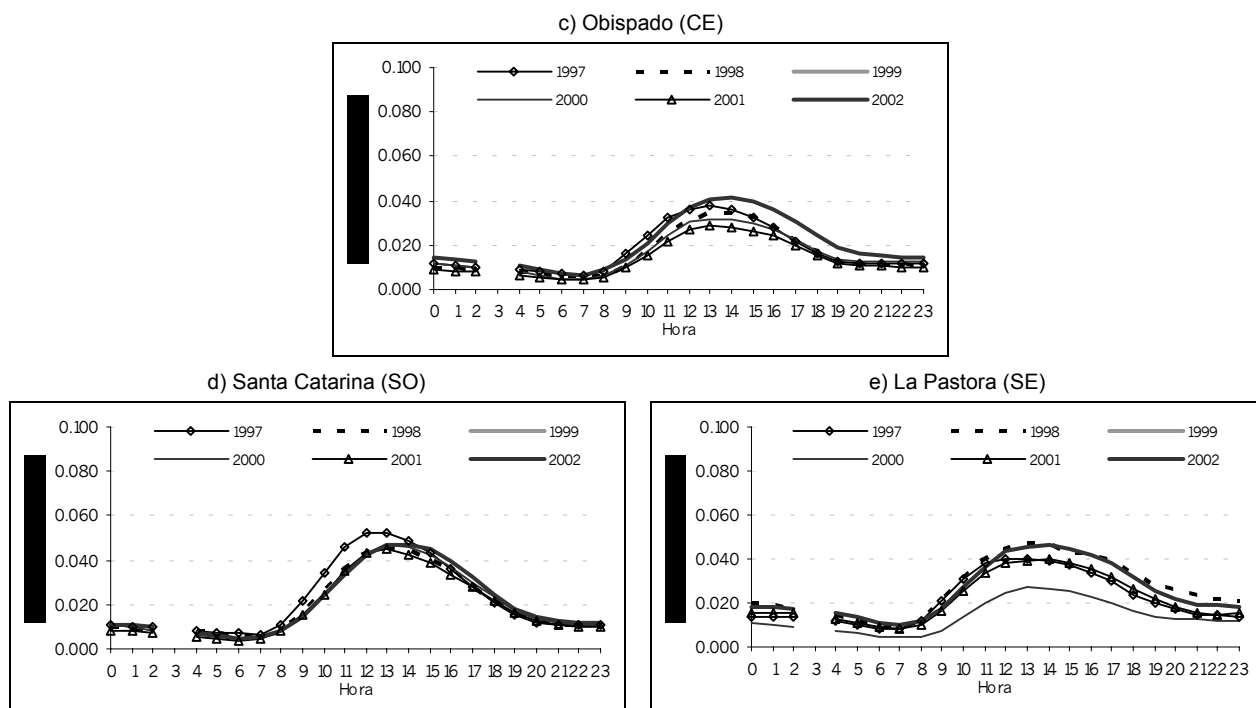


*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del período 1997-2002.

**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE).

Figura 4.20 Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002





Cuadro 4.11 Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002

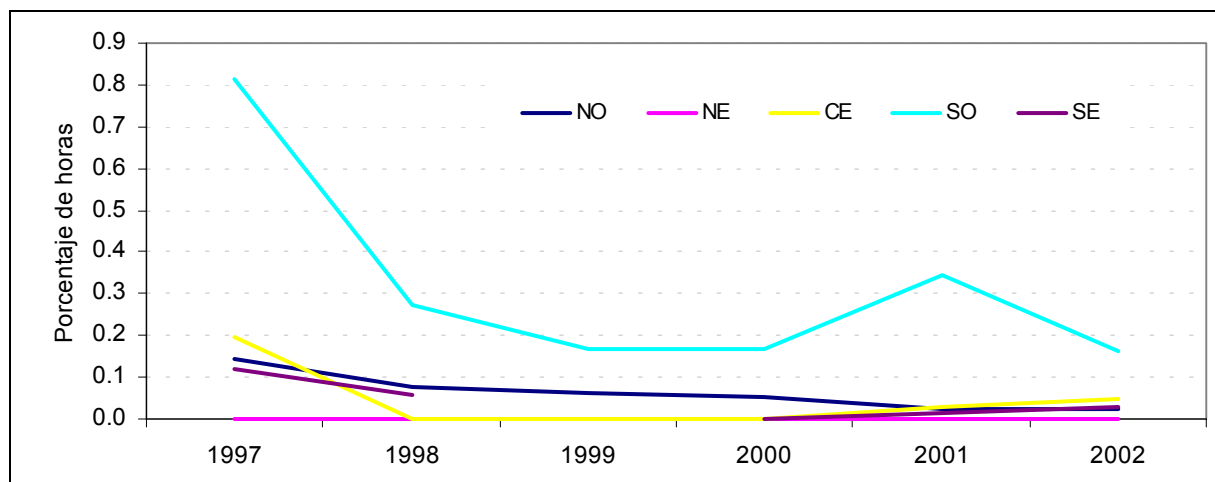
Zona	Estación		Año					
			1997	1998	1999	2000	2001	2002
NO	San Bernabé	%	0.14	0.08	0.06	0.05	0.03	0.03
		No.	11	6	5	4	2	2
NE	San Nicolás	%	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00
		No.	0	0	10	0	0	0
CE	Obispado	%	0.19	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05
		No.	12	0	0	0	2	4
SO	Santa Catarina	%	0.81	0.27	0.17	0.17	0.34	0.16
		No.	56	20	13	13	19	13
SE	La Pastora	%	0.12	0.06	ND	0.00	0.01	0.03
		No.	9	2	ND	0	1	2
Promedio**		%	0.25	0.08	0.44	0.04	0.08	0.05

ND: Información no disponible

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Promedio de los porcentajes de las cinco estaciones.

Figura 4.21 Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

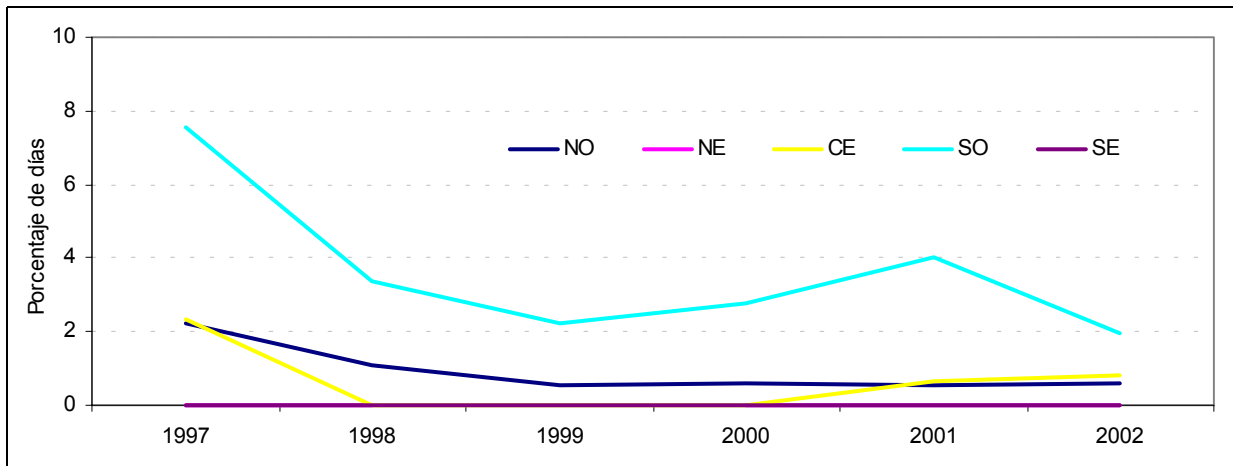
**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE).

Cuadro 4.12 Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por mes y por año en la ZMM, 1997-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1997	%	6.5	0.0	16.1	6.7	19.4	20.0	3.6	6.5	3.3	9.7	20.0	0.0	9.4
	No.	2	0	5	2	6	6	1	2	1	3	6	0	34
1998	%	0.0	0.0	6.5	10.0	9.7	10.0	0.0	0.0	6.7	3.2	0.0	0.0	3.8
	No.	0	0	2	3	3	3	0	0	2	1	0	0	14
1999	%	3.3	3.6	3.2	3.3	0.0	0.0	0.0	3.2	3.3	9.7	0.0	9.7	3.3
	No.	1	1	1	1	0	0	0	1	1	3	0	3	12
2000	%	0.0	3.4	3.2	0.0	12.9	6.7	0.0	0.0	10.0	0.0	3.3	0.0	3.3
	No.	0	1	1	0	4	2	0	0	3	0	1	0	12
2001	%	0.0	0.0	6.5	0.0	12.9	6.7	0.0	0.0	6.7	9.7	0.0	0.0	3.6
	No.	0	0	2	0	4	2	0	0	2	3	0	0	13
2002	%	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	3.3	0.0	9.7	3.3	0.0	3.7	0.0	2.2
	No.	0	0	0	0	2	1	0	3	1	0	1	0	8

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Figura 4.22 Días (%) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE).

Cuadro 4.13 Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas* en la ZMM, 1997-2002

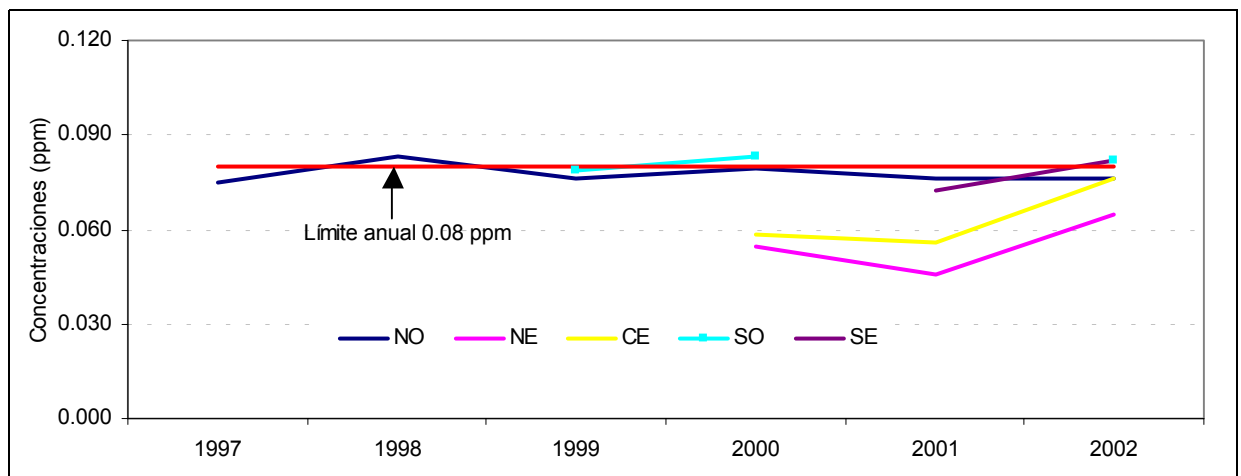
Zona	Estación	Año					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002
		Concentraciones de ozono (ppm)					
NO	San Bernabé	0.075	0.083	0.076	0.08	0.076	0.076
NE	San Nicolás	DI	DI	DI	0.055	0.046	0.065
CE	Obispado	DI	DI	DI	0.058	0.056	0.076
SO	Santa Catarina	DI	DI	0.079	0.083	DI	0.082
SE	La Pastora	0.077	DI	SM	DI	0.073	0.082

SM = Sin medición

DI = Datos insuficientes

*Una estación cumple con la norma anual cuando cuente con más del 75% de datos válidos durante el año y el valor del quinto máximo sea menor o igual a 0.08ppm (promedio móvil 8 horas).

Figura 4.23 Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas* para ozono (ppm) por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002



*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

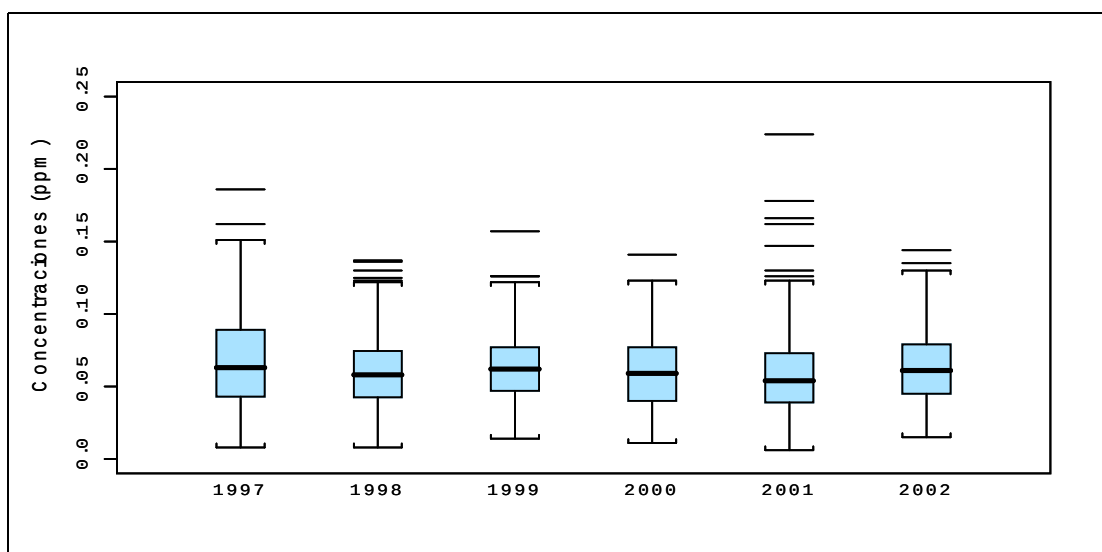
**San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE).

Cuadro 4.14 Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm)
diarias máximas* de ozono en la ZMM, 1997-2002

Año		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.067	0.060	0.064	0.060	0.058	0.063
Desviación Estándar		0.031	0.024	0.023	0.025	0.028	0.023
Mínimo		0.008	0.008	0.014	0.011	0.006	0.015
Máximo		0.186	0.137	0.157	0.141	0.224	0.144
Percentil	10	0.030	0.031	0.033	0.027	0.029	0.035
	20	0.039	0.040	0.044	0.037	0.036	0.042
	30	0.045	0.045	0.050	0.044	0.042	0.049
	40	0.053	0.051	0.058	0.052	0.048	0.055
	50	0.063	0.058	0.063	0.059	0.054	0.061
	60	0.071	0.063	0.067	0.066	0.060	0.068
	70	0.083	0.071	0.074	0.072	0.069	0.074
	80	0.093	0.080	0.083	0.080	0.077	0.082
	90	0.109	0.094	0.095	0.094	0.094	0.092
	95	0.126	0.105	0.103	0.106	0.104	0.101
	98	0.138	0.118	0.120	0.114	0.122	0.113
Total de días con datos		362	364	364	364	365	362

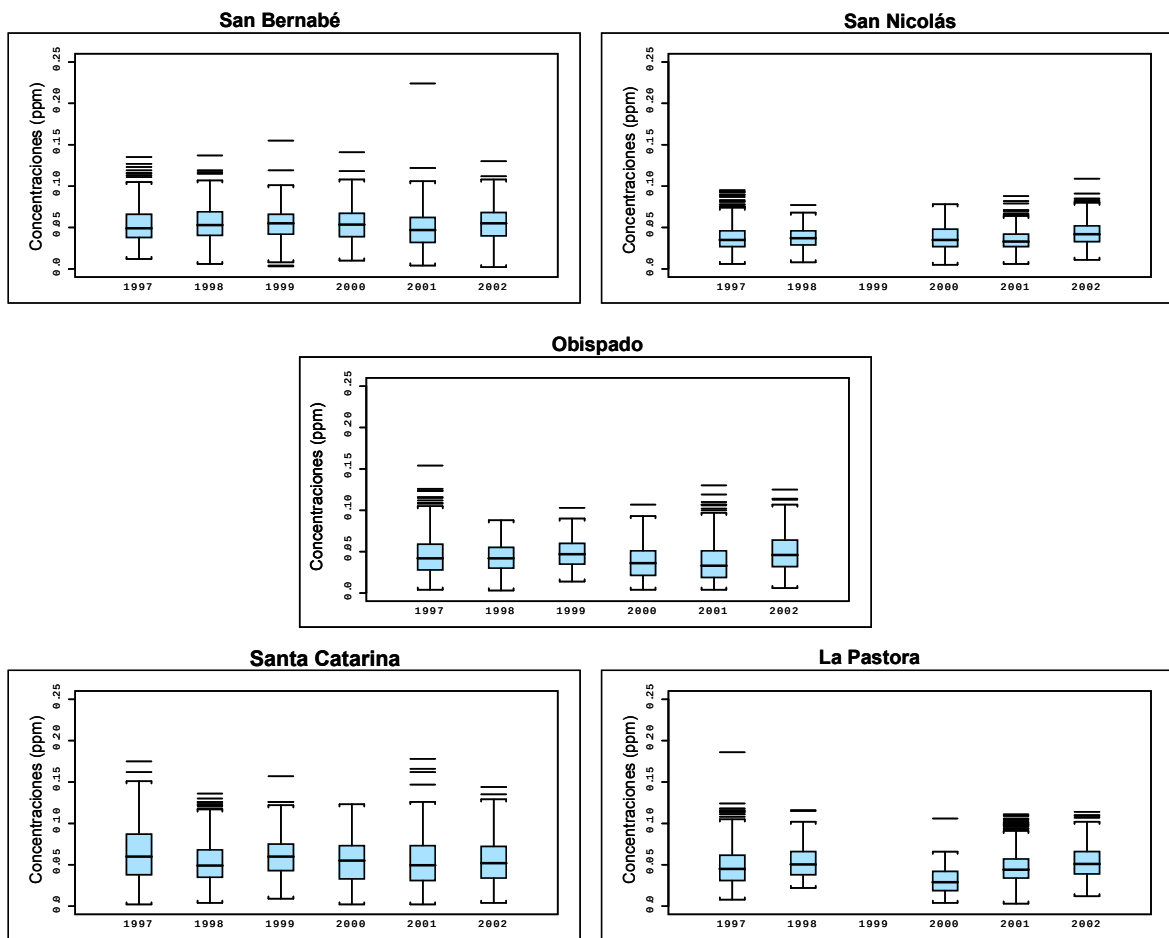
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cinco estaciones de monitoreo

Figura 4.24 Tendencia histórica de las concentraciones diarias
máximas* de ozono en la ZMM, 1997-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cinco estaciones de monitoreo

Figura 4.25 Tendencia histórica de las concentraciones diarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002



Nota: Las distribuciones que no se presentan, no contienen los datos suficientes

Información en el disco compacto

En la parte de anexos de el disco compacto se incluye la siguiente información:

Anexo III-E: Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002.

Anexo III-F: Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002.

Anexo III-G: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de ozono para cada una de las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM, 1997-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de ozono por hora y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de 11:00 a 19:00 horas de ozono por estación de monitoreo en la ZMM
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMM.

- Número de días con al menos 1,2,3,...,10 horas consecutivas en las que se excede el valor de la norma de ozono por estación de monitoreo en la ZMM.
- Porcentaje y número de horas con información de ozono por año y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de horas con información de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.

Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 4.26 ilustra el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM de 1997 al 2002. Aunque el comportamiento es un tanto irregular, se puede apreciar que las concentraciones mensuales más altas se presentaron entre diciembre y mayo en la mayoría de las estaciones. La estación San Bernabé registró las concentraciones más elevadas en la mayor parte del año, destacando febrero, abril, mayo y diciembre por alcanzar concentraciones superiores a los 90 µg/m³. Las concentraciones más bajas (inferiores o cercanas a 60 µg/m³) se presentaron en las estaciones Obispado y La Pastora a lo largo del año.

En la figura 4.27 se muestran las concentraciones promedio por hora y por año en las estaciones de monitoreo de la ZMM. Se observa que las concentraciones más altas se registraron en los años 2001 y 2002 en todas las estaciones aunque a diferentes horas. Así, por ejemplo, en las estaciones San Bernabé (Noroeste), San Nicolás (Noreste) y Santa Catarina (Suroeste) se empieza definir una distribución bimodal, en la que las concentraciones más altas ocurren entre las 7:00 y las 12:00 horas y entre las 20:00 y 23:00 horas, presentando este último pico concentraciones casi de la misma magnitud que el primero. En las estaciones Obispado (Centro) y La Pastora (Sureste) la distribución es unimodal y las concentraciones más altas se registran entre las 8:00 y las 14:00 horas.

Valores fuera de norma de PM₁₀

En el cuadro 4.15 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada estación de monitoreo de la ZMM. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales desde 1997, observándose que el valor más alto corresponde a la estación San Nicolás, que se ubica en el noreste, con 64 µg/m³. Resalta también que en la estación San Bernabé se rebasa la norma anual de 50 µg/m³, como media aritmética (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), durante todo el periodo analizado (Figura 4.28). En las estaciones Santa Catarina (SO) y San Nicolás (NE) también se excede la norma en todo el periodo analizado, excepto en 1997. Finalmente, se observa que en 1998, 2001 y 2002 todas las estaciones rebasaron la norma anual.

El cuadro 4.16 presenta el número y porcentaje de días con concentraciones de PM₁₀ superiores a la norma diaria de 150 µg/m³ como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994). Se observa que en el 2002 se presentó el número más elevado de días en que se excede la norma (70 días), seguido por el 2001 (57 días). También es claro que en todos los años el mayor número de días en que se rebasó el valor de norma ocurrió entre noviembre y mayo.

En la figura 4.29 se muestra el porcentaje de días por año en que se excedió el valor de la norma de PM₁₀ en cada estación de monitoreo; es evidente que a partir de 1999 los valores fuera de la norma diaria de este contaminante son un problema generalizado en la ZMM, si bien hay una mayor frecuencia de valores fuera de norma en las estaciones San Bernabé y Santa Catarina.

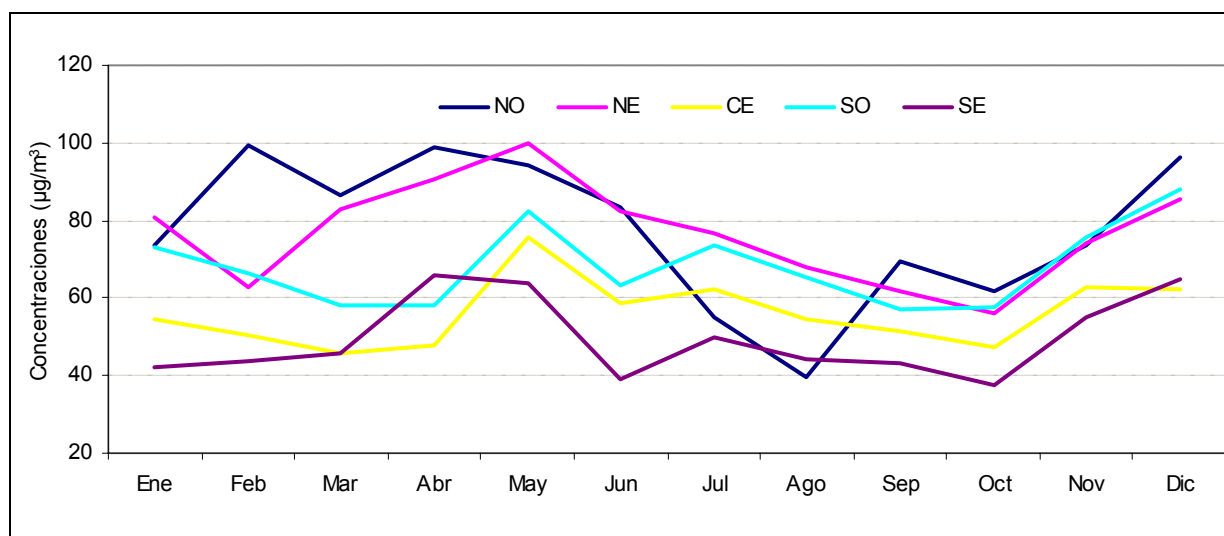
Concentraciones diarias (24 horas) de PM₁₀

El cuadro 4.17 presenta las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas en la ZMM. Se observa que la concentración máxima histórica (305 µg/m³) se presentó en el 2001, en tanto que la mediana (percentil 50) más alta se registró en el 2002. En general, todos los parámetros incluidos en la tabla muestran un incremento sustancial en los años 2001 y 2002 con respecto a los años anteriores.

Como complemento al cuadro anterior en la figura 4.30 se muestra la tendencia histórica de los picos diarios obtenidos a partir de los promedios de 24 horas de PM_{10} en todas las estaciones de monitoreo de la ZMM. Las distribuciones presentan una tendencia hacia valores más elevados a partir de 1999, acercándose la mediana cada vez más a la norma diaria para este contaminante; asimismo, los valores altos extremos para el 2001 y 2002 superan los $300 \mu g/m^3$, es decir, son el doble del valor límite establecido por la norma diaria de este contaminante que es de $150 \mu g/m^3$.

La figura 4.31 ilustra la tendencia histórica de los promedios de 24 horas en cada estación de monitoreo. Destaca que el incremento en las concentraciones máximas registrado a partir de 1999, descrito en la figura anterior, está generalizado para todas las estaciones de monitoreo, excepto para San Nicolás, en donde del 2001 al 2002 los diferentes percentiles muestran un ligero decremento en las concentraciones diarias máximas.

Figura 4.26. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de PM_{10} por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002

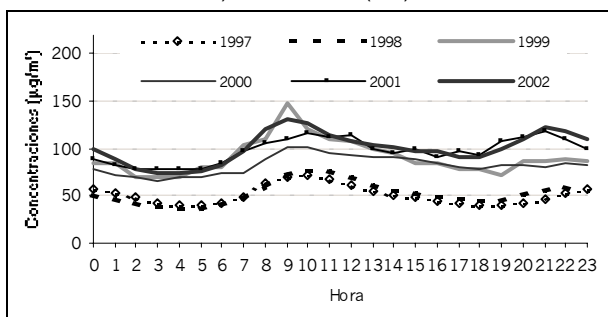


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del período 1997-2002.

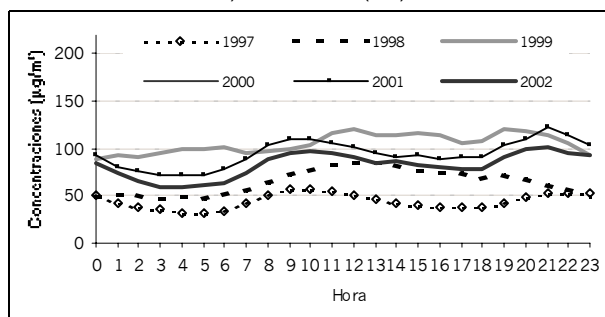
** San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

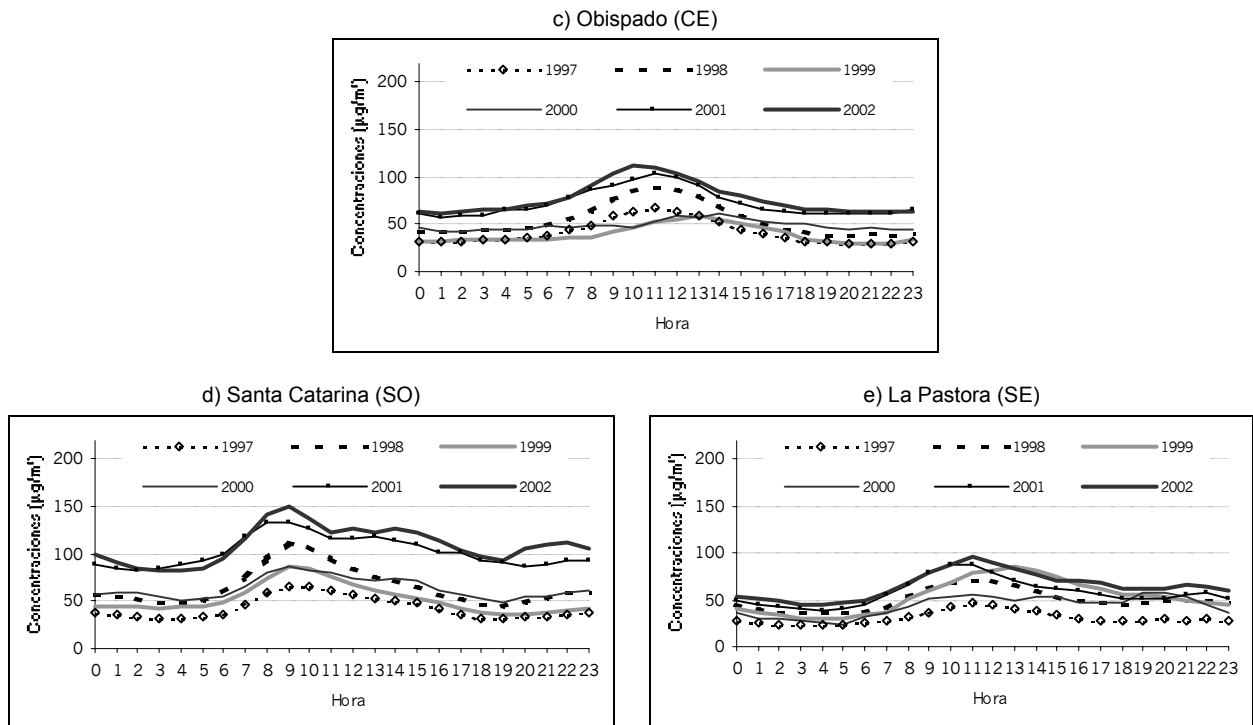
Figura 4.27 Concentraciones horarias promedio de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002

a) San Bernabé (NO)



b) San Nicolás (NE)





Cuadro 4.15. Promedio anual de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) horarias de PM₁₀ en la ZMM, 1997-2002

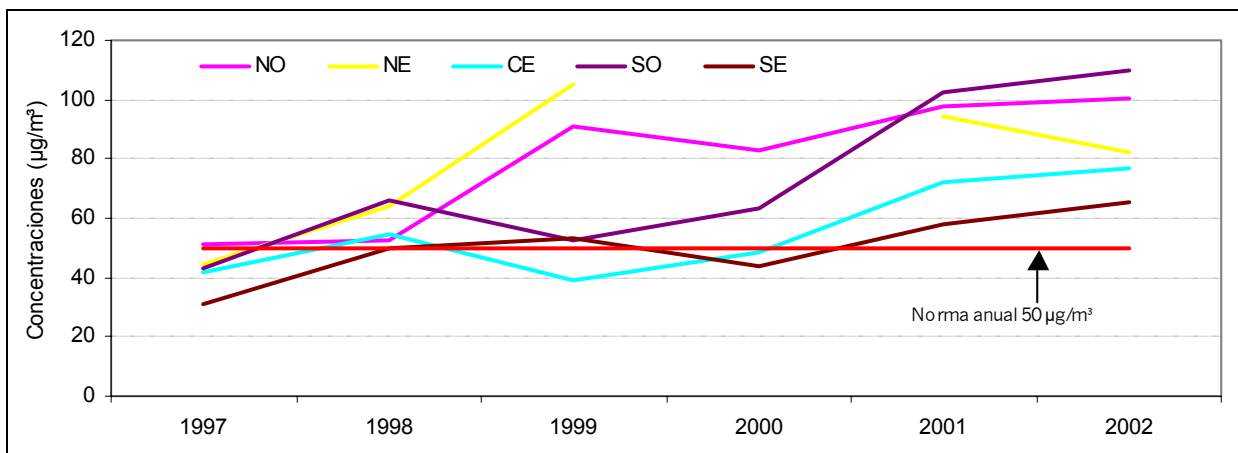
Zona	Estación	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Noroeste	San Bernabé	51	53	91	83	98	101	53
Noreste	San Nicolás	45	64	105	ND	94	82	64
Centro	Obispado	42	54	39	49	72	77	42
Suroeste	Santa Catarina	43	66	53	64	102	110	53
Sureste	La Pastora	31	50	54	44	58	65	50

ND: Información no disponible

* Mediana de los promedios anuales de 1997 a 2002.

Nota: las celdas sombreadas representan concentraciones que rebasan la norma anual de PM₁₀, que es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 4.28 Promedio anual de concentraciones horarias* de PM₁₀ por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002



*La norma anual de PM₁₀ es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ppm como media aritmética anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

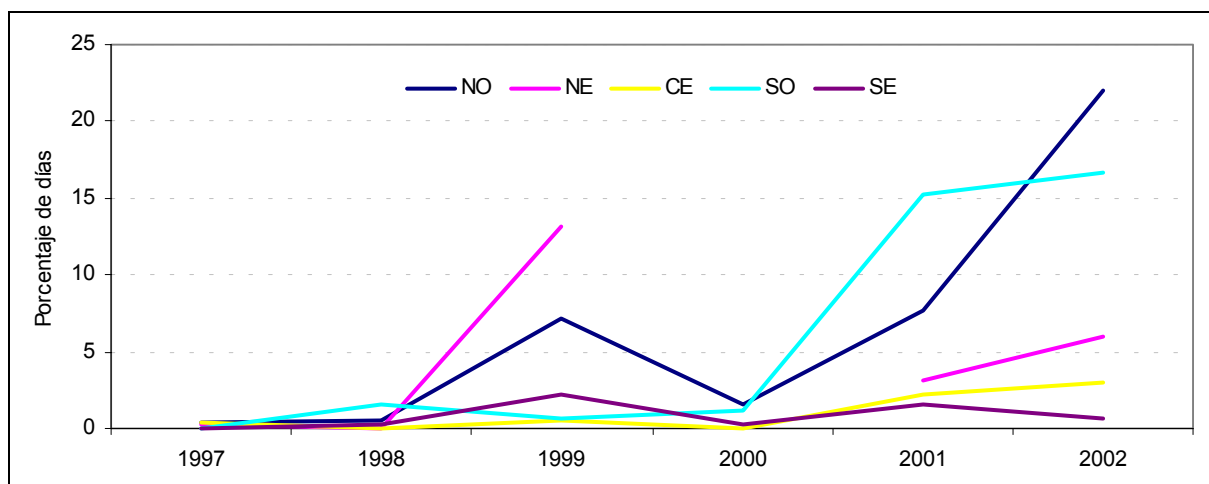
Cuadro 4.16. Días en que se excede el valor de la norma diaria de PM₁₀* por mes y por año en la ZMM**, 1997-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1997	%	6.5	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ND	0.9
	No.	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ND	3
1998	%	0.0	7.1	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	9.7	2.2
	No.	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3	8
1999	%	16.1	28.6	32.3	20.0	29.0	3.3	3.2	3.2	0.0	0.0	3.3	0.0	11.5
	No.	5	8	10	6	9	1	1	1	0	0	1	0	42
2000	%	7.1	13.8	3.2	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
	No.	2	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9
2001	%	0.0	0.0	42.3	43.3	19.4	10.0	0.0	3.2	3.3	22.6	23.3	25.8	15.8
	No.	0	0	11	13	6	3	0	1	1	7	7	8	57
2002	%	48.4	10.7	50.0	10.0	25.8	10.0	0.0	0.0	6.7	0.0	23.3	51.6	19.4
	No.	15	3	13	3	8	3	0	0	2	0	7	16	70

* La norma diaria es igual a 150 µg/m³ como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez por año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** Máximo de los promedios de 24 horas de las cinco estaciones de monitoreo.

Figura 4.29 Días (%) en que se excede el valor de la norma de PM₁₀* por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002



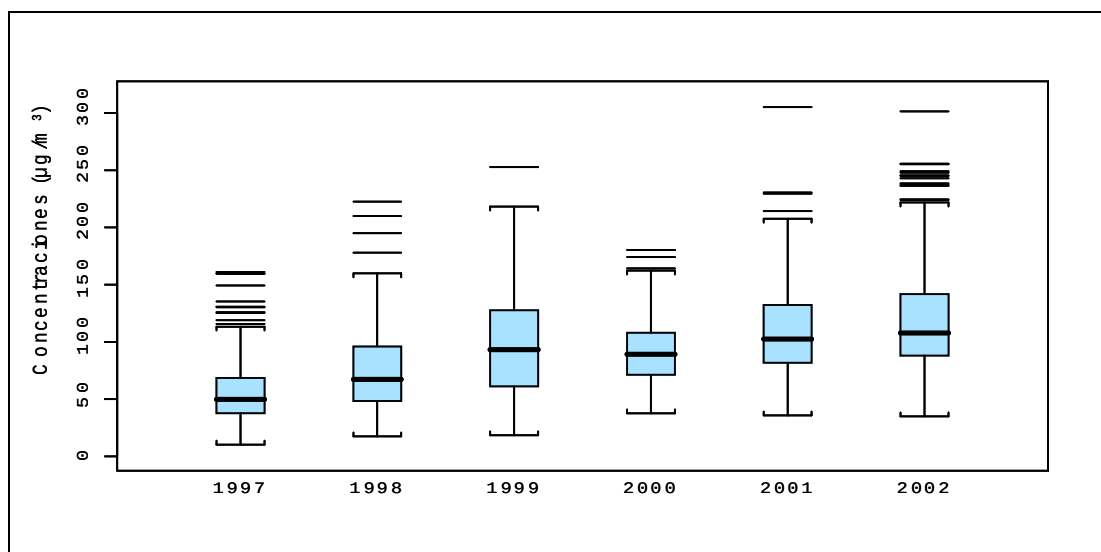
* La norma diaria es igual a 150 µg/m³ como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obisado (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE)

Cuadro 4.17. Estadísticas descriptivas de las concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en la ZMM, 1997-2002

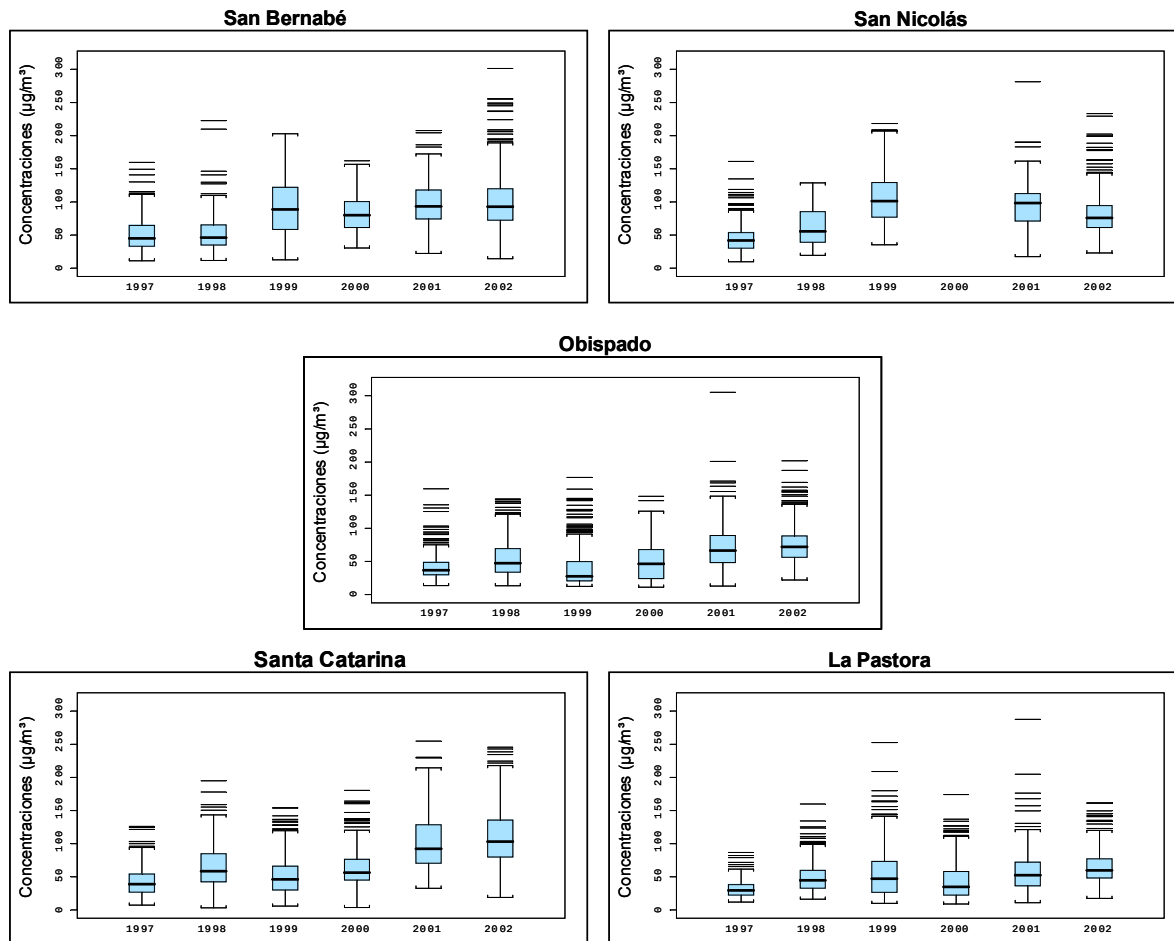
Año		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		56.2	73.6	97.2	91.1	109.9	117.0
Desviación Estándar		26.8	33.7	44.0	26.1	39.2	44.4
Mínimo		10.3	17.5	18.5	37.6	35.8	34.9
Máximo		161.1	222.5	252.7	180.3	305.2	301.4
Percentil	10	29.3	37.0	40.9	59.0	62.7	68.2
	20	35.0	44.9	56.2	68.1	77.5	82.8
	30	40.5	52.3	68.4	74.9	88.4	91.6
	40	43.9	58.7	83.0	82.4	95.3	99.6
	50	49.8	67.3	93.3	89.3	102.4	107.8
	60	54.7	74.4	105.7	95.3	114.2	117.5
	70	63.1	86.9	122.4	104.8	125.2	134.3
	80	73.5	102.5	134.9	112.1	143.9	148.8
	90	93.8	118.9	155.3	125.3	161.8	179.2
	95	107.9	134.3	172.6	137.2	183.5	201.9
	98	128.8	150.1	195.9	154.6	202.7	242.0
Total de días con datos		318	356	365	363	360	362

*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentará en cualquiera de las cinco estaciones de monitoreo.

Figura 4.30. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en la ZMM, 1997-2002

*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentará en cualquiera de las cinco estaciones de monitoreo.

Figura 4.31. Tendencia histórica de las concentraciones (promedios de 24 horas) de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002.



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo III-H: Días en que se excede el valor de la norma de PM_{10} (promedios de 24 horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMM, 1997-2002.

Anexo III-I: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM_{10} ($\mu g/m^3$) para cada una de las cinco estaciones de monitoreo históricas de la ZMM, 1997-2002.

Información adicional

- Concentración máxima de PM_{10} por hora y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Concentraciones horarias promedios de PM_{10} por hora y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de PM_{10} por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de horas con información de PM_{10} por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.

Dióxido de azufre (SO₂)

Dado que la información generada por la red de monitoreo atmosférico de la ZMM para el periodo 1993-1996 está en proceso de validación, esta sección describe el comportamiento de SO₂ para el periodo 1997-2002.

Tendencias mensuales y horarias

La figura 4.8 presenta el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de SO₂ entre 1997 y 2002 en las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM. En general, se observa que las concentraciones más altas (superiores a 0.015 ppm), se registran en la zona noreste (estación San Nicolás), particularmente entre abril y agosto. En el resto de las estaciones de monitoreo las concentraciones son más parecidas entre sí y siempre se mantienen por debajo de 0.015 ppm.

En la figura 4.9 se ilustran los promedios horarios en las cinco estaciones de la ZMM, de 1997 a 2002. En la mayoría de las estaciones de monitoreo se observa un comportamiento unimodal, presentándose los registros más altos a diferente hora, en función de la estación de monitoreo. Así, en Obispado y La Pastora las concentraciones pico se registran entre las 9:00 y las 13:00 horas, en tanto que en San Bernabé y Santa Catarina los valores promedio más altos se presentan durante un periodo más largo (aproximadamente de las 9:00 a las 15:00 horas). San Nicolás es la única estación que presenta una distribución bimodal de las concentraciones horarias, con los picos entre las 10:00 y 16:00 horas, y las 20:00 y 23:00 horas.

Valores fuera de la norma de dióxido de azufre

El cuadro 4.6 y la figura 4.10 muestran los promedios anuales de las concentraciones horarias de SO₂ de 1997 a 2002, en cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMM. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales, y se observa que el valor más alto se registró en el noreste (San Nicolás; 0.016 ppm). Destaca también que la norma anual de este contaminante que es de 0.03 ppm como promedio aritmético (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), nunca ha sido alcanzada o excedida en la ZMM. De hecho, los promedios en todas las estaciones se ubican muy por debajo de dicho límite.

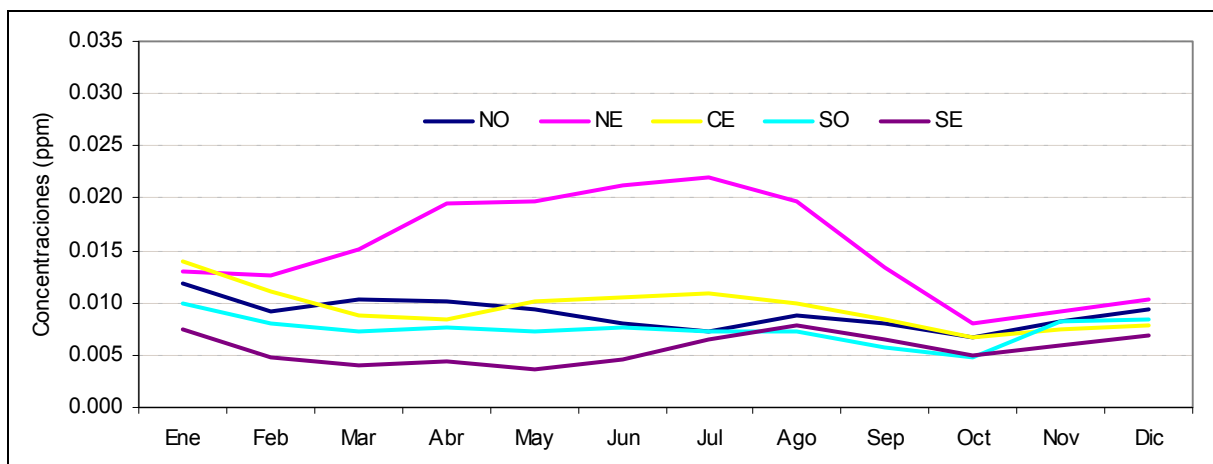
Finalmente, conviene destacar que la norma diaria de SO₂ (0.13 ppm, como promedio de 24 horas que no se debe exceder más de una vez por año, NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) tampoco ha sido alcanzada o excedida en ninguna de las estaciones ubicadas en esta zona metropolitana.

Concentraciones diarias (24 horas) de dióxido de azufre

El cuadro 4.7 y la figura 4.11 detallan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas en la ZMM. Es conveniente recordar que se consideró como dato base diario la concentración máxima de las cinco estaciones. El registro máximo ocurrió en el año 2000 (0.097 ppm), al igual que la mediana con el valor más alto (0.017 ppm). Sin embargo, ambos valores están muy lejos del valor límite establecido en la norma diaria de este contaminante, referida en el apartado anterior. La mediana (percentil 50) muestra un comportamiento relativamente estable en el periodo analizado con concentraciones que varían entre 0.013 ppm (1998) y 0.017 ppm (2000).

Por último, la figura 4.12 presenta las distribuciones de los promedios de 24 horas de SO₂ de las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM, permitiendo distinguir las tendencias en cada estación. Se observa que San Nicolás suele registrar las concentraciones más elevadas, seguida por San Bernabé, aún cuando dichas concentraciones están lejos de alcanzar los límites establecidos en la norma diaria de calidad del aire para este contaminante. En el resto de las estaciones, las concentraciones son aún más bajas.

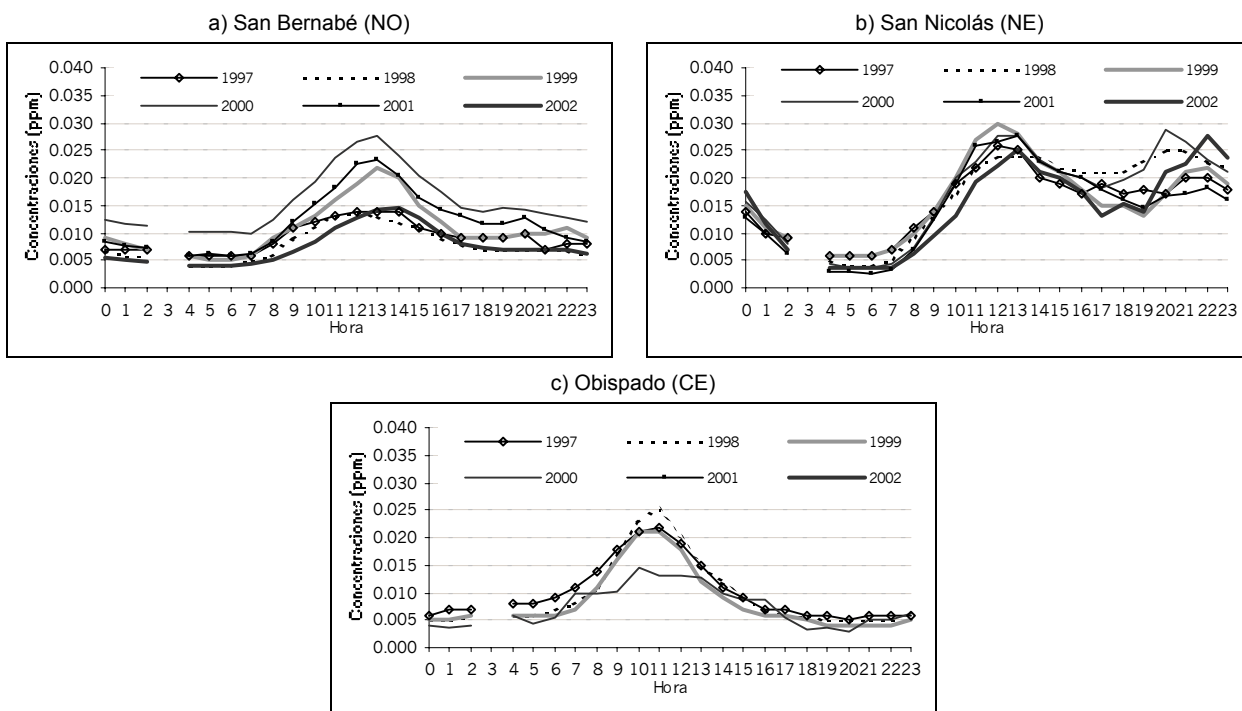
Figura 4.8. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo** en la ZMM, 1997-2002

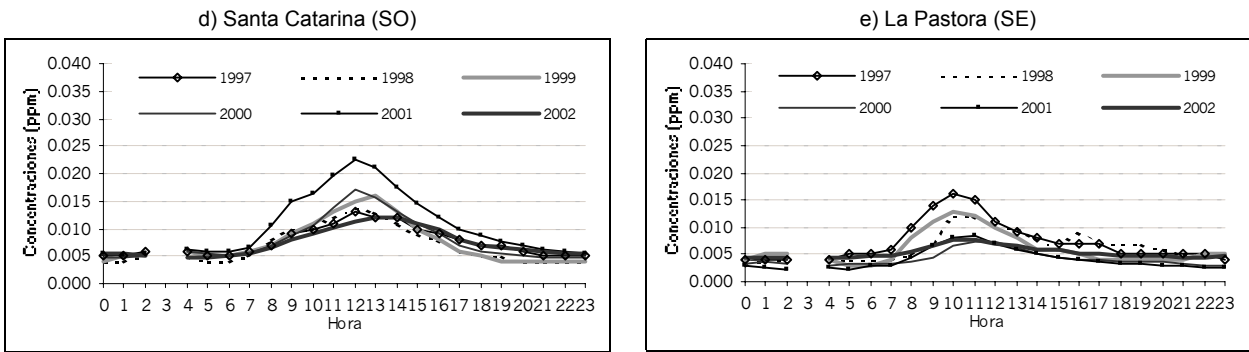


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1997-2002.

** San Bernabé (NO), San Nicolás (NE), Obispo (CE), Santa Catarina (SO) y La Pastora (SE).

Figura 4.9. Concentraciones horarias promedio de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002





Cuadro 4.6. Promedio anual de concentraciones horarias de SO₂* en la ZMM, 1997-2002

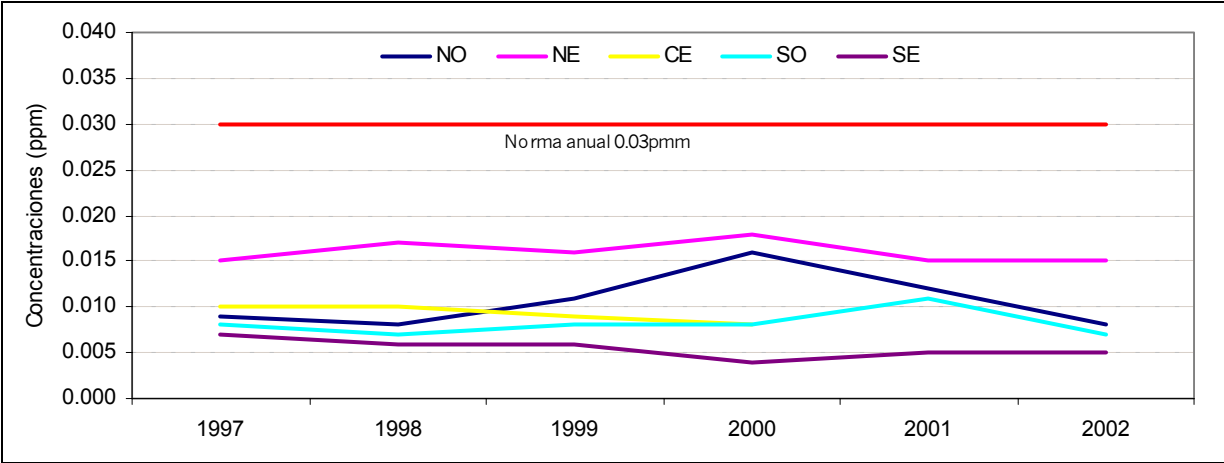
Zona	Estación		Año						Mediana**
			1997	1998	1999	2000	2001	2002	
NO	San Bernabé	ppm	0.009	0.008	0.011	0.016	0.012	0.008	0.010
		µg/m ³	24	21	29	42	31	21	26
NE	San Nicolás	ppm	0.015	0.017	0.016	0.018	0.015	0.015	0.016
		µg/m ³	39	44	42	47	39	39	41
CE	Obispado	ppm	0.010	0.010	0.009	0.008	ND	ND	0.010
		µg/m ³	26	26	24	21	ND	ND	25
SO	Santa Catarina	ppm	0.008	0.007	0.008	0.008	0.011	0.007	0.008
		µg/m ³	21	18	21	21	29	18	21
SE	La pastora	ppm	0.007	0.006	0.006	0.004	0.005	0.005	0.006
		µg/m ³	18	16	16	10	13	13	14

ND: Información no disponible.

*La norma de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Mediana de los promedios anuales de 1997 a 2002

Figura 4.10 Promedio anual de concentraciones horarias de SO₂* por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002

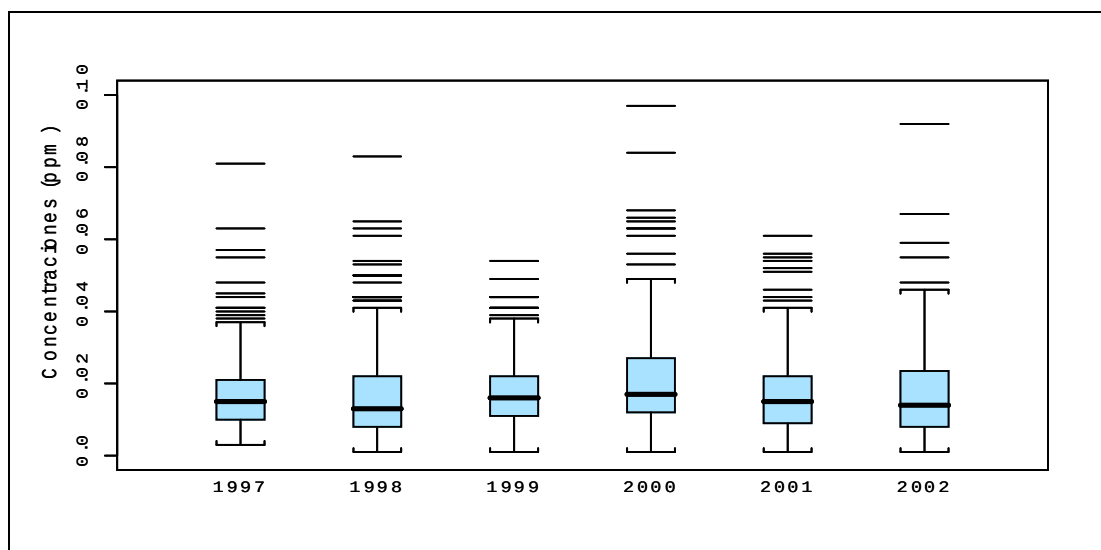


*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Cuadro 4.7 Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ZMM, 1997-2002

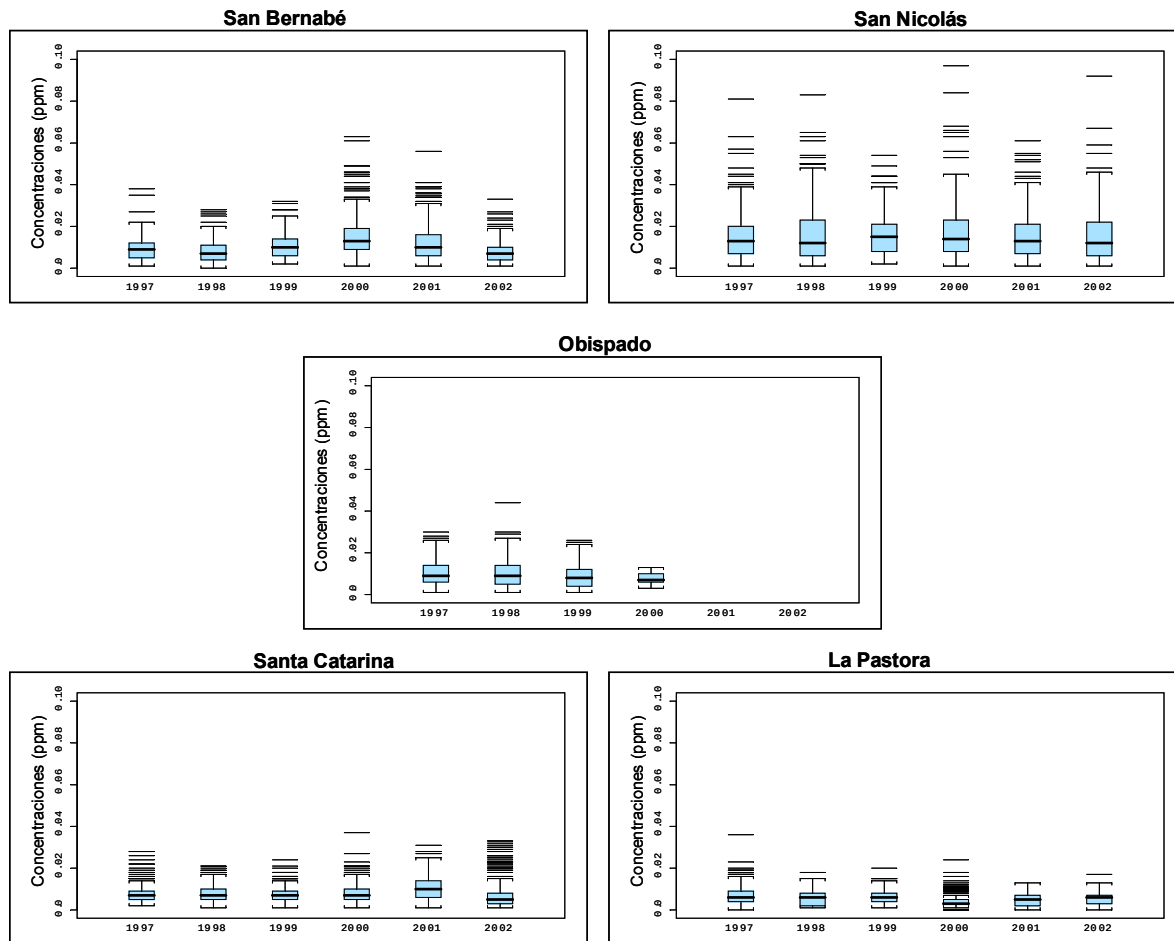
Año		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.017	0.017	0.017	0.020	0.017	0.017
Desviación Estándar		0.010	0.013	0.009	0.013	0.011	0.011
Mínimo		0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Máximo		0.081	0.083	0.054	0.097	0.061	0.092
Percentil	10	0.007	0.004	0.007	0.007	0.004	0.006
	20	0.008	0.007	0.009	0.010	0.007	0.007
	30	0.010	0.009	0.011	0.013	0.010	0.009
	40	0.013	0.011	0.014	0.014	0.012	0.011
	50	0.015	0.013	0.016	0.017	0.015	0.014
	60	0.017	0.016	0.018	0.021	0.017	0.017
	70	0.020	0.020	0.020	0.025	0.020	0.022
	80	0.023	0.027	0.023	0.030	0.025	0.025
	90	0.030	0.035	0.027	0.036	0.032	0.032
	95	0.035	0.044	0.035	0.044	0.038	0.035
	98	0.041	0.050	0.041	0.060	0.044	0.041
Total de días con datos		362	358	364	362	355	360

*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las estaciones de monitoreo.

Figura 4.11. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ZMM, 1997-2002

*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las estaciones de monitoreo.

Figura 4.12 Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMM, 1997-2002



Información en el disco compacto

El anexo que se incluye en el disco compacto es el siguiente:

Anexo III-C: Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO_2 CO para cada una de las cinco estaciones de monitoreo de la ZMM, 1997-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de SO_2 por hora y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Concentraciones horarias promedio de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMM.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMM.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de SO_2 por estación de monitoreo en la ZMM.
- Porcentaje y número de horas con información de SO_2 por año y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de horas con información de SO_2 por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de SO_2 por mes y por estación de monitoreo en la ZMM.

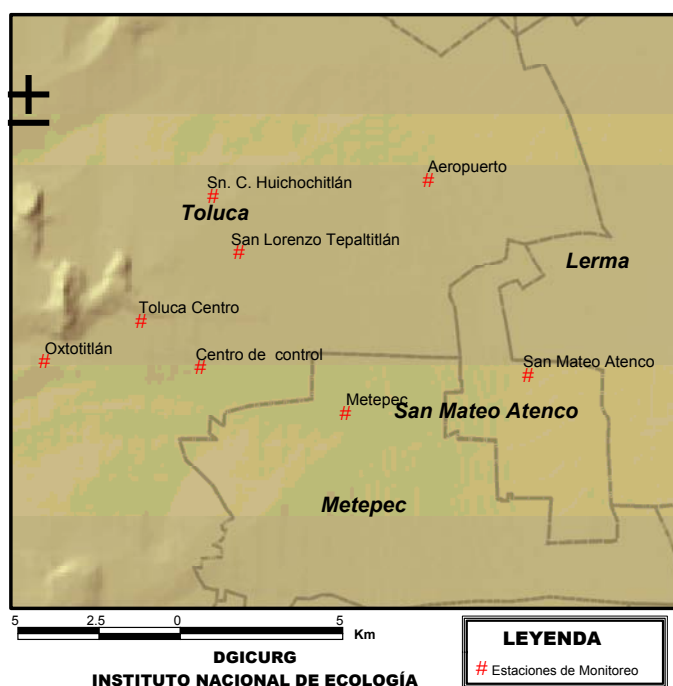
5. ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA

Red de monitoreo de la calidad del aire

La red de monitoreo de la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) funciona desde 1993 y esta integrada por 7 estaciones de monitoreo fijas (figura 5.1) y un centro de control. De las 7 estaciones 3 están ubicadas en la zona norte, 2 en la sur y 2 en la zona centro de la ZMVT, en dichas estaciones se miden los contaminantes criterio: ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM_{10}) de manera automática y adicionalmente las partículas suspendidas totales (PST) con equipo manual. En las estaciones se cuenta con equipo meteorológico que reporta la humedad relativa (HR), temperatura (TMP), dirección del viento (DV), velocidad del viento (VV), presión atmosférica (PA), precipitación pluvial (PP) y radiación solar (RS); como complemento se dispone de una red de líneas telefónicas, una unidad móvil y cinco estaciones de monitoreo manual. Los cuadros 5.1 y 5.2 muestran las estaciones que conforman ésta red y los parámetros que se miden en cada una de ellas, así como las unidades en que se reportan los parámetros, es importante mencionar que durante el año 2000 se modernizó el equipo de ozono y PM_{10} .

La red de monitoreo de la calidad del aire es administrada y operada por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

Figura 5.1 Distribución de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT



Cuadro 5.1. Estaciones de la red de monitoreo y parámetros que se miden en la ZMVT

Zona	Estación	Clave	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀ *	PST***	HR	TMP	DV	VV	PA	PP	RS
Norte	S.L. Tepaltitlán	SL													
	Aeropuerto**	AP													
	San Cristóbal Huichochitlán**	SC													
	ISSEMYM	ISSEMYM													
Centro	Oxtotitlán**	OX													
	Toluca-Centro	CE													
Sur	Metepec	MT													
	San Mateo Atenco**	SM													

*Las PM₁₀ se empezaron a medir a partir de 1998

** La estación de monitoreo San Mateo Atenco empezó a medir ozono a partir de 1999 y Oxtotitlán y San Cristóbal a partir de 2001

La estación de monitoreo Aeropuerto empezó a medir CO a partir de 2000

*** Las PST se muestrean con equipo manual

Cuadro 5.2. Parámetros, símbolos y unidades de reporte en la ZMVT

Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte	Símbolo	Parámetros meteorológicos	Unidades de Reporte
O ₃	Ozono	ppm	VV	Velocidad del viento	m/s
SO ₂	Dióxido de azufre	ppm	TMP	Temperatura	°C
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	ppm	DV	Dirección del viento	grados azimut
CO	Monóxido de carbono	ppm	RH	Humedad relativa	%
PM ₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros	µg/m ³	PA	Presión atmosférica	mm hg
PST	Partículas suspendidas totales	µg/m ³	PP	Precipitación pluvial	mm
			RS	Radiación solar	watts/m ²

Tendencia de los contaminantes atmosféricos en la ZMVT de 1994 a 2002

A continuación se presentan una serie de cuadros y figuras generados con la información de la ZMVT para cada uno de los contaminantes en las estaciones de monitoreo de la calidad del aire entre 1994 y 2002.

Monóxido de carbono (CO)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 5.3 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de CO para el periodo 1994-2002, en las cinco estaciones de la ZMVT, la última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002, dado que es el periodo que tiene la información más completa para todas la estaciones. Se observa que las medianas ordenadas por su magnitud, corresponden a las siguientes estaciones: Toluca Centro, le sigue con un valor muy similar Oxtotitlán y Metepec, San Lorenzo Tepaltitlán y por último Aeropuerto, que empezó su monitoreo en 2002. Cabe señalar que existe poca variación de la mediana de las diferentes estaciones de monitoreo.

En la figura 5.2 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de CO en las diferentes estaciones de monitoreo de la ZMVT de 1994 a 2002, observándose poca variación en las concentraciones, salvo en la estación Toluca Centro, en la que se registra una tendencia decreciente a lo largo de todo el periodo presentado, en esa misma figura se aprecia que la estación con los valores más bajos es San Lorenzo Tepaltitlán, aunque Metepec después de mostrar un incremento en 1999 desciende a partir de este año, hasta llegar a presentar el valor más bajo para todas las estaciones

durante el 2002.

En la figura 5.3 se presenta la tendencia de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de CO de 1994 al 2002. En general las concentraciones mensuales son altas en el mes de enero y descienden significativamente en marzo continuando de manera decreciente hasta llegar a las concentraciones más bajas del año en junio y en algunos casos en agosto, posteriormente aumentan de septiembre a diciembre, mes en el que los valores son tan altos como en enero.

En la figura 5.4 se presentan las concentraciones horarias promedio de CO de 1997 al 2002, se observa una distribución bimodal en todos los años y en las cinco estaciones. El primer pico de mayor magnitud se presenta entre las 7:00 y las 11:00 horas de la mañana y el segundo pico, menos definido, se observa entre las 19:00 y las 23:00 horas. Este comportamiento bimodal puede estar relacionado con los horarios de traslado a los trabajos por la mañana y el traslado hacia los hogares por la tarde. Es notorio que el pico máximo se obtuvo en la estación Toluca Centro en 1996.

Valores fuera de norma de monóxido de carbono

En las estaciones de monitoreo de la ZMVT, durante el periodo analizado (1994 a 2002) no se presentaron registros por arriba del valor de la norma de CO (11ppm como promedio móvil de 8 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año, NOM-021-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Concentraciones diarias de monóxido de carbono

En el cuadro 5.4 se presentan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de CO, como promedios móviles de 8 horas de las estaciones de monitoreo Oxtotitlán, Toluca Centro o Metepec, dado que son las estaciones históricas representativas desde que se inició el monitoreo de CO en la ZMVT. Las medianas (percentil 50) presentan en general un comportamiento decreciente, que se acentúa de 1998 a 2002. Las medianas para cada año fluctúan entre 2 y 3.5 ppm.

Como complemento al cuadro anterior, la figura 5.5 muestra la distribución de las concentraciones diarias máximas de las tres estaciones de monitoreo mencionadas. Los valores máximos históricos se observan en 1994 y 1997, siendo de 7.7 y 7.8 ppm, respectivamente. Asimismo, se observa que el valor de la mediana se mantiene por debajo de la norma (3.5 ppm).

Por último, la figura 5.6 ilustra la distribución de las concentraciones diarias por año, en este caso para cada una de las estaciones de monitoreo. Se observa que el valor máximo considerando solo la información de las tres estaciones mencionadas en el párrafo anterior, es superado con el máximo (por arriba de 8 ppm) que se registra en Tepaltitlán en 1996. Se aprecia en general una disminución en el valor de la mediana en las estaciones de monitoreo, a excepción de Tepaltitlán.

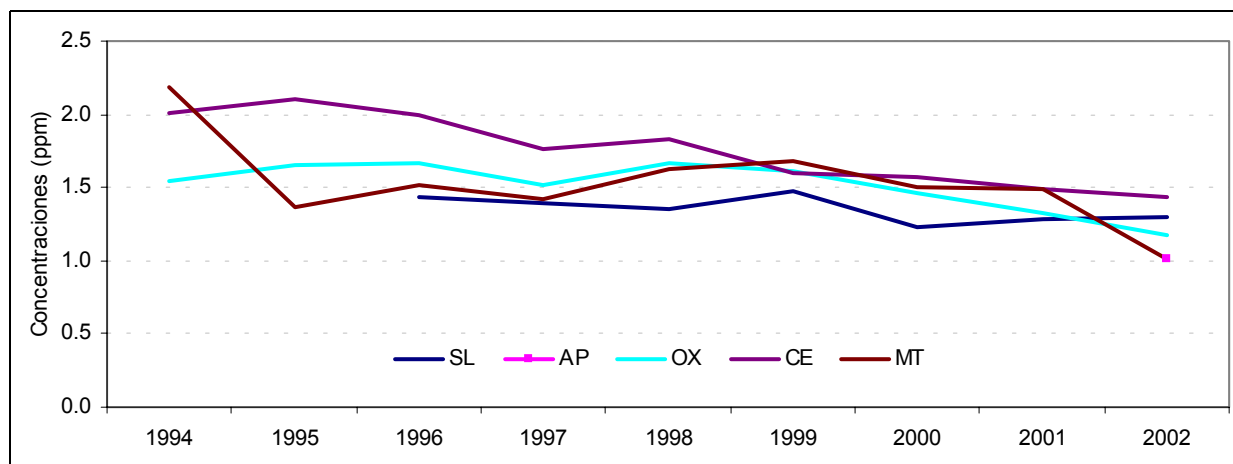
Cuadro 5.3. Promedio anual de las concentraciones horarias de CO en la ZMVT, 1994-2002

Zona	Estación	Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Norte	San Lorenzo Tepaltitlán	ppm	ND	ND	1.4	1.4	1.4	1.5	1.2	1.3	1.3	1.4
		μ/m^3	ND	ND	1639	1598	1550	1696	1403	1472	1478	1550
	Aeropuerto	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.0	1.0
		μ/m^3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1164	1164
Centro	Oxtotitlán	ppm	1.5	1.7	1.7	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.5
		μ/m^3	1767	1893	1901	1742	1901	1849	1666	1518	1348	1742
	Toluca Centro	ppm	2.0	2.1	2.0	1.8	1.8	1.6	1.6	1.5	1.4	1.6
		μ/m^3	2299	2413	2290	2015	2089	1834	1804	1698	1644	1834
Sur	Metepec	ppm	2.2	1.4	1.5	1.4	1.6	1.7	1.5	1.5	1.0	1.5
		μ/m^3	2494	1562	1732	1622	1858	1920	1724	1712	1164	1724

ND: Información no disponible.

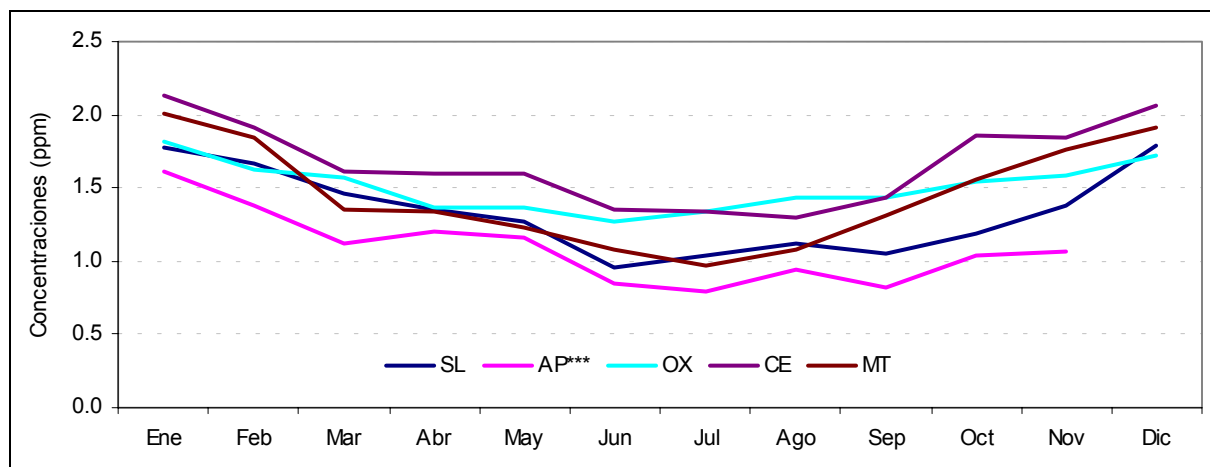
* Mediana de los promedios anuales de 1994 a 2002.

Figura 5.2. Promedio anual de concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo* en la ZMVT, 1994-2002



*San Lorenzo Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE) y Metepec (MT)

Figura 5.3. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1994-2002

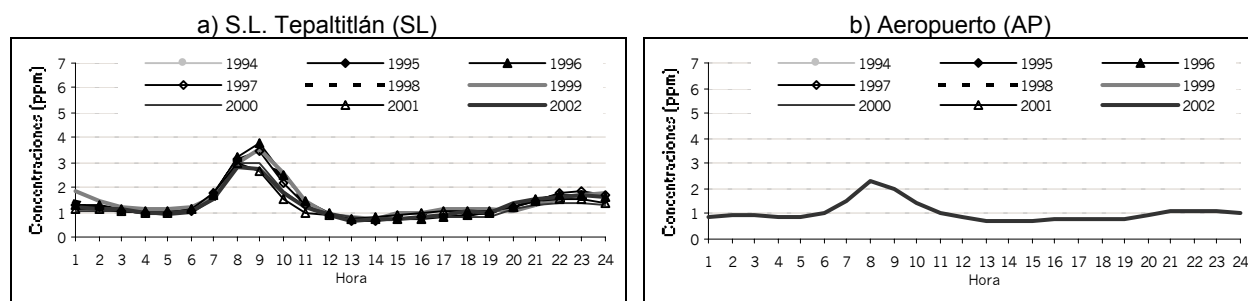


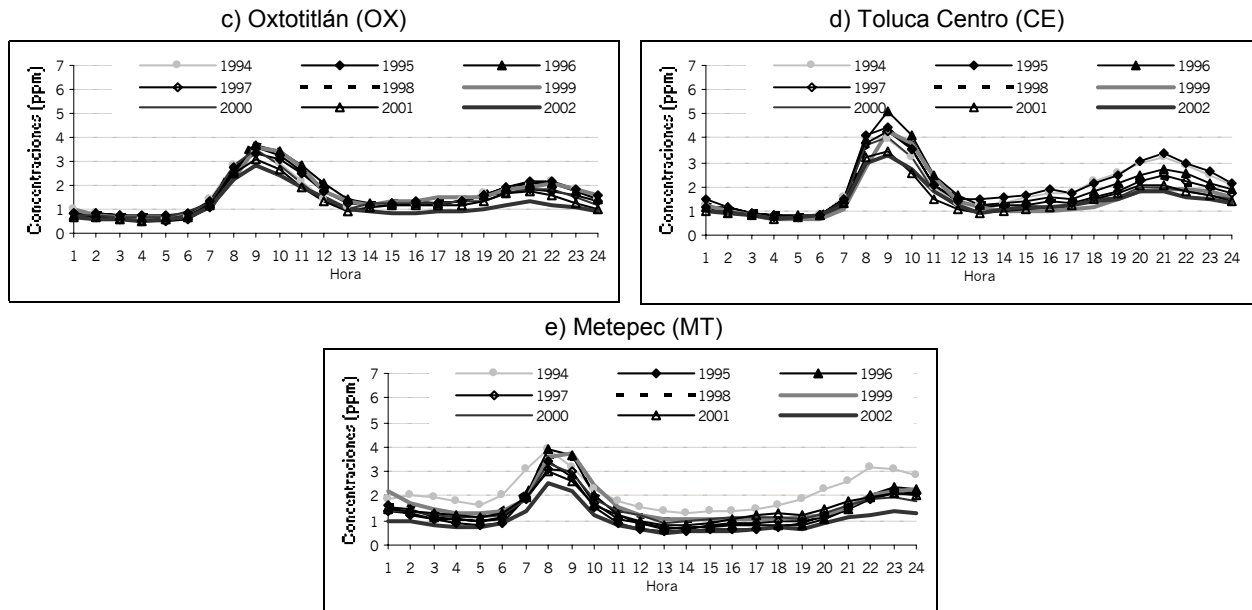
*Mediana de los promedios mensuales de 1994 a 2002

**San Lorenzo Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE) y Metepec (MT).

***Aeropuerto empezó a medir CO en 2002

Figura 5.4. Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002



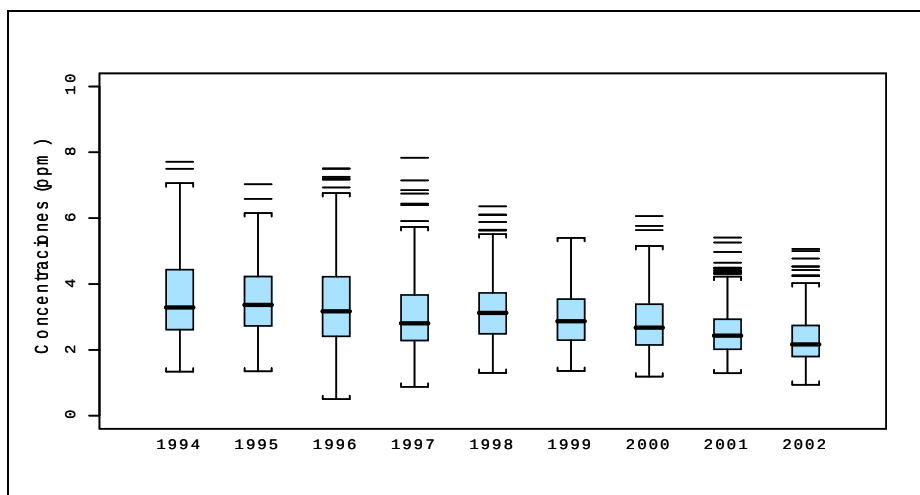


Cuadro 5.4. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de CO en tres estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1994-2002

Año		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		3.6	3.5	3.4	3.0	3.2	3.0	2.8	2.6	2.3
Desviación estándar		1.3	1.1	1.3	1.1	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8
Mínimo		1.3	1.3	0.5	0.9	1.3	1.4	1.2	1.3	0.9
Máximo		7.7	7.0	7.5	7.8	6.4	5.4	6.1	5.4	5.1
Percentiles	10	2.1	1.9	1.9	2.0	1.9	1.8	1.8	1.5	1.50
	20	2.6	2.3	2.2	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7	1.73
	30	2.9	2.5	2.4	2.6	2.4	2.3	2.1	1.9	1.88
	40	3.1	2.8	2.6	2.9	2.6	2.5	2.3	2.0	2.04
	50	3.4	3.2	2.8	3.1	2.9	2.7	2.4	2.2	2.16
	60	3.7	3.4	3.1	3.4	3.1	2.9	2.6	2.4	2.37
	70	4.0	3.9	3.4	3.6	3.4	3.2	2.8	2.6	2.57
	80	4.4	4.4	3.9	3.9	3.7	3.6	3.1	2.9	2.91
	90	5.0	5.2	4.5	4.3	4.0	4.0	3.6	3.4	3.41
	95	5.5	5.8	4.9	4.7	4.4	4.3	3.9	3.8	3.79
	98	5.9	6.6	5.7	5.2	4.9	4.6	4.4	4.2	4.18
Total de días con datos		317	365	360	362	364	336	362	364	365

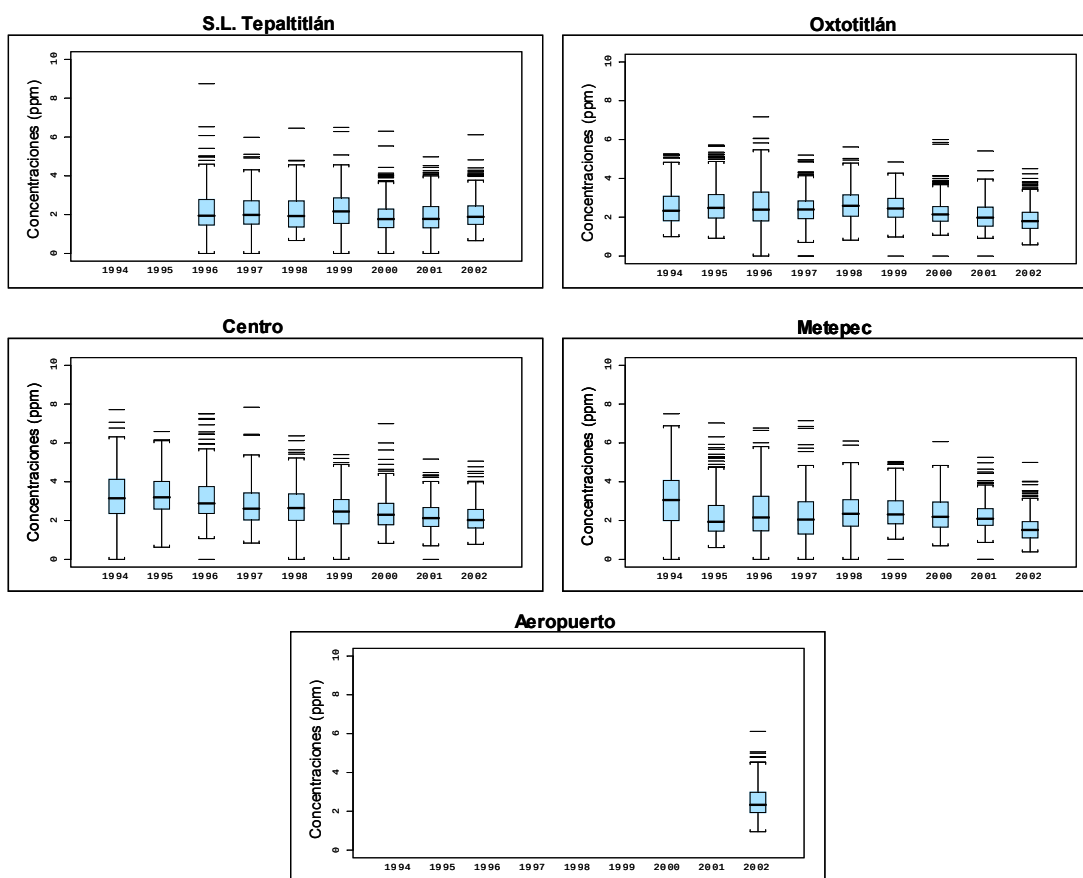
* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 horas de las estaciones Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE) o Metepec (MT).

Figura 5.5. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de CO de tres estaciones en la ZMVT, 1994-2002



* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 horas de las estaciones Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE) o Metepec (MT).

Figura 5.6. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de CO* por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002



*Máximo de los promedios móviles de ocho horas.

Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo IV-A: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de CO para cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1994-2002

Información adicional:

- Concentración máxima de CO por hora y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Porcentaje y número de horas con información de CO por año y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de horas con información de CO por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de CO como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Para la ZMVT la información generada de los monitoreos de dióxido de nitrógeno en 1994 no fue suficiente para incluirlos en la descripción de la tendencia histórica, por lo que se describe únicamente el periodo 1995-2002.

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 5.7 y en la figura 5.12 se presenta el promedio anual de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno en las siete estaciones de monitoreo de la ZMVT. Los promedios más altos, así como la mediana de los mismos (que se presenta en la última columna del cuadro), se registraron en la estación Toluca Centro, con excepción del año 1998 en el que la estación S.L. Tepaltitlán presenta un pico que rebasa las concentraciones del resto de las estaciones. Asimismo, a partir de 1998 se observa una ligera tendencia creciente de los niveles de este contaminante en la mayoría de las estaciones.

En la figura 5.13 se presenta la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de 1995 al 2002 en las estaciones de monitoreo, observándose que las concentraciones mensuales tienden a ser menores de junio a septiembre; en cambio las concentraciones más elevadas ocurren en los meses más fríos (noviembre, diciembre y enero). Igualmente se aprecia que la estación Toluca Centro registró las medianas más altas en todos los meses del año.

En la figura 5.14 se ilustran las concentraciones promedio de dióxido de nitrógeno para cada hora y año, en ellas destacan las distribuciones bimodales en todas las estaciones, el primer pico se presenta de las 8:00 a las 11:00 horas y el segundo de las 20:00 a las 23:00, ó 24:00 horas, siendo generalmente más elevadas las concentraciones del primer periodo.

Valores fuera de norma de dióxido de nitrógeno

En el cuadro 5.8 y en la figura 5.15 se muestra el porcentaje de horas por año y por estación de monitoreo con concentraciones de dióxido de nitrógeno superiores al valor de la norma (0.21 ppm), de manera ocasional se rebasó el límite establecido en esta norma, 1996 se observa como el año con el mayor número de horas en que se rebasa el valor de la norma, todas ellas registradas en la estación de monitoreo Toluca Centro, mientras que para el resto de los años los valores fuera de norma se excedieron un máximo de tres horas, distribuidas en las estaciones de la ZMVT.

En forma complementaria, se muestran en el cuadro 5.9 los días con concentraciones de dióxido de nitrógeno por arriba del valor de la norma por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo, por ser las que presentan la información histórica más completa en la medición de este contaminante en el periodo descrito. El mes que presentó el porcentaje más alto de días con registros superiores a la norma fue enero de 1996 (12.9 %), entre 1997 y 1999 sólo se registró un día superior que fue en febrero de 1998. Adicionalmente, se presentan en la figura 5.16 los días por año en que se rebasa el límite normado en las estaciones de monitoreo seleccionadas. La estación Toluca Centro registró el mayor número de días en que se excede el valor de la norma para 1996, seguida de Metepec, cabe resaltar que en los últimos dos años sólo se rebasó el valor de la norma en tres ocasiones, dos en el 2000 (Aeropuerto y San Cristóbal) y una en el 2002 (Aeropuerto).

Concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno

El cuadro 5.10 muestra las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias máximas de dióxido de nitrógeno de las cinco estaciones mencionadas en el apartado anterior, observándose que la concentración más elevada registrada en el periodo de análisis se registra en 1996 (0.307 ppm). El percentil 50 (mediana) muestra concentraciones relativamente estables y por debajo de la norma. Asimismo, se denota que las concentraciones máximas reportadas excedieron dicho valor en todos los años, con excepción de 1997, 1999 y 2001. En la figura 5.17 se puede observar la tendencia histórica de los valores diarios máximos,

es notoria la disminución de los diarios máximos a partir de 1998, aunque en el 2002 se observa un incremento con respecto a los años previos, sin llegar a los valores máximos de 1995 y 1996, éste ultimo, presenta los máximos históricos.

La figura 5.18 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias por cada estación de monitoreo, en ella los valores de las concentraciones diarias más altas se presentan predominantemente en la estación de monitoreo Toluca Centro.

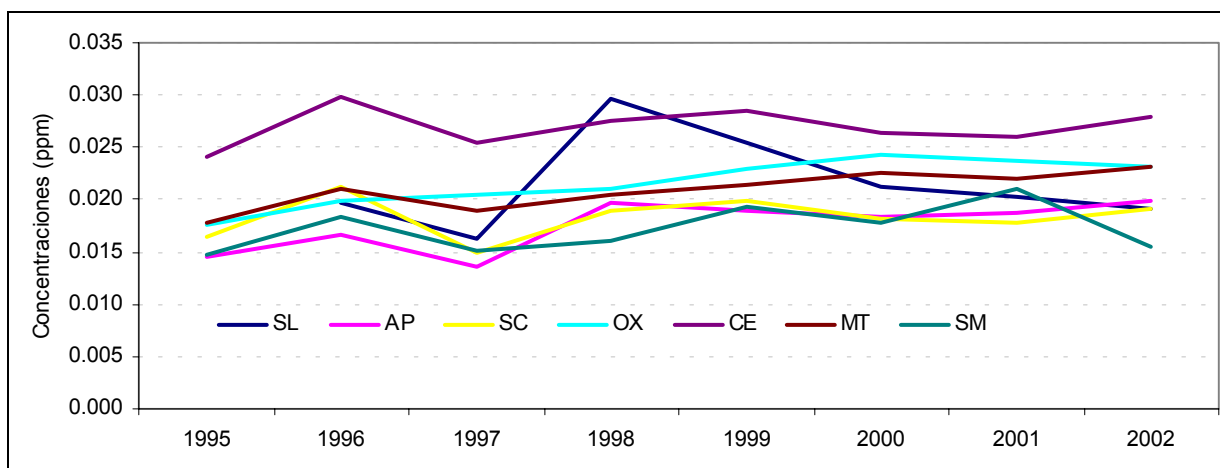
Cuadro 5.7. Promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂ en la ZMVT, 1995-2002

Zona	Estación	Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Norte	SL Tepaltitlán	ppm	ND	0.020	0.016	0.030	0.026	0.021	0.020	0.019	0.020
		μ/m ³	ND	37	31	56	48	40	38	36	38
	Aeropuerto	ppm	0.015	0.017	0.014	0.020	0.019	0.018	0.019	0.020	0.019
		μ/m ³	27	31	25	37	36	34	35	37	35
	SanCristóbal**	ppm	0.016	0.021	0.015	0.019	0.020	0.018	0.018	0.019	0.019
		μ/m ³	31	40	28	35	37	34	34	36	35
Centro	Oxtotitlán	ppm	0.018	0.020	0.020	0.021	0.023	0.024	0.024	0.023	0.023
		μ/m ³	33	37	38	39	43	46	45	43	43
	TolucaCentro	ppm	0.024	0.030	0.025	0.027	0.029	0.026	0.026	0.028	0.027
		μ/m ³	45	56	48	52	54	50	49	53	52
Sur	Metepec	ppm	0.018	0.021	0.019	0.020	0.021	0.023	0.022	0.023	0.021
		μ/m ³	33	39	36	39	40	42	41	43	40
	San Mateo Atenco	ppm	0.015	0.018	0.015	0.016	0.019	0.018	0.021	0.016	0.018
		μ/m ³	28	35	28	30	36	33	40	29	33

ND: Información no disponible.

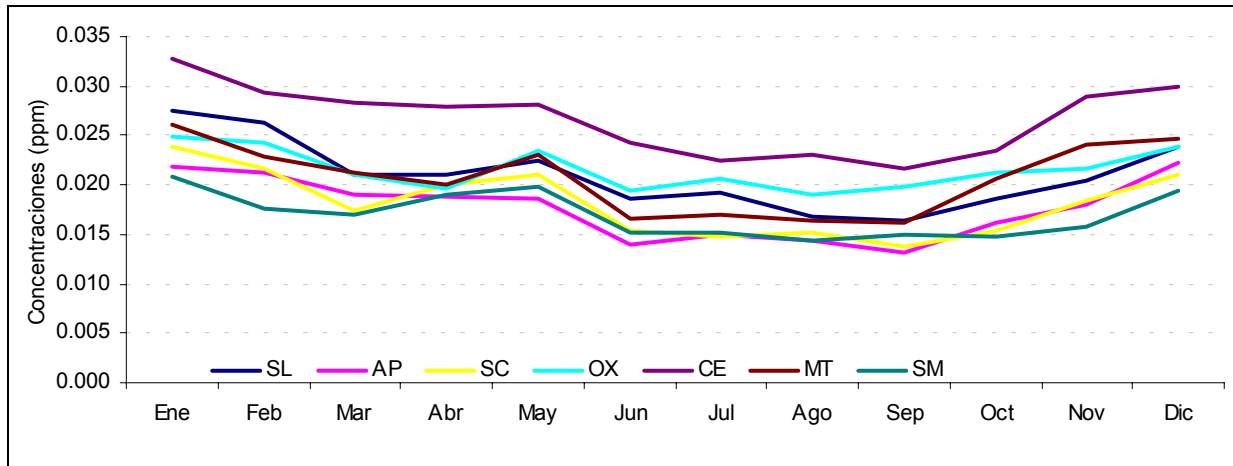
*Mediana de los promedios anuales de 1995 a 2002

Figura 5.12. Promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo* en la ZMVT, 1995-2002



*S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM)

Figura 5.13. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de NO₂, por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1995-2002

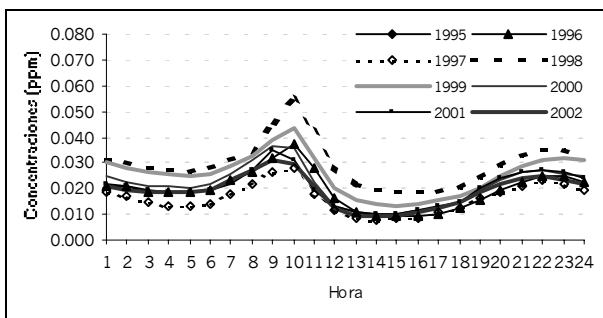


*Mediana de los promedios anuales de 1995 a 2002

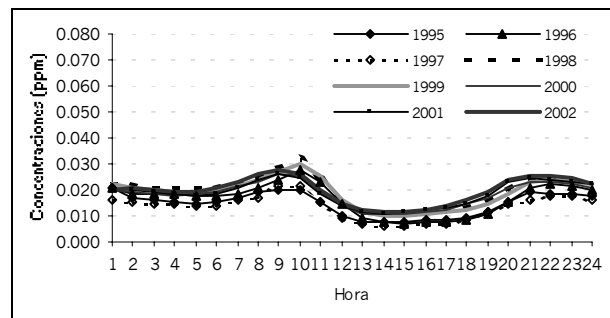
**S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM)

Figura 5.14. Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT, 1995-2002

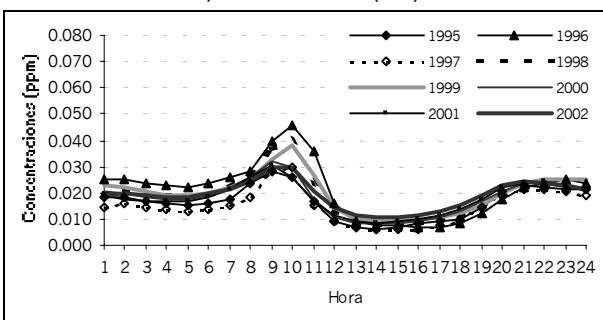
a) S.L. Tepaltitlán (SL)



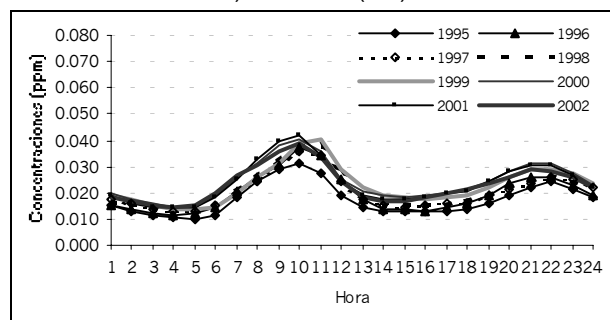
b) Aeropuerto (AP)

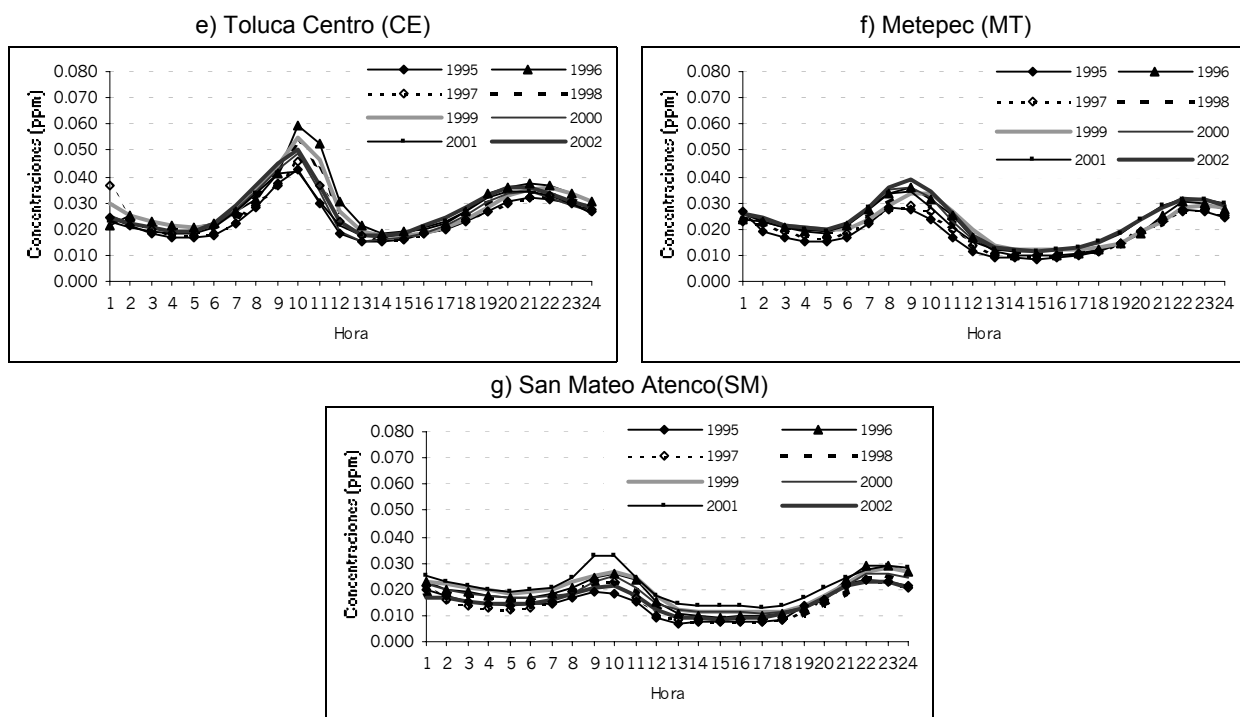


c) San Cristóbal (SC)



d) Oxtotitlán (OX)





Cuadro 5.8. Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂* en la ZMVT, 1995-2002

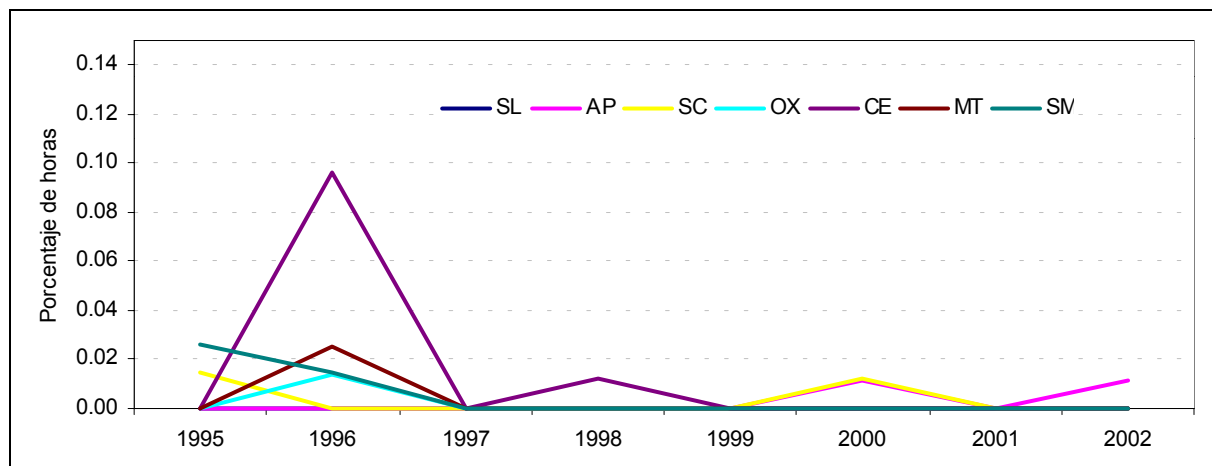
Zona	Estación	Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Norte	SL Tepaltitlán	%	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	ND	0	0	0	0	0	0	0
	Aeropuerto	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.01
		No.	0	0	0	0	0	1	0	1
	San Cristóbal	%	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0
		No.	1	0	0	0	0	1	0	0
Centro	Oxtotitlán	%	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	0	1	0	0	0	0	0	0
	Toluca Centro	%	0.0	0.1	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	0	7	0	1	0	0	0	0
Sur	Metepec	%	0.0	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	0	2	0	0	0	0	0	0
	San Mateo Atenco	%	0.03	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		No.	2	1	0	0	0	0	0	0
Promedio**		%	0.005	0.030	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002

ND: Información no disponible.

* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Promedio de los porcentajes de las siete estaciones de monitoreo

Figura 5.15. Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂* en la ZMVT, 1995-2002



* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM)

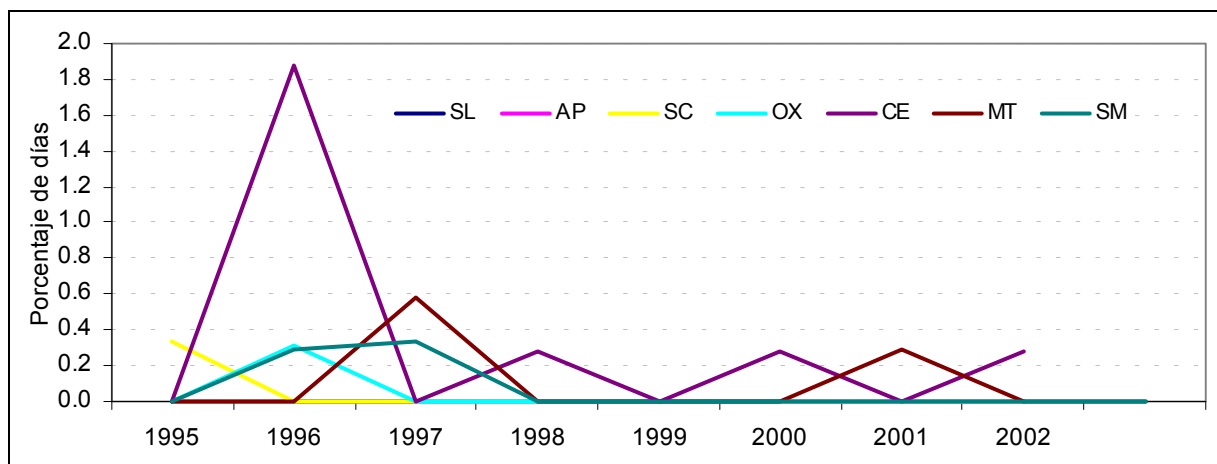
Cuadro 5.9. Días en que se excede el valor de la norma horaria de NO₂* por mes y por año en cinco estaciones de monitoreo** de la ZMVT, 1995-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1995	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.3
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1996	%	12.9	0.0	0.0	6.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	3.2	2.8
	No.	4	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	1	10
1997	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	%	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1999	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	%	0.0	3.4	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
	No.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	%	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	No.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Aeropuerto (AP), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (MT)

Figura 5.16. Días (%) en que se excede el valor de la norma de NO₂* por estación de monitoreo** de la ZMVT, 1995-2002



*La norma de dióxido de nitrógeno es igual a 0.21 ppm, concentración que no se debe exceder más de una hora una vez al año (NOM-023-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

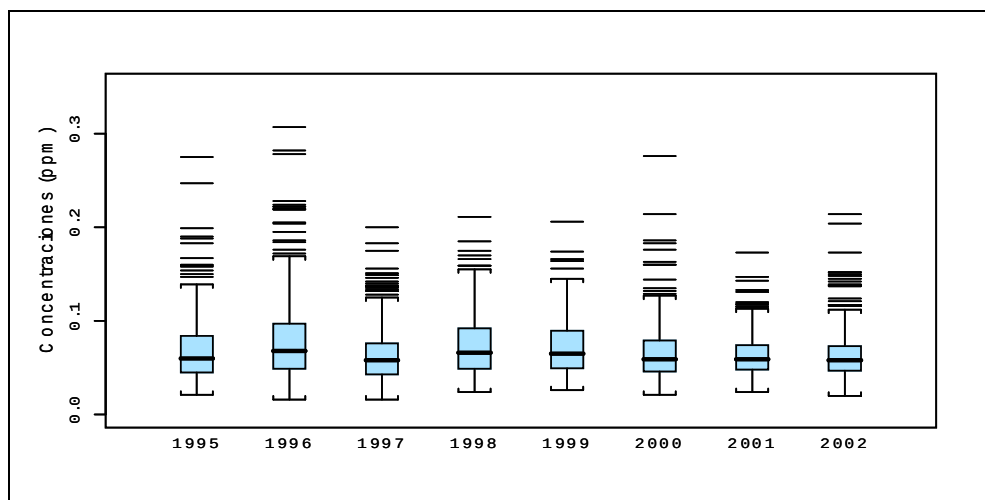
** S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM)

Cuadro 5.10. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de NO₂ en cinco estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1995-2002

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	0.066	0.078	0.063	0.065	0.068	0.064	0.062	0.063
Desviación Estándar	0.031	0.045	0.029	0.028	0.028	0.030	0.022	0.026
Mínimo	0.019	0.012	0.016	0.020	0.026	0.021	0.020	0.020
Máximo	0.275	0.307	0.200	0.211	0.206	0.276	0.173	0.214
Percentil	10	0.036	0.037	0.034	0.037	0.038	0.035	0.037
	20	0.042	0.045	0.041	0.042	0.045	0.043	0.044
	30	0.047	0.051	0.045	0.047	0.051	0.048	0.049
	40	0.052	0.060	0.050	0.052	0.056	0.052	0.055
	50	0.058	0.066	0.055	0.059	0.062	0.057	0.058
	60	0.066	0.075	0.063	0.067	0.069	0.063	0.063
	70	0.074	0.087	0.069	0.075	0.079	0.069	0.069
	80	0.086	0.102	0.081	0.086	0.092	0.081	0.078
	90	0.102	0.136	0.104	0.102	0.105	0.102	0.093
	95	0.118	0.168	0.125	0.115	0.119	0.114	0.109
	98	0.153	0.220	0.139	0.137	0.140	0.154	0.141
Total de días con datos	365	360	365	365	336	362	365	365

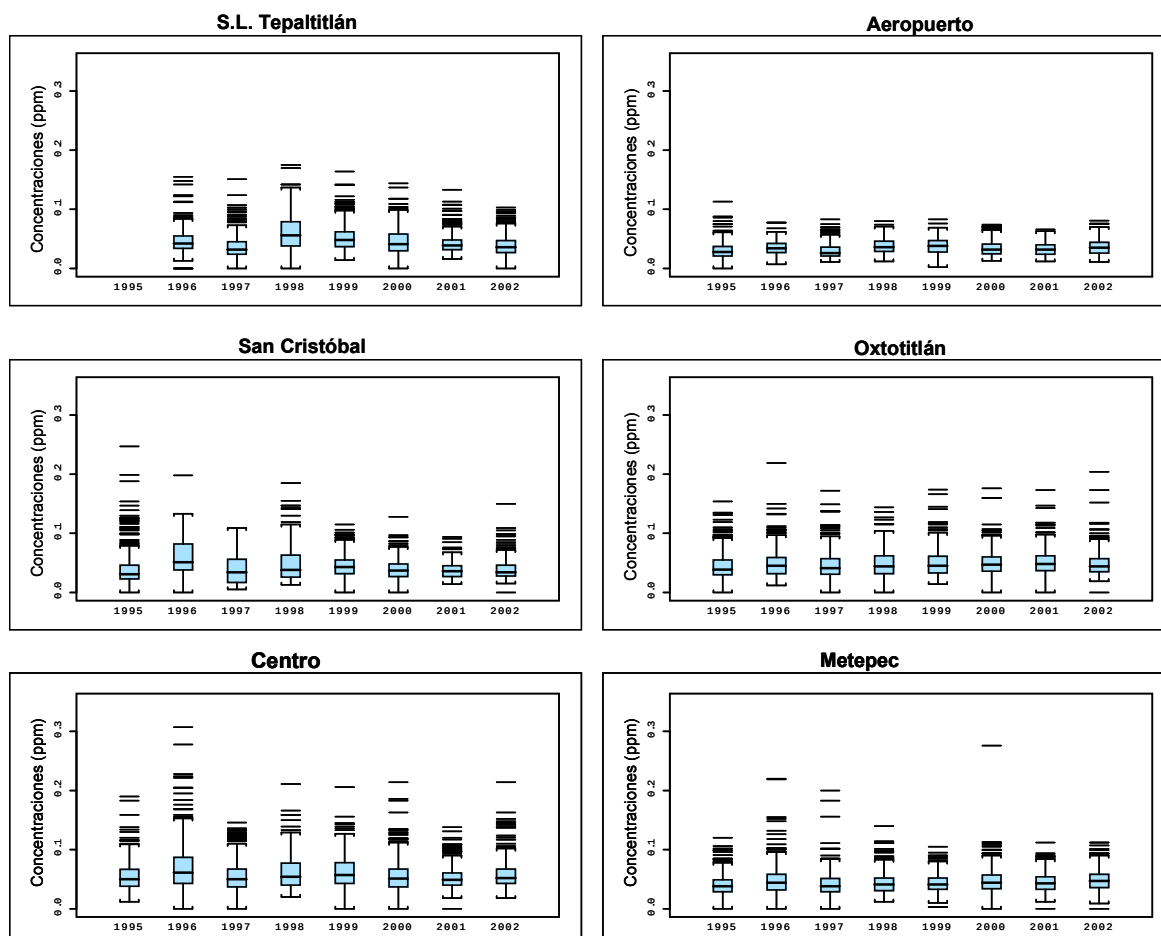
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubieran presentado en Aeropuerto (AP), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT) o San Mateo Atenco (MT)

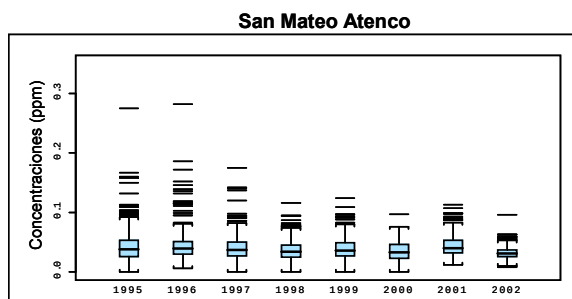
Figura 5.17. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de NO_2 de cinco estaciones de monitoreo en la ZMVT, 1995-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias, que se hubieran presentado en Aeropuerto (AP), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT) o San Mateo Atenco (MT)

Figura 5.18. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de NO_2 en la ZMVT, 1995-2002





Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo IV-C: Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de NO₂ por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMVT, 1995-2002

Anexo IV-D: Días en que se excede el valor de la norma horaria de NO₂ por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMVT, 1995-2002.

Anexo IV-E: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones (ppm) diarias de NO₂ para cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1995-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de NO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Porcentaje y número de horas con información de NO₂ por año y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de horas con información de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.

Ozono (O₃)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 5.11 se aprecia el promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las siete estaciones de monitoreo. Con el fin de ilustrar la distribución de las estaciones y las magnitudes de las concentraciones de ozono se agruparon en tres zonas geográficas, la última columna que contiene la mediana de los promedios anuales muestra que las estaciones ubicadas al sur Metepec y San Mateo Atenco obtuvieron los valores más altos 0.031 y 0.029 ppm, respectivamente, seguidos en la zona norte por Aeropuerto y la estación Toluca centro con 0.028 ppm.

En la figura 5.19 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las diferentes estaciones de monitoreo de la ZMVT de 1994-2002, se observa que de 1994 a 1996 se presenta una tendencia creciente, presentándose un comportamiento inverso en 1997, a partir de este año la tendencia se mantiene prácticamente estable hasta el 2000 y nuevamente decrece en el 2001 destacándose la estación Aeropuerto, en las estaciones S. L. Tepaltitlán y Toluca Centro se observa un ligero incremento en el 2002. Cabe mencionar que sólo se disponen de los datos de 2001 y 2002 para las estaciones Oxtotitlán y San Cristóbal.

En la figura 5.20 se muestra la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de ozono en todas las estaciones de monitoreo, en ella se observa que en la mayoría de las estaciones se presenta un incremento de enero a febrero, en marzo disminuyen ligeramente y para el mes de abril, y en algunos casos en mayo aumentan. Por su magnitud destacan las estaciones de San Cristóbal y Oxtotitlán, en general a partir del mes de junio la tendencia se vuelve decreciente presentando un ligero repunte en diciembre.

La Figura 5.21 ilustra la tendencia de las concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo, en ella se observa que a partir de las 8:00 de la mañana las concentraciones de ozono inician una tendencia creciente, hasta alcanzar los valores más altos entre las 12:00 y 15:00 horas, posteriormente tienden a decrecer. Los valores más altos se registran en las estaciones S. L. Tepaltitlán, Toluca Centro, Metepec y San Mateo Atenco.

Valores fuera de norma de ozono

En el cuadro 5.12 se muestra el número y porcentaje de horas que se excedió la norma de calidad del aire para ozono (0.11 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002) por año y por estación de monitoreo de la ZMVT, como complemento se presentan el porcentaje de horas en que se excede el valor de la norma de ozono de manera gráfica en la figura 5.22, la cual muestra que en 1996 se rebasa la norma en la mayoría de las estaciones. La estación Metepec presentó el porcentaje más alto de valores fuera de norma y en el 2001 disminuyó significativamente igualando las estaciones que presentan menos del 0.02 % de horas fuera de norma.

El cuadro 5.13 presenta el número de días y los porcentajes en que se excede la norma horaria de ozono por mes y por año de las tres estaciones de monitoreo representativas (Aeropuerto, Toluca Centro y Metepec), el año 1996 se caracteriza por el número de días en que se excede la norma (12.5%), asimismo para el periodo de 1997 al 2000 se aprecia que el porcentaje disminuye ligeramente, sin embargo en 2001 y 2002 la disminución del porcentaje de días es notable y corresponde a los porcentajes anuales más bajos del periodo mostrado.

Como complemento al cuadro anterior la figura 5.23 muestra el porcentaje de días por año en que se excede la norma horaria por estación de monitoreo, al igual que en la figura 5.22 se observa un pico importante en 1996 en la mayoría de las estaciones, en el año 2000 resalta el porcentaje más alto de valores fuera de norma

en la estación San Mateo Atenco, finalmente se aprecia que en 2001 y 2002 la mayoría de las estaciones registraron el número más bajo de valores fuera de norma.

En el cuadro 5.14 se muestran las concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas (Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1997, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002), se observa que la norma se ha excedido desde 1996 a 2002, aclarando que en la estación Oxtotitlán no se excede la norma pero sólo se dispone de un dato comparable. La información se presenta en la figura 5.24, la cual muestra a la estación Metepec consistentemente por arriba de ésta norma desde 1996, no obstante la mayoría de las estaciones presentan una tendencia decreciente en los últimos años

Concentraciones diarias de ozono

En el cuadro 5.15 se presenta la estadística descriptiva de la concentraciones diarias máximas de ozono de las tres estaciones de monitoreo representativas, denotándose que los valores de la mediana (percentil 50) oscilan entre 0.06 y 0.08 ppm y como complemento al cuadro anterior la figura 5.25 muestra la distribución de las concentraciones diarias máximas, se aprecia que el valor máximo histórico ocurre en 1996 (0.220 ppm). Durante el periodo mostrado la mediana permanece por debajo de 0.10 ppm.

Finalmente en la figura 5.26 se presentan las distribuciones de las concentraciones diarias para cada una de las estaciones de monitoreo, en ella se denota que las medianas permanecen por debajo de 0.10 ppm. El valor histórico más alto se registra en la estación Aeropuerto en el año 1996. Para San Mateo Atenco se presentan las distribuciones a partir de 1999 y para Oxtotitlán y San Cristóbal a partir del 2001.

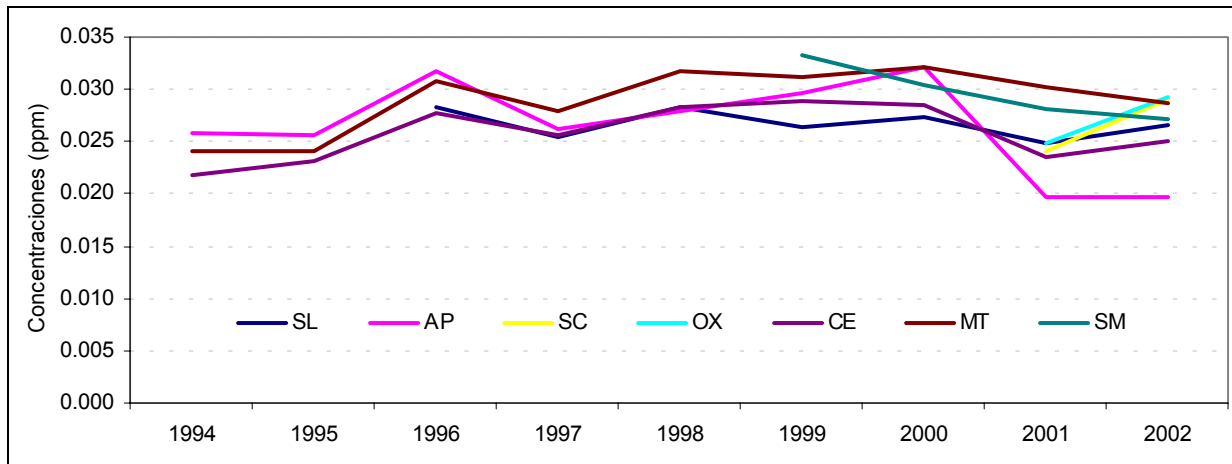
Cuadro 5.11. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en la ZMVT, 1994-2002

Zona	Estación	Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Norte	S. L. Tepaltitlán	ppm	0.023	ND	0.028	0.025	0.028	0.026	0.027	0.025	0.027	0.027
		µg/m ³	44	ND	56	50	56	52	54	49	52	52
	Aeropuerto	ppm	0.026	0.026	0.032	0.026	0.028	0.030	0.032	0.020	0.020	0.028
		µg/m ³	51	50	62	51	55	58	63	39	39	55
	San Cristóbal	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.024	0.029	0.027
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	47	57	52
Centro	Toluca Centro	ppm	0.022	0.023	0.028	0.026	0.028	0.029	0.029	0.024	0.025	0.028
		µg/m ³	43	45	54	50	55	57	56	46	49	54
	Oxtotitlán	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.025	0.029	0.027
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	49	57	53
Sur	Metepec	ppm	0.024	0.024	0.031	0.028	0.032	0.031	0.032	0.030	0.029	0.031
		µg/m ³	47	47	60	55	62	61	63	59	56	60
	San Mateo Atenco)	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	0.033	0.030	0.028	0.027	0.029
		µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND	65	60	55	53	57

ND: Información no disponible

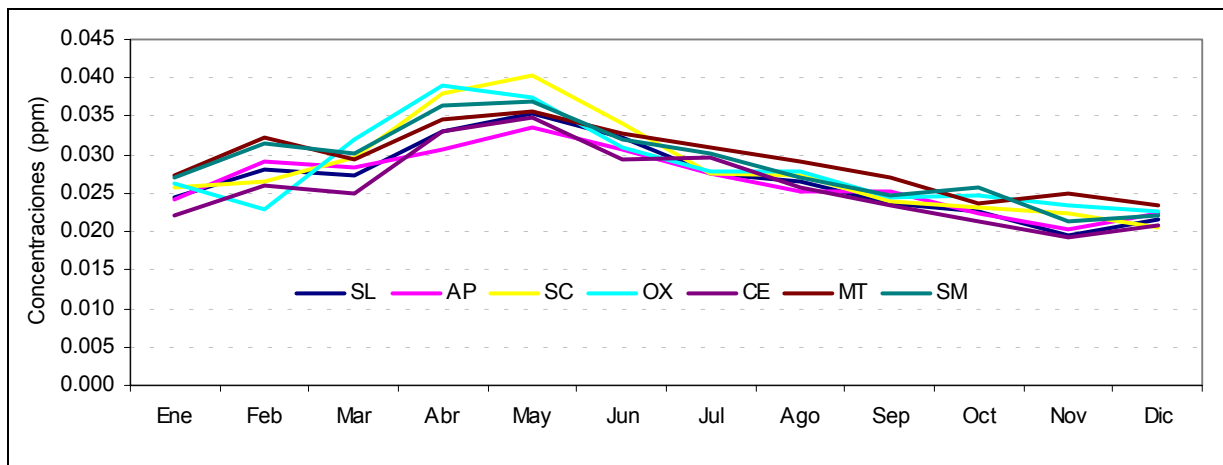
* Se utilizaron las medianas de los promedio anuales del periodo 1996 a 2002

Figura 5.19. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo* en la ZMVT, 1994-2002



*S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT), San Mateo Atenco (SM)

Figura 5.20. Tendencias mensuales (medianas) * de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1994-2002

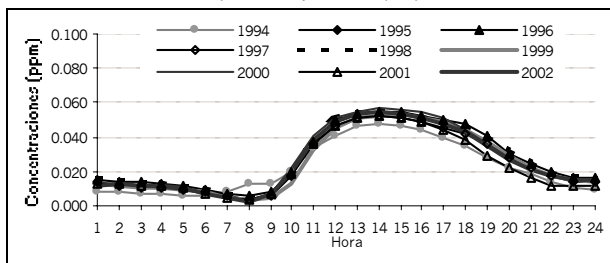


*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1997-2002.

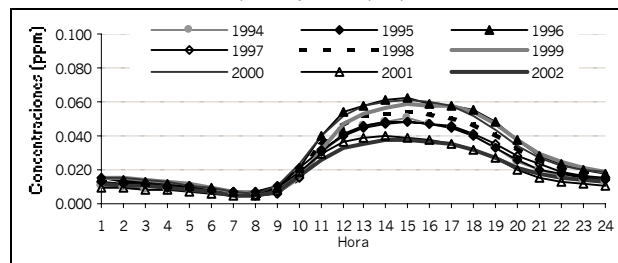
** S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT), San Mateo Atenco (SM)

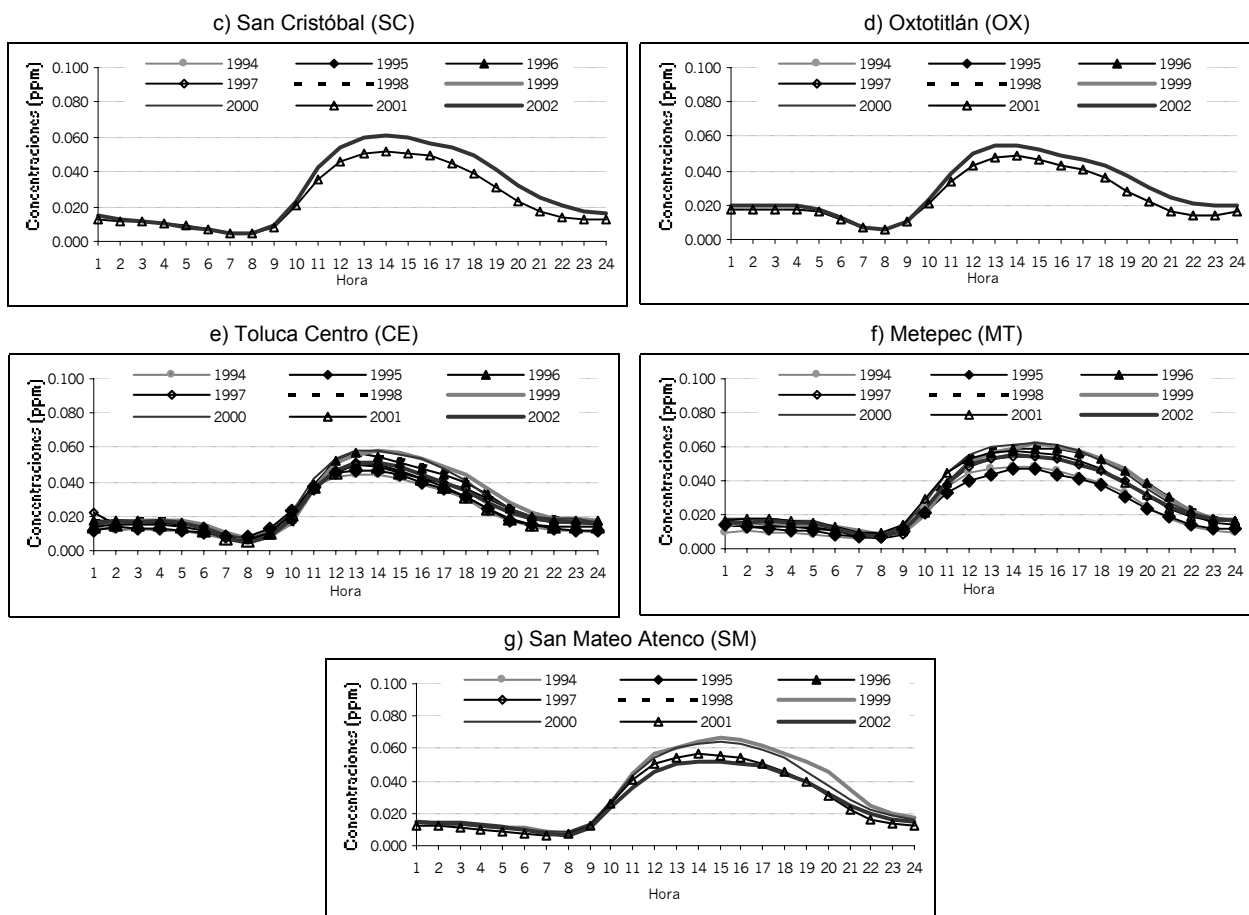
Figura 5.21. Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002

a) S.L. Tepaltitlán (SL)



b) Aeropuerto (AP)





Cuadro 5.12. Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002

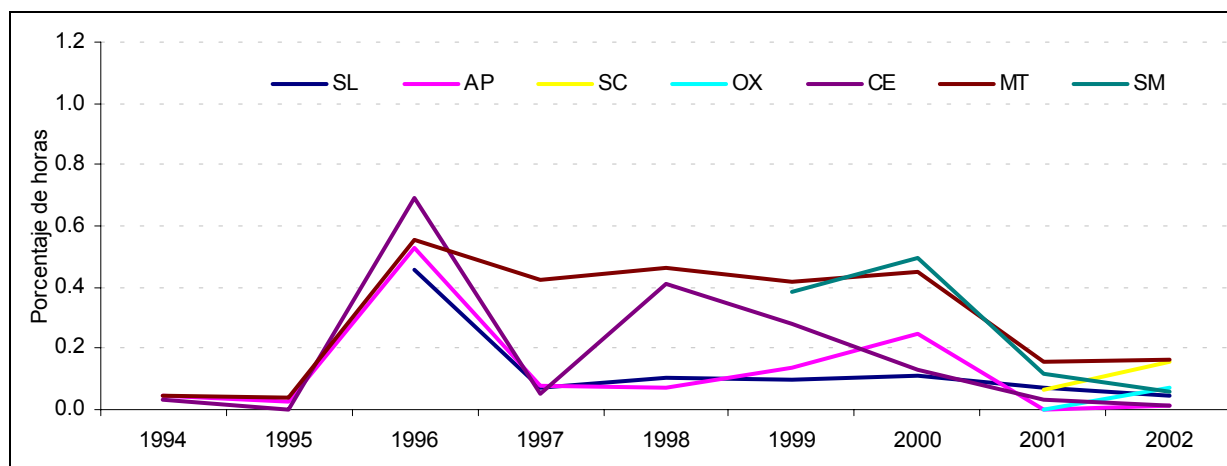
Zona	Estación	Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Norte	Tepatitlán SL	%	0.00	ND	0.46	0.07	0.11	0.10	0.11	0.07	0.05
		No.	0	ND	35	6	8	7	9	4	4
	Aeropuerto AP	%	0.04	0.03	0.53	0.08	0.07	0.14	0.25	0.00	0.01
		No.	3	2	31	6	6	10	21	0	1
	San Cristobal SC	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.2
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	13
Centro	Oxtotitlán OX	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.1
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	6
	Toluca Centro CE	%	0.03	0.00	0.69	0.05	0.41	0.28	0.13	0.03	0.01
		No.	2	0	55	4	34	21	11	3	1
Sur	Metepec MT	%	0.04	0.04	0.55	0.42	0.46	0.42	0.45	0.15	0.16
		No.	3	3	43	34	38	29	39	13	14
	San Mateo Atenco SM	%	ND	ND	ND	ND	ND	0.38	0.50	0.11	0.06
		No.	ND	ND	ND	ND	ND	18	39	9	5
Promedio de 3 estaciones**		%	0.04	0.02	0.59	0.18	0.32	0.28	0.28	0.06	0.06

ND: Información no disponible

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Promedio de los porcentajes de las estaciones Aeropuerto (AP), Toluca Centro (CE) y Metepec (MT).

Figura 5.22. Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono por estación de monitoreo* en la ZMVT, 1996-2002



*S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT), San Mateo Atenco (SM)

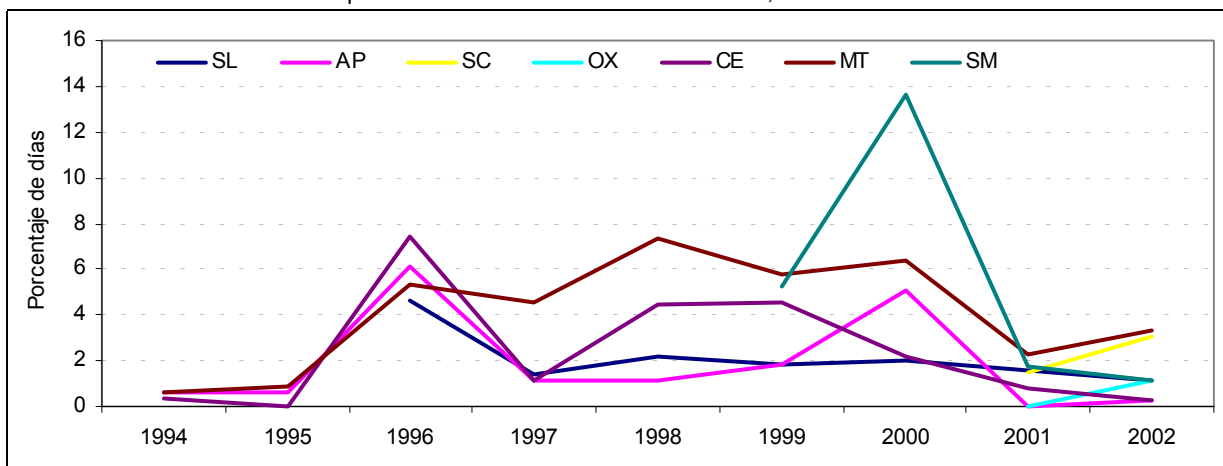
Cuadro 5.13. Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por mes y por año en tres estaciones de monitoreo** de la ZMVT, 1994-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1994	%	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	3.3	0.0	0.8
	No.	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3
1995	%	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	3.2	0.0	0.0	3.2	3.3	3.2	1.4
	No.	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	5
1996	%	41.9	31.0	3.2	3.3	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	3.3	29.0	12.5
	No.	13	9	1	1	9	0	0	0	0	2	1	9	45
1997	%	22.6	17.9	0.0	0.0	6.5	0.0	3.2	12.9	0.0	6.5	0.0	3.2	6.0
	No.	7	5	0	0	2	0	1	4	0	2	0	1	22
1998	%	3.2	14.3	3.2	0.0	35.5	26.7	0.0	3.2	0.0	6.5	3.3	6.5	8.5
	No.	1	4	1	0	11	8	0	1	0	2	1	2	31
1999	%	19.4	17.9	9.7	16.7	9.7	0.0	0.0	0.0	ND	ND	ND	ND	7.7
	No.	6	5	3	5	3	0	0	0	0	1	2	1	26
2000	%	16.1	31.0	19.2	20.0	16.1	0.0	12.9	0.0	0.0	0.0	3.3	6.7	10.3
	No.	5	9	5	6	5	0	4	0	0	0	1	2	37
2001	%	6.5	3.6	3.2	3.3	6.5	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	3.3	0.0	2.5
	No.	2	1	1	1	2	0	0	1	0	0	1	0	9
2002	%	3.2	0.0	16.1	20.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	3.2	4.0
	No.	1	0	5	6	0	0	0	1	0	0	0	1	14

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

**Aeropuerto (AP), Toluca Centro (CE) o Metepec (MT).

Figura 5.23. Días (%) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1994-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

**S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT), San Mateo Atenco (SM)

Cuadro 5.14. Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas* en la ZMVT, 1996-2002

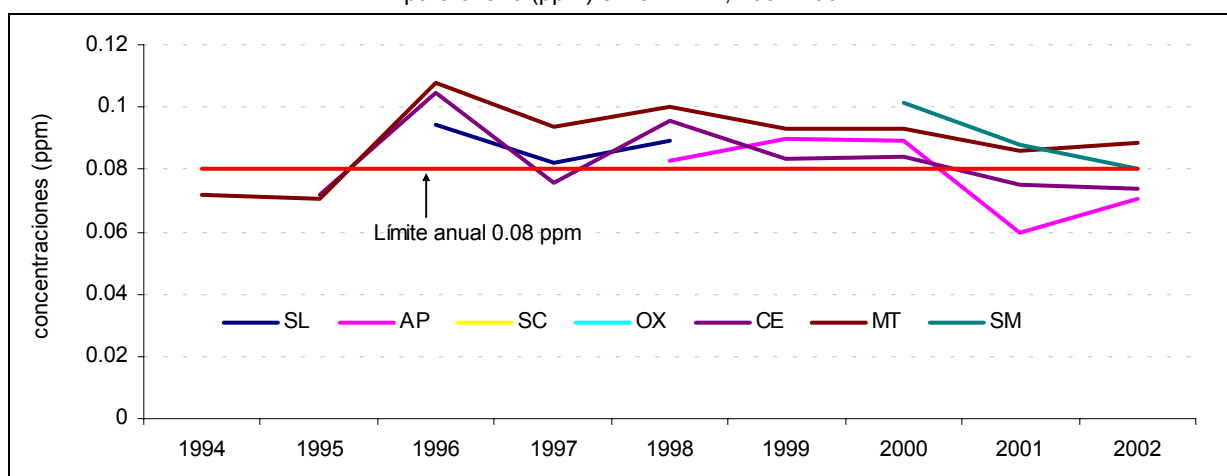
Zona	Estación	Año								
		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
		Concentración de ozono (ppm)								
Norte	S.L. Tepaltitlán	DI	SM	0.094	0.082	0.089	DI	0.085	DI	0.079
	Aeropuerto	DI	DI	DI	DI	0.083	0.090	0.090	0.06	0.071
	San Cristóbal	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	DI	0.088
Centro	Oxtotitlán	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	DI	0.078
	Toluca-Centro	DI	0.072	0.105	0.076	0.095	0.084	0.084	0.075	0.074
Sur	Metepec	0.072	0.071	0.108	0.093	0.100	0.093	0.093	0.086	0.089
	San Mateo Atenco	SM	SM	SM	SM	SM	DI	0.101	0.088	0.080

SM = Sin Medición

DI = Datos Insuficientes

*Un sitio cumplirá con la norma anual cuando cuente con más del 75% de datos válidos durante el año y el valor del quinto máximo sea menor o igual a 0.08ppm (promedio móvil 8 horas)

Figura 5.24. Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas* para ozono (ppm) en la ZMVT, 1994-2002



*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

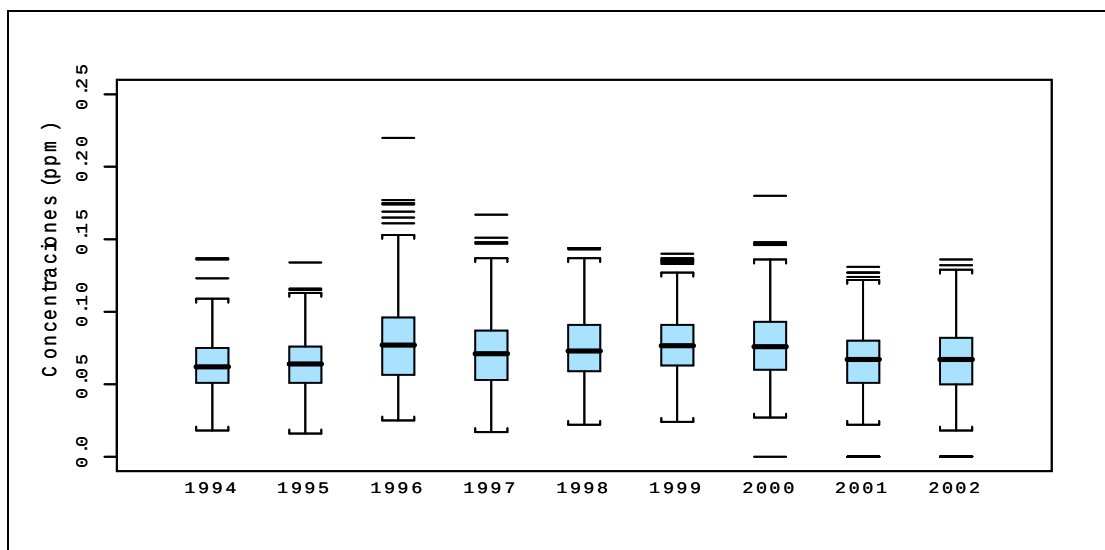
S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca-Centro (CE), Metepec (MT), San Mateo Atenco (SM)

Cuadro 5.15. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de ozono de tres estaciones de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002

Año		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.064	0.063	0.079	0.071	0.076	0.077	0.078	0.068	0.069
Desviación Estándar		0.019	0.020	0.030	0.025	0.024	0.023	0.024	0.020	0.023
Mínimo		0.018	0.016	0.025	0.017	0.022	0.024	0.027	0.022	0.018
Máximo		0.137	0.134	0.220	0.167	0.144	0.140	0.180	0.131	0.136
Percentiles	10	0.042	0.038	0.043	0.040	0.047	0.047	0.049	0.044	0.038
	20	0.048	0.046	0.053	0.050	0.055	0.059	0.058	0.050	0.049
	30	0.053	0.053	0.061	0.057	0.063	0.066	0.063	0.057	0.058
	40	0.058	0.058	0.069	0.063	0.068	0.071	0.069	0.063	0.064
	50	0.062	0.064	0.077	0.071	0.073	0.077	0.076	0.068	0.068
	60	0.066	0.068	0.083	0.076	0.081	0.081	0.083	0.073	0.073
	70	0.071	0.073	0.091	0.083	0.088	0.089	0.089	0.077	0.079
	80	0.078	0.080	0.101	0.091	0.096	0.095	0.096	0.082	0.087
	90	0.089	0.090	0.116	0.103	0.109	0.107	0.111	0.094	0.096
	95	0.098	0.095	0.131	0.112	0.120	0.115	0.120	0.104	0.108
	98	0.106	0.103	0.153	0.121	0.128	0.129	0.130	0.114	0.118
Totalde días con datos		363	365	360	365	365	336	360	350	350

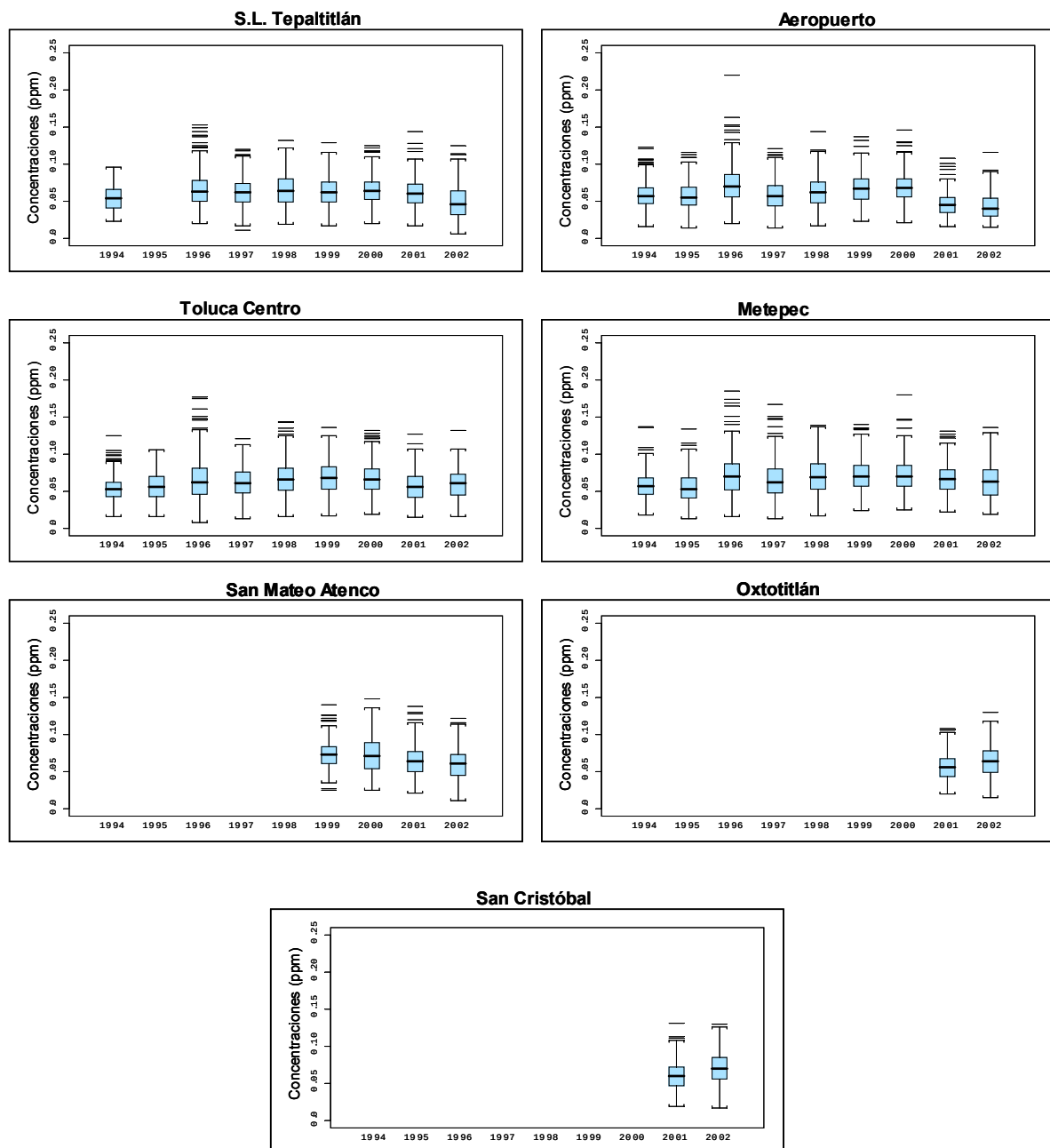
*Para cada día se integra el registró de las concentraciones diarias, que se hubiera presentado en Aeropuerto (AP), Toluca Centro (CE) o Metepec (MT).

Figura 5.25. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de ozono de tres estaciones de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002



*Para cada día se integra el registró de las concentraciones diarias, que se hubiera presentado en Aeropuerto (AP), Toluca Centro (CE) o Metepec (MT).

Figura 5.26. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002



Información en el disco compacto

En la parte de anexos del disco compacto se incluye la siguiente información:

Anexo IV-F: Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002.

Anexo IV-G: Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes, por año y por estación de monitoreo en la ZMVT, 1994-2002.

Anexo IV-H: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de ozono para cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1994-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de ozono por hora y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de 11:00 a 19:00 horas de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con al menos 1,2,3,...,10 horas consecutivas de valores fuera de norma de ozono por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de horas con información de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.

Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 5.27 ilustra el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMVT de 1998 a 2002. Las concentraciones mensuales más altas se presentaron entre diciembre y mayo, siendo las estaciones ubicadas al norte del área metropolitana (particularmente San Cristóbal y S.L. Tepaltitlán), las que suelen registrar las concentraciones más elevadas. Se observa que la estación Toluca Centro registra los promedios más bajos en casi todos los meses del año.

En la figura 5.28 se muestran las concentraciones promedio por hora y por año en las siete estaciones de monitoreo de la ZMVT. En la mayoría de las estaciones se observa una distribución bimodal en el comportamiento diario del contaminante. Los periodos del día con las concentraciones promedio horarias más elevadas son de las 8:00 a las 11:00 y de las 19:00 a las 24:00 horas. También destaca el que en casi todas las estaciones las concentraciones horarias más altas se registraron entre 1998 y 1999.

Valores fuera de norma de PM₁₀

En el cuadro 5.16 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada estación de monitoreo de la ZMVT. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales desde 1998, observándose que el valor más alto corresponde a la estación San Cristóbal (77 µg/m³). Resalta también que en las estaciones S.L. Tepaltitlán y San Cristóbal se rebasa la norma anual de 50 µg/m³, como media aritmética (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), durante todo el periodo analizado (figura 5.29). Asimismo, se observa que 1998, 1999 y 2002 han sido los años más críticos por haberse rebasado la norma anual en al menos cuatro de las siete estaciones de monitoreo.

El cuadro 5.17 presenta el número y porcentaje de días con concentraciones de PM₁₀ superiores al valor de la norma diaria de 150 µg/m³, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) en la ZMVT. Se observa que en 1998 se presentó el número más elevado de días con valores por arriba de norma (29 días), seguido por 1999 (28 días) y 2002 (24 días). También es claro que entre diciembre y junio se presentan los valores fuera del valor normado.

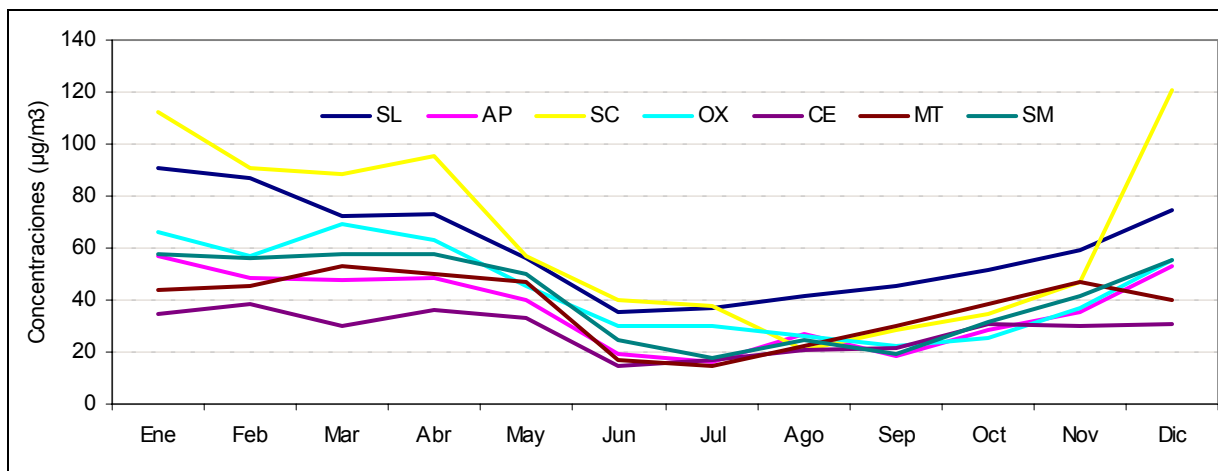
En la figura 5.30 se muestra el porcentaje de días por año en que se excedió la norma de PM₁₀ en cada estación de monitoreo; es evidente que la Estación San Cristóbal (Norte) es la que registra el mayor número de días en que se excede el límite permisible de 150 µg/m³. Para el año 2000 se registró una gran caída en el número de valores fuera de norma en esta estación, probablemente causada por la falta de registros entre junio y septiembre, ocasionados por fallas en el equipo de monitoreo. En el resto de las estaciones se observa una tendencia más o menos constante a partir del año 2000.

Concentraciones diarias (24 horas) de PM₁₀

El cuadro 5.18 y la figura 5.31 presentan las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas en la ZMVT. Se observa que la media y la mediana (percentil 50) más elevadas, así como la concentración máxima histórica (331 µg/m³), se presentan en 1999. Destaca que los máximos registrados en todos los años exceden con facilidad el límite establecido en la norma diaria para este contaminante, que como se refirió en el apartado anterior es de 150 µg/m³ como promedio de 24 horas. De hecho, el máximo de 1999 duplica dicho valor. Por otra parte, la distribución de las medianas de cada uno de los años indica una clara tendencia a la alza entre el año 2000 y el 2002.

Finalmente, la figura 5.32 ilustra la tendencia histórica de los promedios de 24 horas en cada estación de monitoreo. Destaca que el comportamiento general de los máximos de 24 horas descritos en la figura anterior está determinado en gran medida por lo que ocurre en la estación San Cristóbal (Norte), apreciándose una tendencia creciente de la mediana entre 2000 y 2002, así como el registro de concentraciones máximas que superan los $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

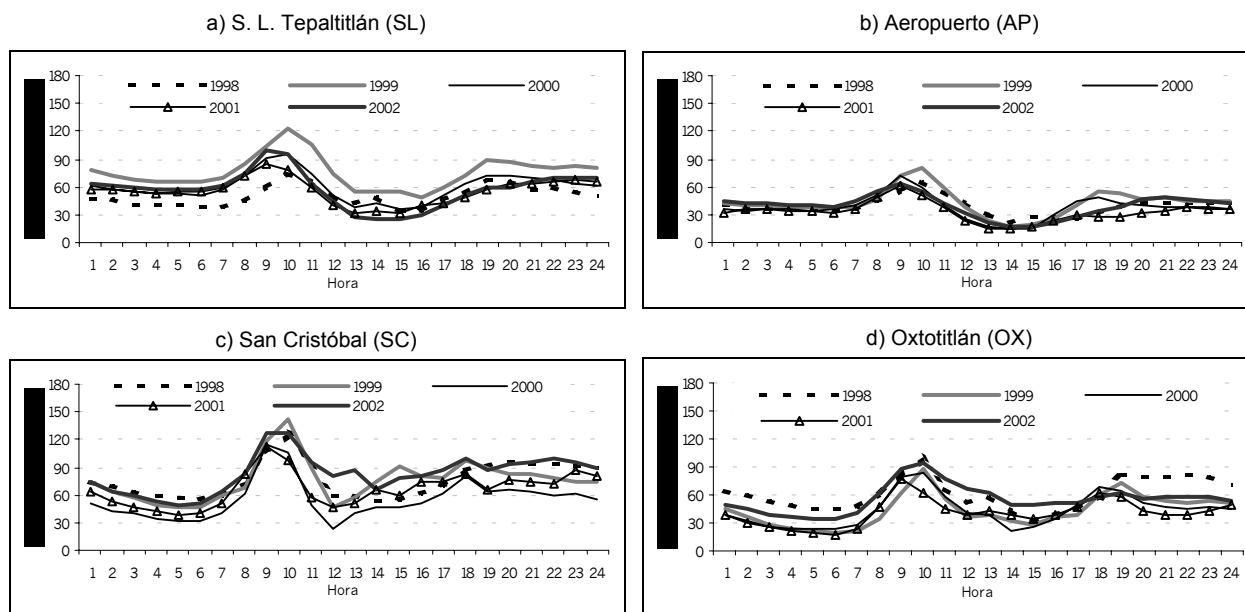
Figura 5.27. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de PM_{10} , por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1998-2002

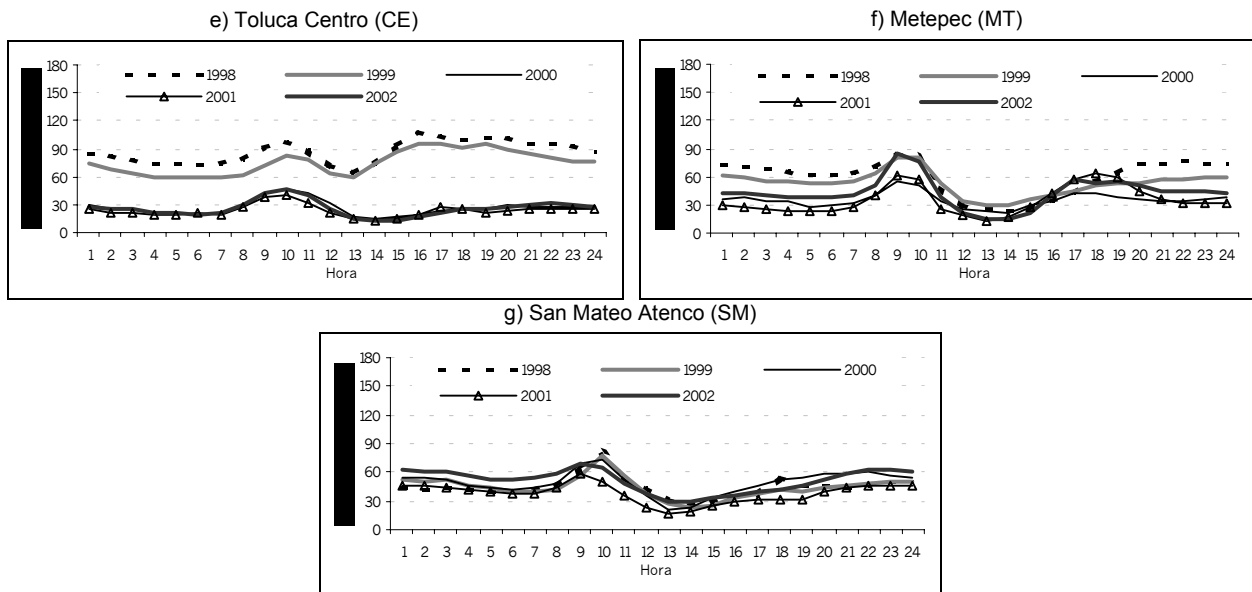


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales de 1998 a 2002.

**S.L. Tepalitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM).

Figura 5.28. Concentraciones horarias promedio de PM_{10} , por estación de monitoreo en la ZMVT, 1998-2002





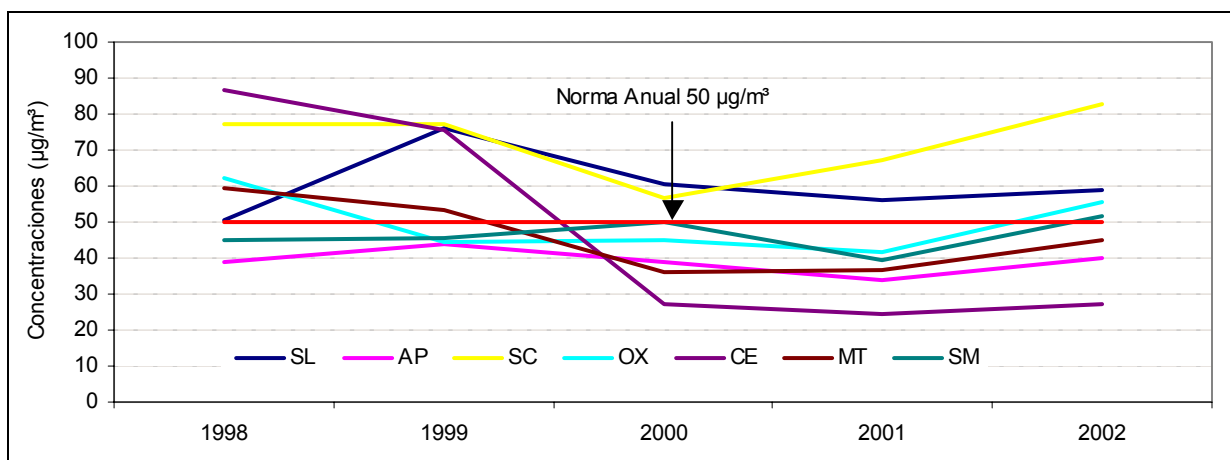
Cuadro 5.16. Promedio anual de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) horarias de PM₁₀ en la ZMVT, 1998-2002

Zona	Estación	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Norte	S.L. Tepaltitlán	51	76	61	56	59	59
	Aeropuerto	39	44	39	34	40	39
	San Cristóbal	77	77	57	67	83	77
Centro	Oxtotitlán	62	45	45	41	55	45
	Toluca Centro	87	75	27	24	27	27
Sur	Metepec	59	53	36	37	45	45
	San Mateo Atenco	45	45	50	40	52	45

* Mediana de los promedios anuales de 1998 a 2002.

Nota: las celdas sombreadas representan concentraciones que rebasan la norma anual de PM₁₀, que es igual a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 5.29. Promedio anual de concentraciones horarias de PM₁₀* por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1998-2002.



*La norma anual de PM₁₀ es igual a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM).

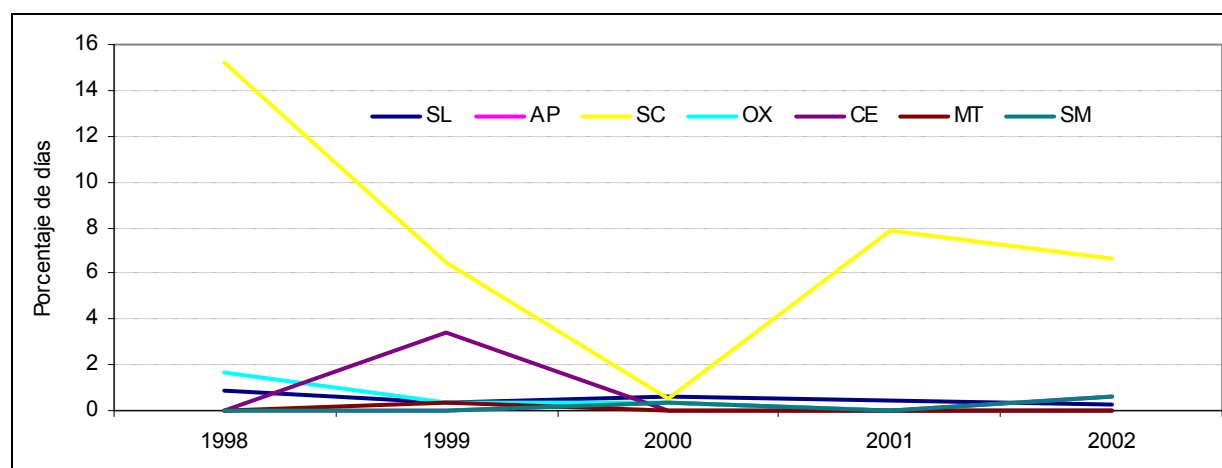
Cuadro 5.17. Días en que se excede el valor de la norma diaria de PM₁₀* por mes y por año en la ZMVT**, 1998-2002

Año	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1998	%	ND	ND	ND	33.3	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	11.4
	No.	ND	ND	ND	3	10	0	0	0	0	0	0	16	29
1999	%	45.2	3.6	6.5	26.7	3.2	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
	No.	14	1	2	8	1	2	0	0	0	0	0	0	28
2000	%	3.3	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.8
	No.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
2001	%	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ND	ND	ND	0.0	35.5	4.4
	No.	1	0	0	0	0	0	0	ND	ND	ND	0	11	12
2002	%	38.7	3.6	16.1	6.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	6.6
	No.	12	1	5	2	1	0	0	0	0	0	0	3	24

*La norma diaria es igual a 150 µg/m³ como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Máximo de los promedios de 24 horas de las siete estaciones de monitoreo.

Figura 5.30. Días (%) en que se excede el valor de la norma de PM₁₀* por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1998-2002



*La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas. Concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

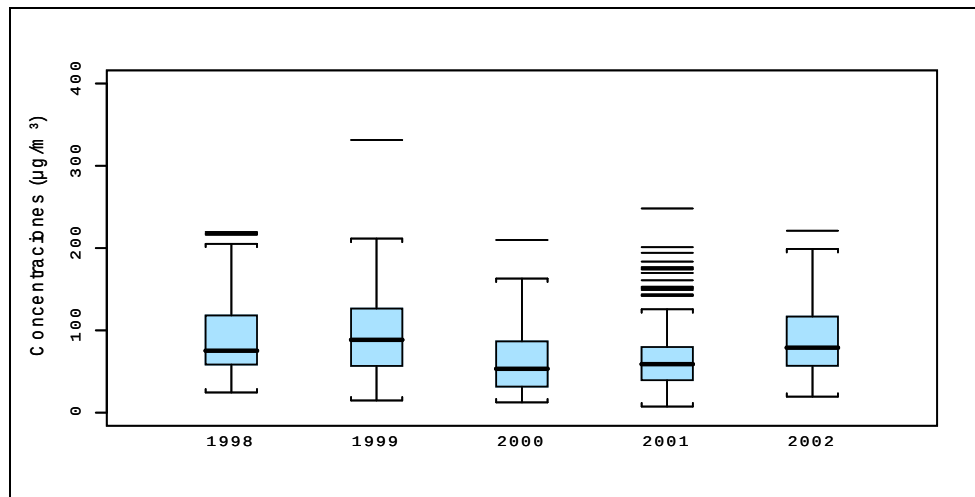
**S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Críobal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM).

Cuadro 5.18. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (µg/m³) diarias (promedio de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en la ZMVT, 1998-2002

Año		1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		90.1	93.2	60.4	63.8	87.7
Desviación estándar		42.2	43.1	33.6	35.6	38.1
Mínimo		24.5	14.8	12.5	7.4	19.3
Máximo		219.7	331.4	209.8	248.2	221.2
Percentil	10	48.0	37.7	23.7	28.7	45.4
	20	55.3	50.1	30.0	34.9	53.7
	30	60.4	65.1	35.3	42.2	59.3
	40	67.8	79.8	41.6	49.7	68.3
	50	75.2	88.6	53.3	59.0	79.1
	60	91.3	104.7	64.0	67.7	94.8
	70	108.6	119.9	79.5	74.6	106.7
	80	121.5	132.5	92.8	83.2	124.5
	90	153.2	145.5	106.6	94.0	144.3
	95	176.7	159.4	120.0	143.1	153.1
	98	198.9	178.2	131.5	174.9	165.9
Total de días con datos		254	336	359	271	365

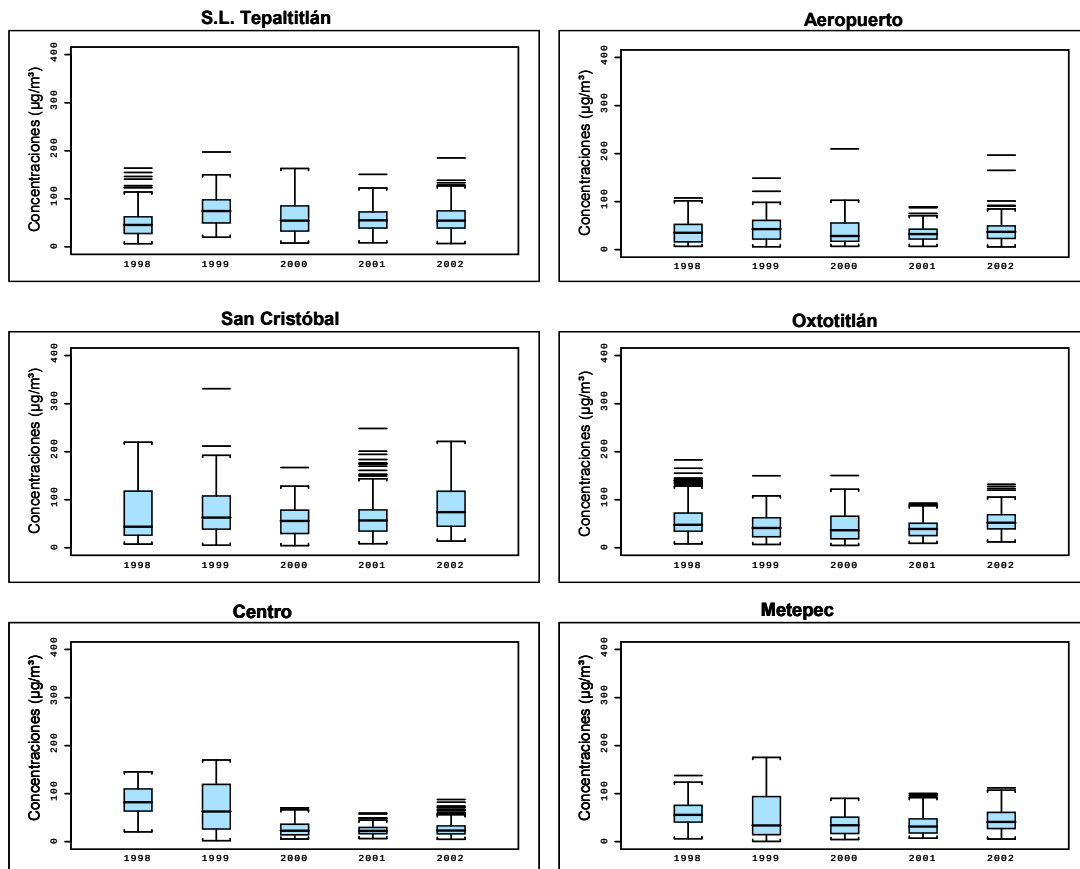
* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las siete estaciones de monitoreo.

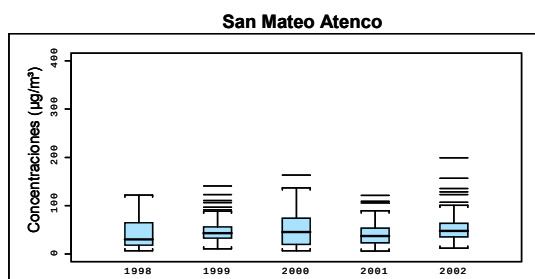
Figura 5.31. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en la ZMVT, 1998-2002



* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las siete estaciones de monitoreo.

Figura 5.32. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ZMVT, 1998-2002





Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo IV-I: Días en que se excede el valor de la norma de PM_{10} (promedios de 24 horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en la ZMVT, 1998-2002.

Anexo IV-J: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM_{10} ($\mu g/m^3$) para cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1998-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de PM_{10} por hora y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Concentraciones horarias promedios de PM_{10} por hora y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de PM_{10} por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Porcentaje y número de horas con información de PM_{10} por año y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de horas con información de PM_{10} por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de PM_{10} por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.

Dióxido de azufre (SO₂)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 5.7 presenta el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de SO₂ entre 1995 y 2002, en las siete estaciones de monitoreo de la ZMVT, en general se observa que las concentraciones más altas en la mayoría de las estaciones de monitoreo ocurren entre noviembre y febrero, en tanto que las más bajas entre junio y septiembre, es evidente que la estación San Mateo Atenco (Sur) muestra un comportamiento diferente al resto de las estaciones, ya que presenta los promedios mensuales más altos a partir de febrero, registrando los valores más elevados en mayo y octubre.

En la figura 5.8 se ilustran los promedios horarios en cada estación de monitoreo de la ZMVT, de 1995 a 2002. En la mayoría de las estaciones se observa que los valores más elevados se sitúan entre las 8:00 y las 12:00 horas y que después de las 19:00 horas las concentraciones tienden a subir nuevamente, aunque sin alcanzar los niveles de la mañana, finalmente las concentraciones horarias más altas se presentan en la estación San Mateo Atenco (Sur).

Valores fuera de norma de dióxido de azufre

El cuadro 5.5 y la figura 5.9 muestran los promedios anuales de las concentraciones horarias de SO₂ por año y por estación de monitoreo. Destaca que la norma anual de este contaminante, que es de 0.03 ppm como promedio aritmético (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 diciembre de 1994) nunca se ha alcanzado o excedido, de hecho, la concentración promedio más alta registrada en todo el periodo de descripción es de 0.018 ppm en la estación San Mateo en 1999, concentración que se ubica muy por debajo del límite establecido por la norma referida.

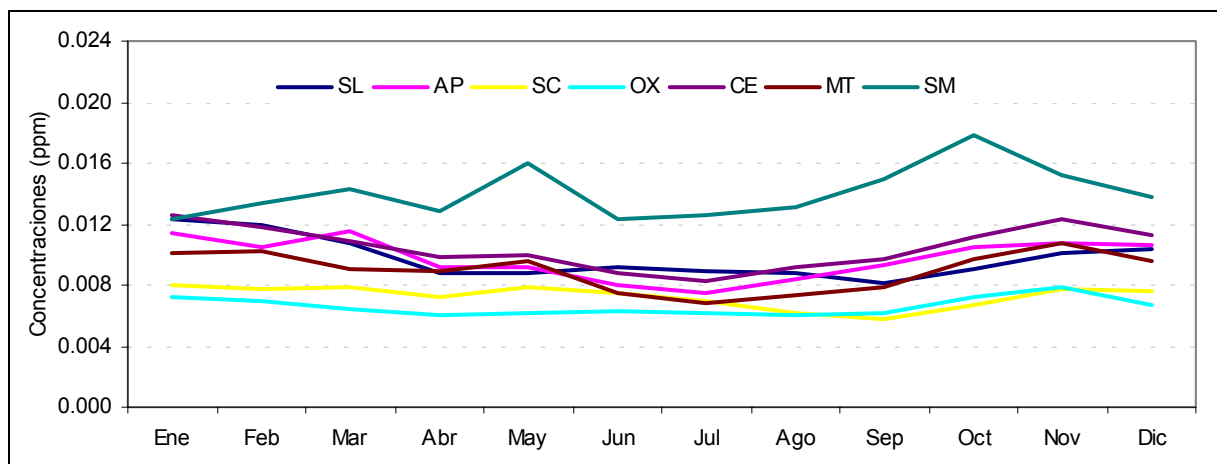
Otro aspecto importante es que el valor de la norma diaria de SO₂ (0.13 ppm, como promedio de 24 horas que no se debe rebasar más de una vez por año, NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) tampoco ha sido alcanzada.

Concentraciones diarias (24 horas) de dióxido de azufre

El cuadro 5.6 y la figura 5.10 describen las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas en la ZMVT, es conveniente recordar que se consideró como dato base diario la concentración máxima de las siete estaciones. El registro máximo ocurre en 1997 (0.071 ppm), en tanto que el promedio más alto se registra en 1996 (0.020 ppm), ambos valores están muy lejos del valor límite establecido en la norma diaria de este contaminante, referida en el apartado anterior. La mediana (percentil 50) muestra un comportamiento relativamente estable en el periodo analizado.

En la figura 5.11 se presentan las distribuciones de los promedios de 24 horas de SO₂ de las siete estaciones de monitoreo de la ZMVT, permitiendo distinguir las tendencias en cada estación, se observa que en San Mateo Atenco (Sur) se registran las concentraciones más elevadas, en ésta misma estación se aprecia un ligero incremento en la mediana (percentil 50) para el periodo 2000-2002, aunque sin alcanzar el nivel registrado en 1999, no obstante, en esta estación al igual que en las demás, las concentraciones máximas de los promedios de 24 horas están lejos de alcanzar el valor normado para este contaminante.

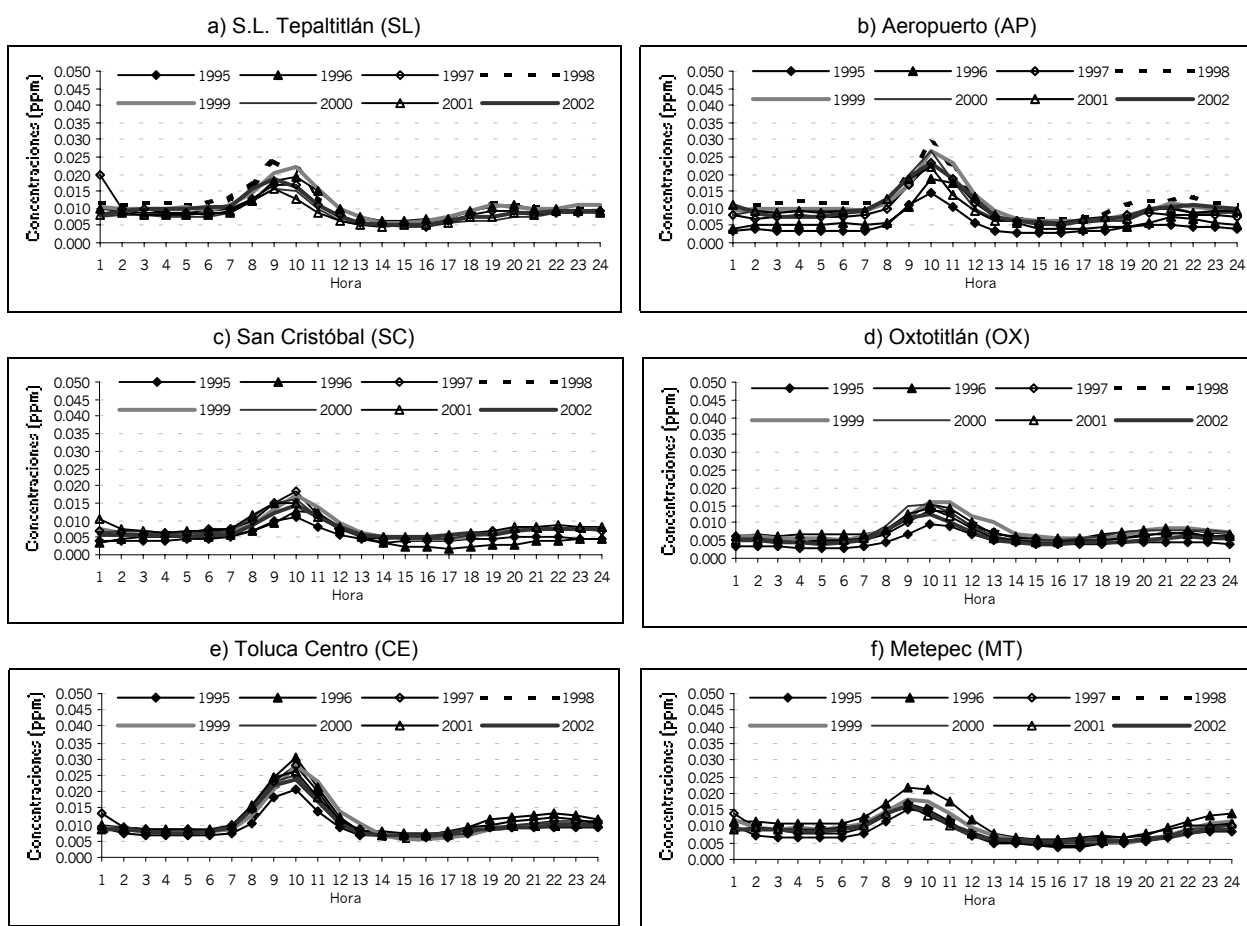
Figura 5.7. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1995-2002.

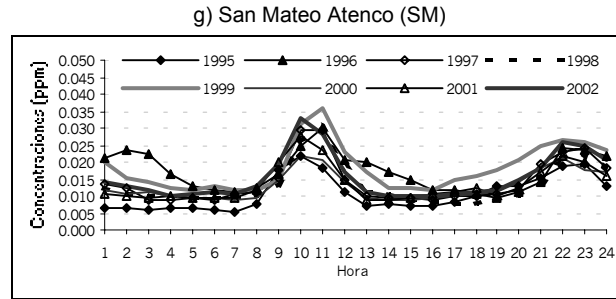


* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1995-2002.

**S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM).

Figura 5.8. Concentraciones horarias promedio de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT, 1995-2002





Cuadro 5.5. Promedio anual de las concentraciones horarias de SO₂ en la ZMVT, 1995-2002

Zona	Estación	Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Mediana*
Norte	SL Tepaltitlán	ppm	ND	0.010	0.009	0.011	0.011	0.008	0.008	0.009	0.009
		µg/m ³	ND	26	24	29	29	21	21	24	24
	Aeropuerto	ppm	0.005	0.008	0.009	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010
		µg/m ³	13	21	24	31	29	26	26	26	26
	SanCristóbal**	ppm	0.005	0.011	0.008	0.007	0.008	0.008	0.008	0.007	0.008
		µg/m ³	13	29	21	18	21	21	21	18	21
Centro	Oxtotitlán	ppm	0.005	0.008	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.006	0.007
		µg/m ³	13	21	18	18	21	18	18	16	18
	TolucaCentro	ppm	0.009	0.012	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011	0.010	0.011
		µg/m ³	24	31	29	26	29	29	29	26	29
Sur	Metepec	ppm	0.008	0.011	0.008	0.009	0.009	0.008	0.009	0.008	0.009
		µg/m ³	21	29	21	24	24	21	24	21	24
	San Mateo Atenco	ppm	0.011	0.017	0.014	0.013	0.018	0.013	0.014	0.015	0.014
		µg/m ³	29	44	37	34	47	34	37	39	37

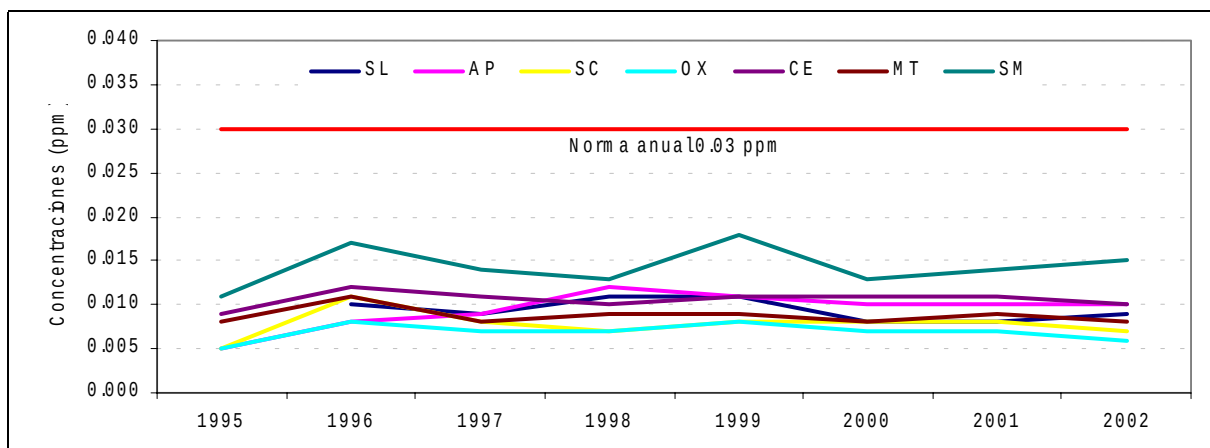
* Mediana de los promedios anuales de 1995 a 2002.

** En 1996 la estación San Cristóbal sólo reportó datos para 4 meses.

ND: Información no disponible.

La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 5.9. Promedio anual de las concentraciones horarias* de SO₂ por estación de monitoreo** en la ZMVT, 1995-2002



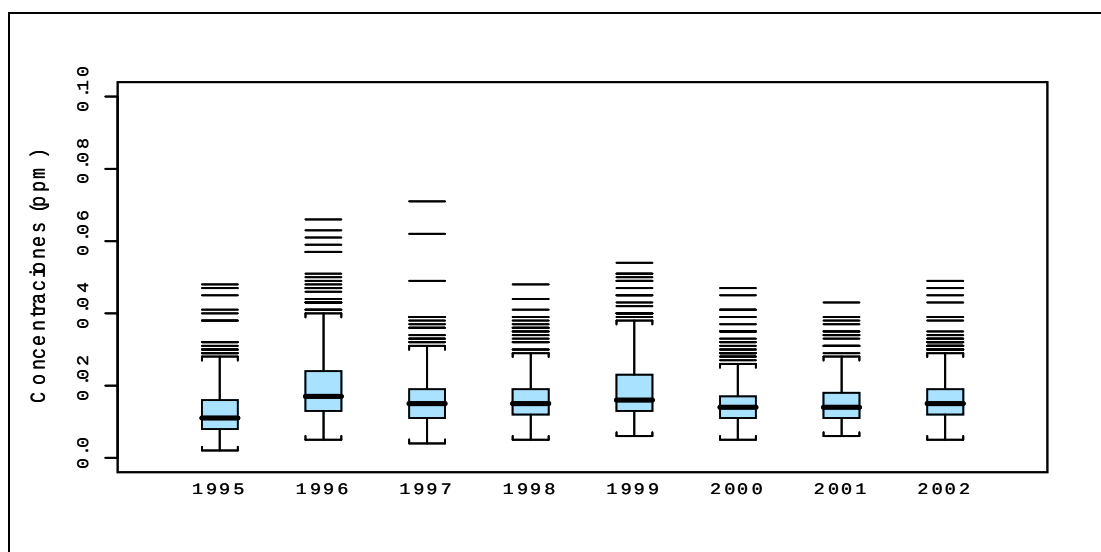
*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**S.L. Tepaltitlán (SL), Aeropuerto (AP), San Cristóbal (SC), Oxtotitlán (OX), Toluca Centro (CE), Metepec (MT) y San Mateo Atenco (SM).

Cuadro 5.6. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ZMVT, 1995-2002

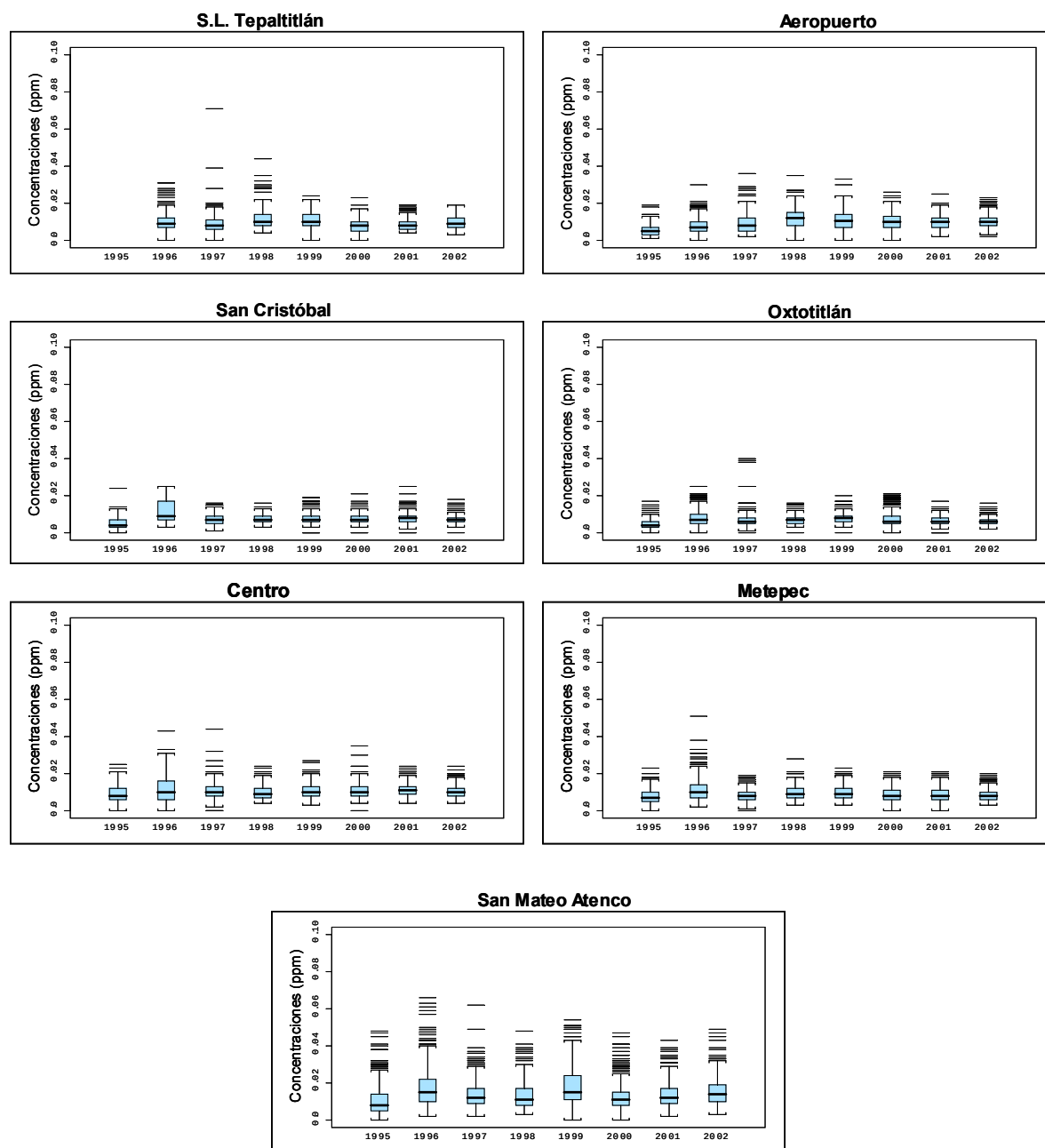
Año		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		0.013	0.020	0.016	0.017	0.019	0.015	0.015	0.017
Desviación Estándar		0.007	0.010	0.008	0.007	0.009	0.006	0.006	0.007
Mínimo		0.002	0.005	0.004	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005
Máximo		0.048	0.066	0.071	0.048	0.054	0.047	0.043	0.049
Percentil	10	0.006	0.010	0.009	0.010	0.010	0.009	0.010	0.010
	20	0.007	0.012	0.011	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011
	30	0.009	0.014	0.012	0.013	0.014	0.012	0.012	0.013
	40	0.010	0.016	0.013	0.014	0.015	0.013	0.013	0.014
	50	0.011	0.017	0.015	0.015	0.016	0.014	0.014	0.015
	60	0.013	0.019	0.016	0.017	0.019	0.015	0.016	0.016
	70	0.015	0.022	0.018	0.018	0.021	0.017	0.017	0.019
	80	0.017	0.026	0.021	0.020	0.025	0.018	0.019	0.021
	90	0.021	0.034	0.025	0.026	0.032	0.023	0.023	0.026
	95	0.026	0.041	0.029	0.029	0.038	0.029	0.027	0.030
	98	0.032	0.050	0.037	0.036	0.046	0.035	0.033	0.034
Total de días con datos		365	359	365	365	336	362	365	365

* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las siete estaciones de monitoreo.

Figura 5.10. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ZMVT, 1995-2002.

* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las siete estaciones de monitoreo.

Figura 5.11. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO₂ en la ZMVT, 1995-2002



Información en el disco compacto

En la parte de anexos se incluye la siguiente información:

Anexo IV-B: Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO₂ para cada una de las estaciones de monitoreo de la ZMVT, 1995-2002

Información adicional:

- Concentración máxima de SO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Concentraciones horarias promedio de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de horas con información de SO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de SO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ZMVT.

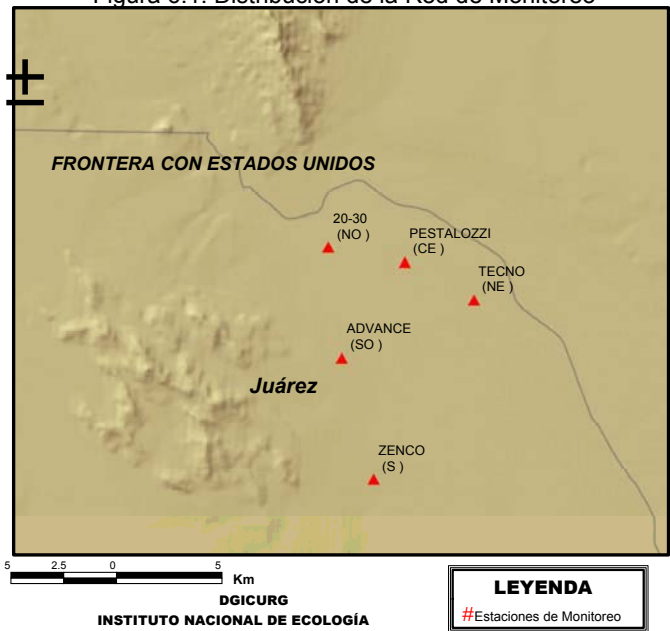
6. CIUDAD JUÁREZ

Red de monitoreo de la calidad del aire

La red de monitoreo de la calidad del aire de Ciudad Juárez inició sus operaciones en 1993 con equipos manuales para medir partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀) y posteriormente en 1996 se le adicionaron analizadores automáticos para ozono (O₃) y monóxido de carbono (CO). La red actual está constituida por 5 estaciones de monitoreo (figura 6.1); los parámetros que se miden en cada una de ellas son mostrados en el cuadro 6.1 y sus respectivos símbolos y unidades de reporte, se presentan en el cuadro 6.2.

La Dirección General de Ecología y Protección Civil del Municipio de Juárez, Chihuahua es la encargada de administrar y operar esta red de monitoreo.

Figura 6.1. Distribución de la Red de Monitoreo



Cuadro 6.1. Estaciones de la red de monitoreo y parámetros que se miden en Ciudad Juárez

Zona	Estación	CO	O ₃	PM10*
Noroeste	20-30			
Noreste	Tecnológico**			
Centro	Pestallozzi			
Suroeste	Advance			
Sur	Zenco			

* Equipo manual.
 **Se reportan dos muestreos manuales para PM₁₀ en la estación Tecnológico, se considera la concentración máxima de los dos muestreos.

Cuadro 6.2. Parámetros, símbolos y unidades de reporte del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Ciudad Juárez

Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte
CO	Monóxido de carbono	ppm
O ₃	Ozono	ppm
PM ₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros	µg/m ³

Tendencia de los contaminantes atmosféricos en Ciudad. Juárez de 1996 a 2002

Con el fin de mostrar las tendencias generales de la contaminación del aire entre 1996 y 2002 en Ciudad Juárez, a continuación se presentan una serie de tablas y figuras creadas con la información generada para cada uno de los contaminantes en las estaciones de monitoreo de la calidad del aire de esta ciudad, es importante mencionar que en el último año las mediciones de los contaminantes no fueron constantes.

Monóxido de carbono (CO)

En esta sección se analizan las tendencias y concentraciones de monóxido de carbono para el periodo 1996-2002. Sin embargo, para este último año sólo se contó con la información de la estación de monitoreo Advance.

Tendencias anuales, mensuales y horarias

El cuadro 6.3 presenta el promedio anual de las concentraciones horarias de CO para el periodo 1996-2002, en las tres estaciones de monitoreo de Ciudad Juárez. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002, se observa que la mediana con el valor más alto corresponde a la estación 20-30 (1.8 ppm), seguida por Advance (1.4 ppm) y Tecnológico (0.8 ppm). Las concentraciones promedio anuales más altas del periodo descrito se registraron en 1996, en las estaciones 20-30 y Advance, en tanto que en la estación Tecnológico, en el 2000.

En la figura 6.2 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de CO en las diferentes estaciones de monitoreo de Ciudad Juárez, se muestra que las concentraciones en todas las estaciones fueron inferiores o cercanas a 2 ppm, con una tendencia decreciente en el último año con registros.

La figura 6.3 ilustra la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de CO en cada estación de monitoreo de Ciudad Juárez de 1996 al 2002, en ella se aprecia que las concentraciones mensuales más altas se presentan entre noviembre y febrero (época invernal), siendo la estación 20-30 la que suele registrar los valores más elevados a lo largo del año, en contraste los valores mensuales más bajos se registran en la estación Tecnológico.

La figura 6.4 muestra los promedios horarios en cada estación de monitoreo de Ciudad Juárez de 1996 al 2002. En todas las estaciones se observa una distribución bimodal durante el día, en la que las concentraciones más elevadas se presentan entre las 5:00 y las 8:00 horas. Un segundo pico, que se presenta entre las 17:00 y 23:00 horas, de aproximadamente la misma magnitud, se observa en Tecnológico y Advance, mientras que la estación 20-30 se aprecia de mayor magnitud de 1996 a 1999. En general, las concentraciones más altas se registraron en 1996.

Valores fuera de norma de monóxido de carbono

El cuadro 6.4 muestra el porcentaje de días en que se excede el valor de la norma de CO (11ppm como promedio móvil de 8 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez por año, NOM-021-

SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), en Ciudad Juárez para el periodo 1996-2002. Se puede observar que el mayor número de registros por arriba del valor de la norma ocurrieron en 1997 (24 días) y 1998 (23 días), a partir de entonces se observa una marcada tendencia decreciente, incluso sin que se rebasen los porcentajes para los años 2001 y 2002. Esta tendencia también se puede observar en la figura 6.5, en la que se destaca la estación 20-30 por presentar el porcentaje más alto con registros superiores al límite establecido en la norma. En la estación Advance para 1998 se aprecia un ligero incremento en el porcentaje de días que se rebasa el valor de la norma.

Concentraciones diarias de monóxido de carbono

El cuadro 6.5 y la figura 6.6 describen las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas (promedios móviles de ocho horas) de CO en Ciudad Juárez. Es pertinente aclarar que se consideró como dato base diario la concentración máxima de las tres estaciones de monitoreo. El registro máximo ocurrió en 1996 (27 ppm); sin embargo, el promedio y la mediana (percentil 50) más altos se registraron en 1998 y 1997, respectivamente. Cabe mencionar, que ambos valores se ubican por debajo del valor normado para este contaminante. También es claro que en el periodo analizado la distribución de las concentraciones diarias máximas muestra una tendencia decreciente entre 1998 y 2002.

Finalmente, la figura 6.7 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios móviles de 8 horas) de CO en las tres estaciones de monitoreo de Ciudad Juárez. Las distribuciones muestran que en general, es la estación 20-30 la que registra las concentraciones más altas y Tecnológico las más bajas. También destaca el hecho de que en la estación 20-30 se presenta una clara tendencia decreciente a partir de 1998, en tanto que en Tecnológico las concentraciones registradas son más estables en todo el periodo analizado.

Cuadro 6.3. Promedio anual de las concentraciones horarias de CO en Ciudad Juárez, 1996-2002

Zona	Estación		Año							Mediana*
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Noroeste	20-30	ppm	2.1	1.7	1.9	1.9	1.2	0.9	ND	1.8
		μ/m^3	2374	1891	2151	2216	1321	1013	ND	2021
Noreste	Tecnológico	ppm	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.6	ND	0.8
		μ/m^3	810	873	890	890	1018	727	ND	890
Suroeste	Advance	ppm	1.5	1.0	1.2	1.4	1.4	1.4	0.9	1.4
		μ/m^3	1753	1136	1424	1553	1657	1560	1055	1553

* Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

ND: Información no disponible

Figura 6.2. Promedio anual de concentraciones horarias de CO en Ciudad Juárez, 1996-2002

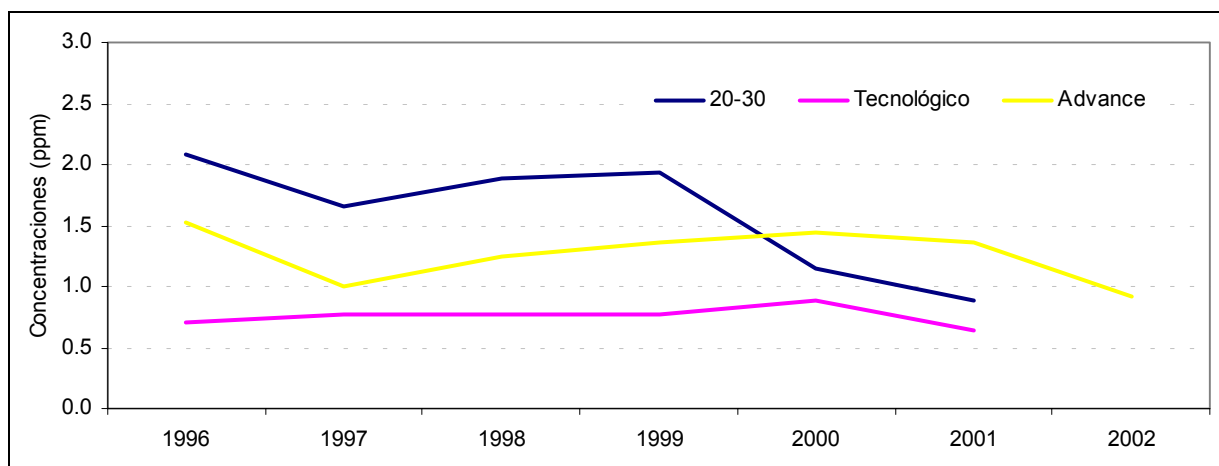
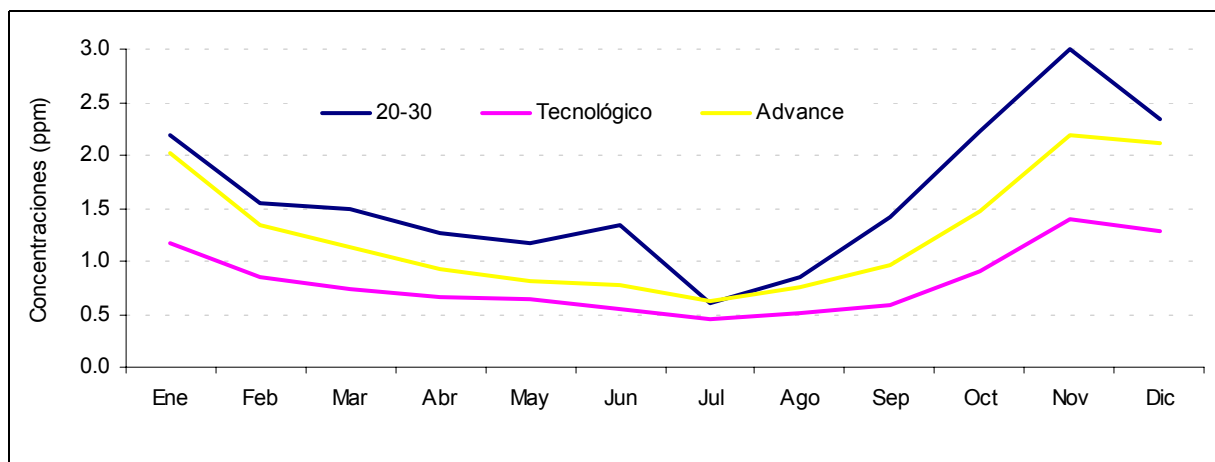


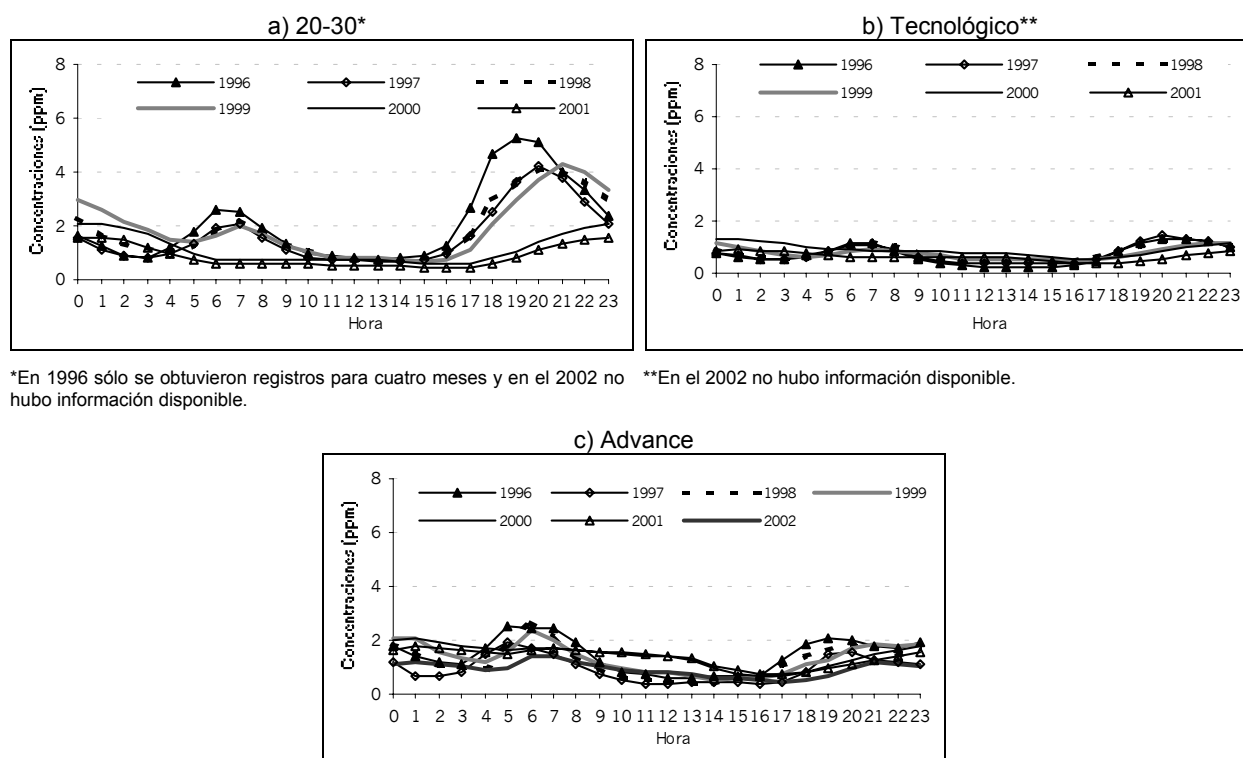
Figura 6.3. Tendencias mensuales (medianas)* de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



*Mediana de los promedios mensuales de 1996-2002.

La estación de monitoreo Tecnológico y 20-30 no midieron CO en el 2002.

Figura 6.4. Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en Ciudad Juárez 1996-2002



*En 1996 sólo se obtuvieron registros para cuatro meses y en el 2002 no hubo información disponible.

**En el 2002 no hubo información disponible.

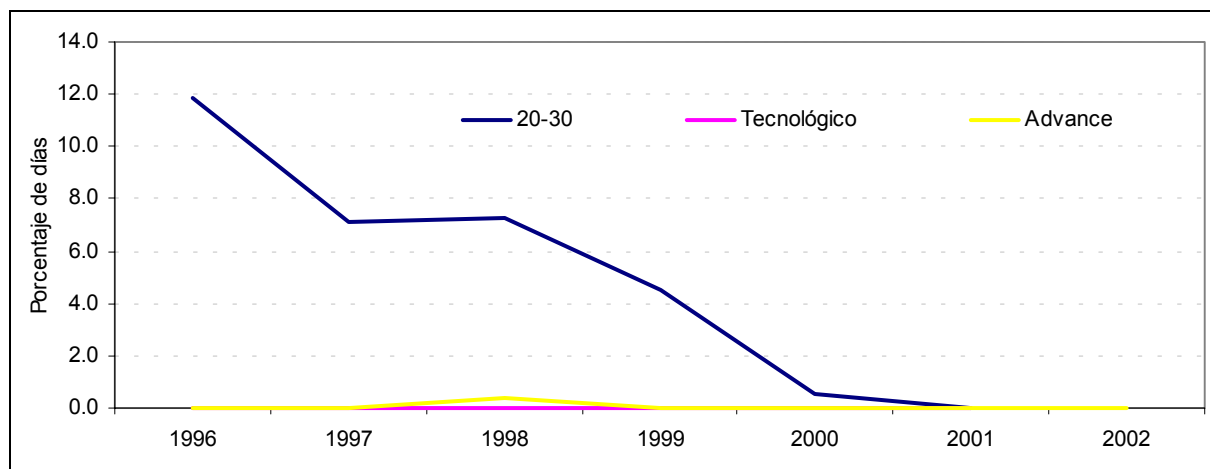
Cuadro 6.4. Días en que se excede el valor de la norma de CO* por mes y por año en Ciudad Juárez, 1996-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	32.3	3.6
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	10	12
1997	%	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	36.7	32.3	6.7
	No.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	11	10	24
1998	%	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	36.7	19.4	6.3
	No.	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	6	23
1999	%	12.9	7.1	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	3.2	2.9
	No.	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	10
2000	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.3
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002**	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ND	ND	ND	0.0
	No.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ND	ND	ND	0

*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año (NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** La información del 2002 sólo corresponde a la estación de monitoreo Advance.

Figura 6.5. Días (%) en que se excede el valor de la norma de CO* por estación de monitoreo** en Ciudad Juárez, 1996-2002



*La concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año (NOM-021-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

** La información del 2002 sólo corresponde a la estación de monitoreo Advance.

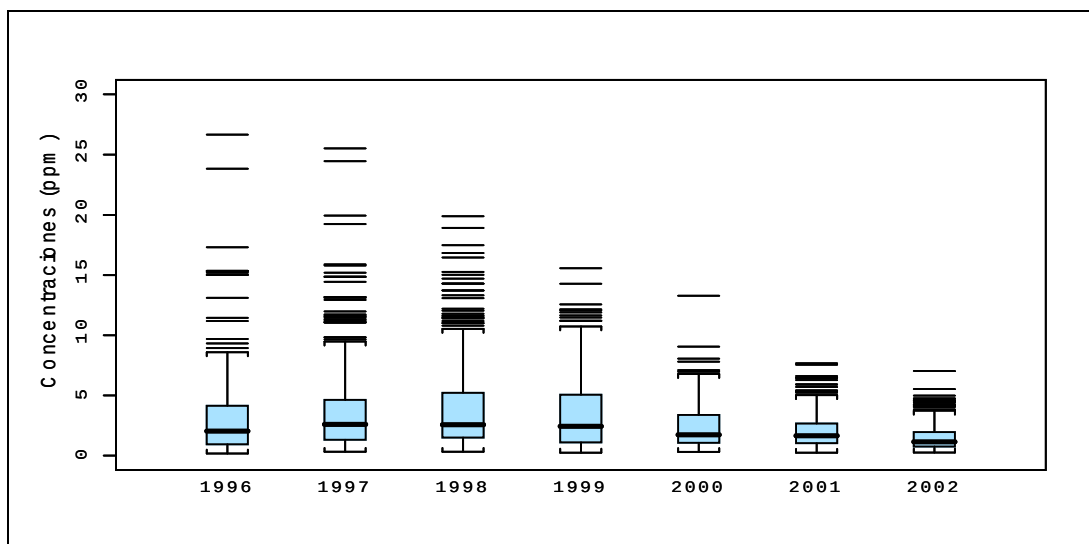
Cuadro 6.5. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de CO en Ciudad Juárez, 1996-2002**

Año		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002**
Promedio		3.1	3.8	3.9	3.5	2.1	1.7	1.5
Desviación estándar		3.4	3.7	3.5	3.0	1.8	1.4	1.1
Mínimo		0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
Máximo		26.7	25.5	19.9	15.6	13.3	7.5	7.0
Percentiles	10	0.4	0.9	1.1	0.7	0.7	0.5	0.5
	20	0.7	1.2	1.3	1.0	1.0	0.6	0.7
	30	1.1	1.5	1.7	1.3	1.1	0.8	0.8
	40	1.5	2.0	2.1	1.9	1.2	1.0	0.9
	50	2.0	2.6	2.6	2.4	1.5	1.2	1.2
	60	2.6	3.1	3.4	3.3	1.8	1.5	1.4
	70	3.6	4.1	4.6	4.2	2.3	1.9	1.7
	80	4.9	5.6	5.8	5.9	3.0	2.5	2.2
	90	6.8	8.5	8.8	8.2	4.5	3.8	3.1
	95	8.2	11.5	11.5	9.7	5.5	4.4	4.1
	98	15.1	14.9	14.6	11.5	6.9	5.3	4.6
Total de días con información		333	359	364	350	180	155	234

* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de ocho horas de cualquiera de las estaciones 20-30, Tecnológico o Advance

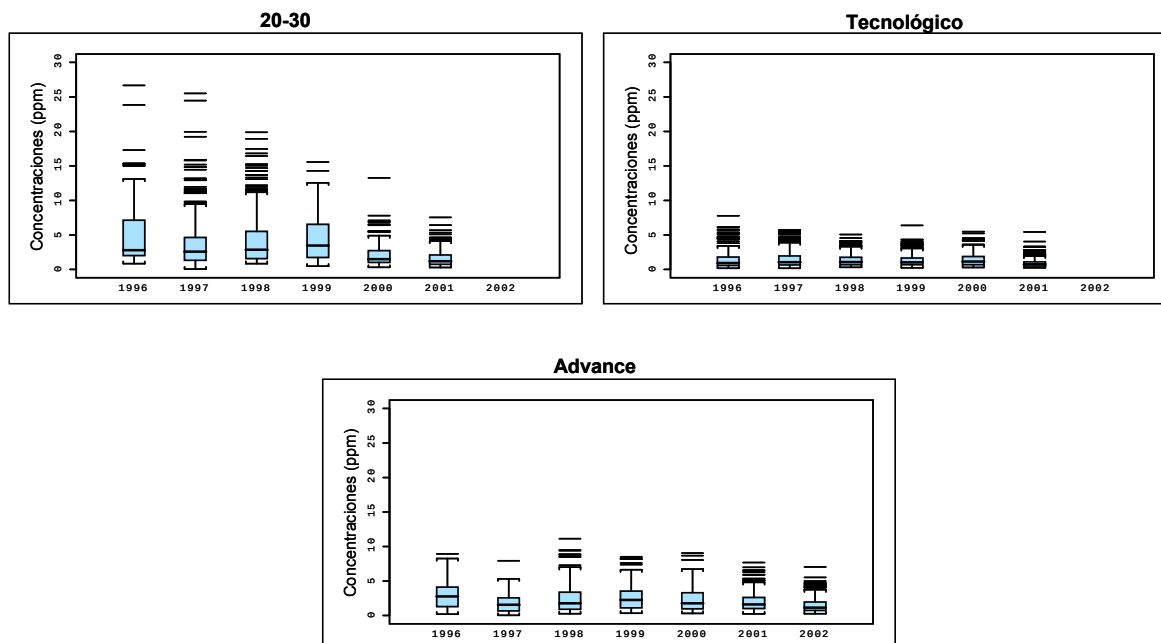
** La información del 2002 sólo corresponde a la estación de monitoreo Advance

Figura 6.6. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de CO por estación de monitoreo** en Ciudad Juárez, 1996-2002



* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de ocho horas de cualquiera de las estaciones 20-30, Tecnológico o Advance

Figura 6.7. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de CO* por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



*Máximo de los promedios móviles de ocho horas.

En 1996, la estación de monitoreo 20-30 sólo se tuvieron registros para cuatro meses

Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo V-A: Días en que se excede el valor de la norma de CO por mes, por año y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002.

Anexo V-B: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de CO para cada una de las estaciones de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002.

Información adicional.

- Concentración máxima de CO por hora y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Porcentaje y número de horas con información de CO por año y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Número de horas con información de CO por mes y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de CO como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.

Ozono (O₃)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

El cuadro 6.6 presenta el promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las tres estaciones de monitoreo de Ciudad Juárez de 1996 al 2002. El valor de la mediana más elevado corresponde a la estación Tecnológico seguido de Advance.

En la figura 6.8 se aprecia la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las tres estaciones, observándose que las estaciones Tecnológico y Advance registraron los valores más altos, además a partir de 1998 conservan una tendencia casi constante. La estación 20-30 presenta su valor máximo en el 2001, y posteriormente decrece.

En la figura 6.9 se muestra la tendencia de la mediana de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de ozono en las estaciones de monitoreo de Ciudad Juárez, en ella se observa que en los primeros meses del año (enero-abril) las concentraciones de ozono presentan una tendencia creciente, registrándose los promedios más altos de mayo a julio y a partir de éste mes la tendencia decrece.

La figura 6.10 ilustra las concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo, en todos los años se observa una tendencia decreciente en las primeras horas del día (de las 0:00 a las 6:00 horas), a partir de las 7:00 las concentraciones tienden a incrementarse hasta alcanzar sus valores máximos entre las 11:00 y 14:00 horas, posterior a ello decrecen. En la figura se observa que Tecnológico presenta los valores más altos en la mayoría de los años en comparación con las demás estaciones.

Valores fuera de la norma de ozono

En el cuadro 6.7 se muestra el porcentaje y número horas por año y por estación de monitoreo en que se excede el valor de la norma horaria para ozono (0.11 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002), de manera adicional los porcentajes se muestran en la figura 6.11, es notorio que el porcentaje máximo se presenta en la estación Tecnológico en 1998. Los valores fuera de norma en la estación Advance se destacan en los años 1996 y 2000. Cabe resaltar que la estación 20-30 no ha presentado valores que excedan el valor de la norma de ozono de 2000 al 2002.

El cuadro 6.8 presenta el número de días en que se rebasa el valor de la norma de ozono por mes y por año, siendo el año con el mayor número de días 1996 (14 días). Los años 1999 y 2000 registraron 9 días cada uno, asimismo se aprecia que en el mes de octubre de 1999 se presentó el 20% de los días fuera de norma para ese año.

Como complemento al cuadro anterior la figura 6.12 muestra el porcentaje de días por año en que se excede la norma, sobresaliendo la ausencia de días con valores fuera de norma en la estación 20-30 a partir del 2000, en este mismo año en las estaciones Tecnológico y Advance se presenta un porcentaje máximo y después se observa una disminución en los años subsecuentes.

Con respecto a la modificación de la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1993 en el cuadro 6.9 y la figura 6.13 se presentan las concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas de ozono, se aprecia que en la estación Tecnológico los valores disponibles rebasan la norma. Cabe destacar que en la figura 6.13 se dispone de muy pocos datos, toda vez que la norma es muy estricta en cuanto a los requerimientos para obtener los valores del quinto máximo de los promedios móviles.

Concentraciones diarias de ozono

En el cuadro 6.10 y figura 6.14 se presentan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de ozono, en ellos se observa que el percentil 50 (mediana) muestra poca variación de un año a otro y permanecen por debajo de la norma horaria, asimismo se aprecia que el valor máximo histórico (0.262 ppm) se registró en el año 1998.

Por último, la figura 6.15 presenta la distribución de las concentraciones diarias para cada una de las estaciones de monitoreo. En primer término se observa que el máximo histórico se registró en la estación 20-30 en el año 1998, con relación a Tecnológico y Advance muestran concentraciones altas muy similares la primera para 1998 y la segunda para 1996.

Cuadro 6.6. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en Ciudad Juárez, 1996-2002

Zona	Estación		Año							Mediana*
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Noroeste	20-30	ppm	0.022	0.023	0.026	0.024	0.027	0.030	0.014	0.024
		μ/m^3	43	46	50	48	52	59	27	48
Noreste	Tecnológico	ppm	0.028	0.025	0.032	0.034	0.033	0.033	0.033	0.033
		μ/m^3	54	49	62	68	64	65	65	64
Suroeste	Advance	ppm	0.033	0.030	0.033	0.033	0.031	0.031	0.032	0.032
		μ/m^3	64	58	64	65	61	62	62	62

*Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

Figura 6.8. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002

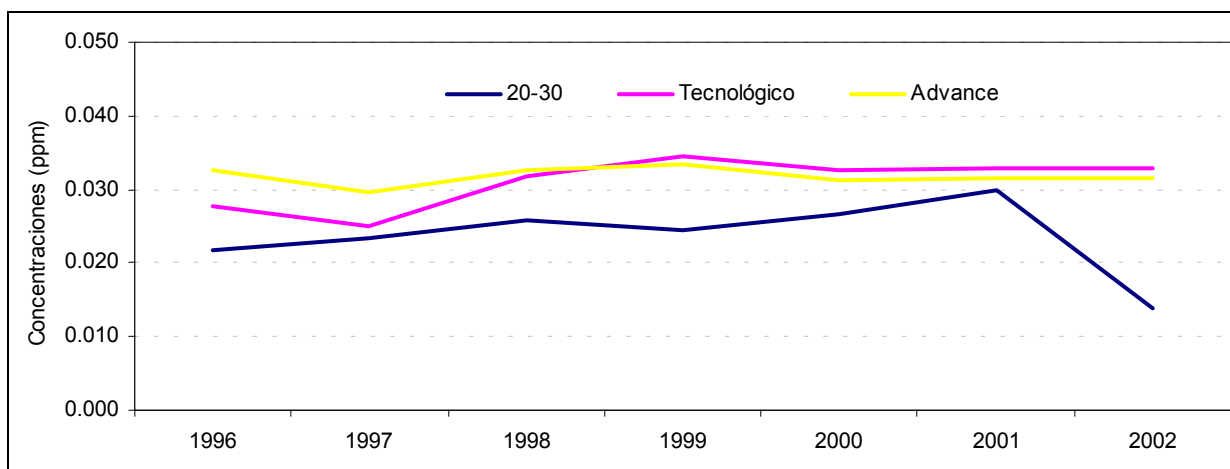
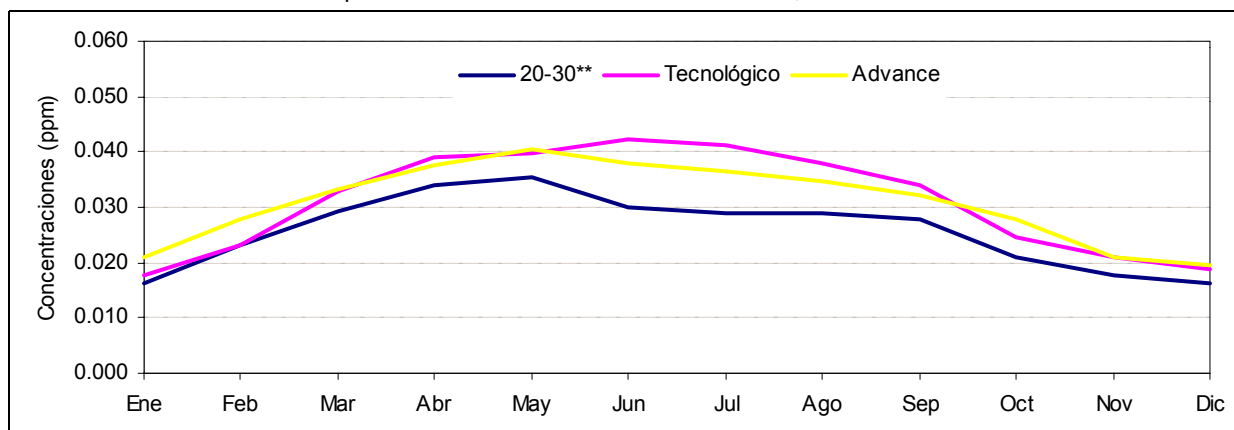


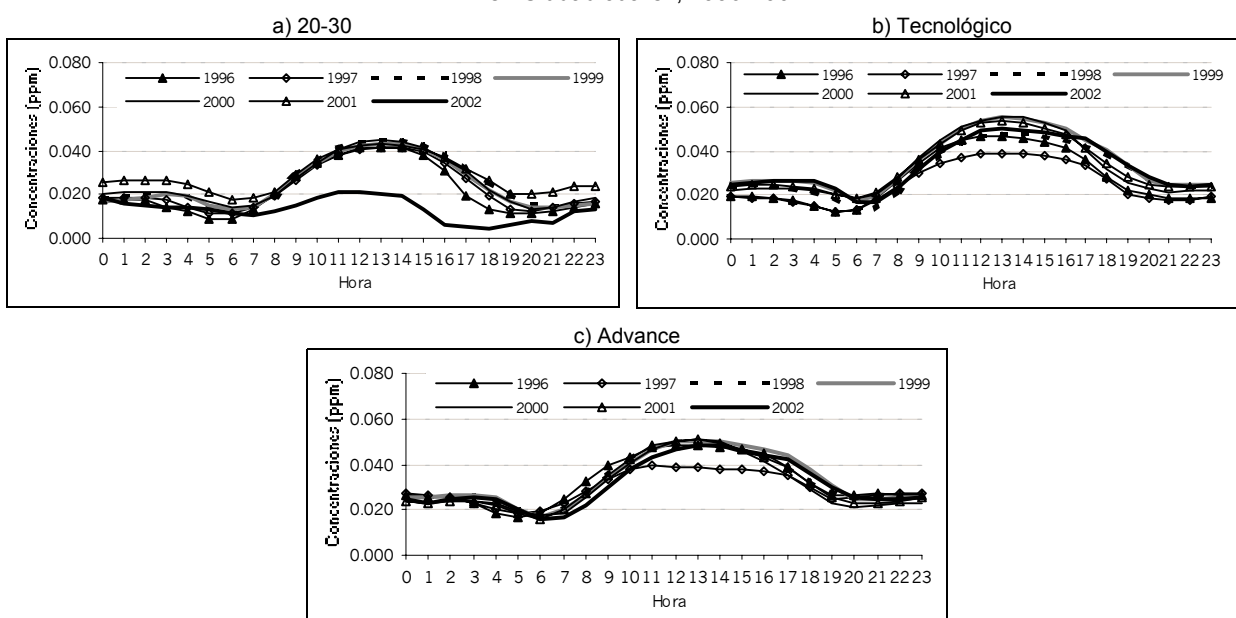
Figura 6.9. Tendencias mensuales (medianas) * de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 1996-2002.

** Se presenta las medianas mensuales de la estación 20-30, sólo con información del mes de diciembre del 2002.

Figura 6.10 Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



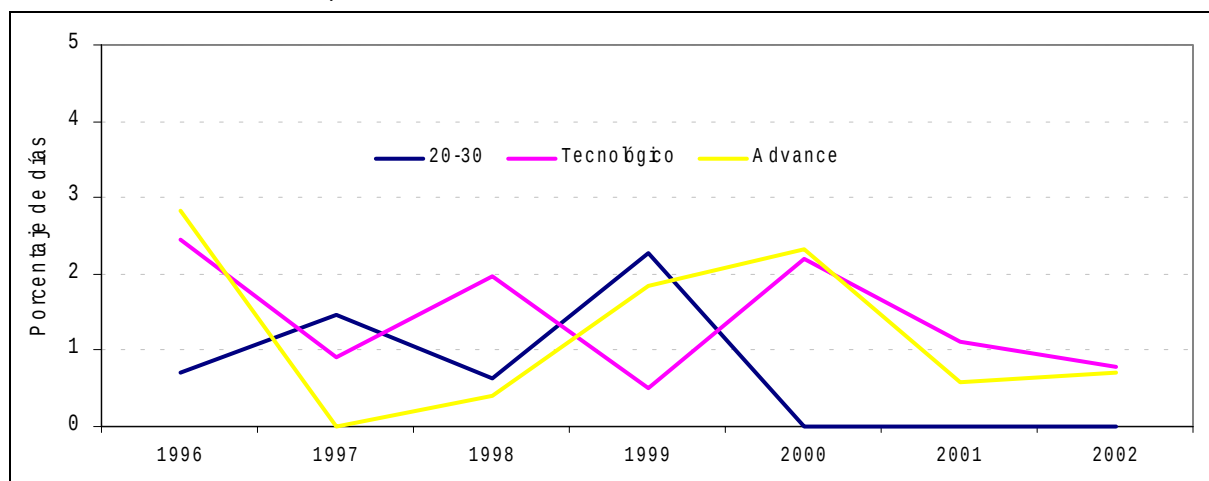
Cuadro 6.7. Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002

Zona	Estación		Año						
			1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Noroeste	20-30	%	0.03	0.11	0.04	0.10	0.0	0.0	0.0
		No.	1	9	3	5	0	0	0
Noreste	Tecnológico	%	0.16	0.05	0.46	0.02	0.2	0.0	0.1
		No.	12	4	26	1	12	4	7
Suroeste	Advance	%	0.18	0.00	0.02	0.08	0.2	0.04	0.03
		No.	12	0	1	3	9	3	2
Promedio tres estaciones**		%	0.17	0.05	0.17	0.07	0.11	0.03	0.05

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Promedio de los porcentajes de las tres estaciones.

Figura 6.11. Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



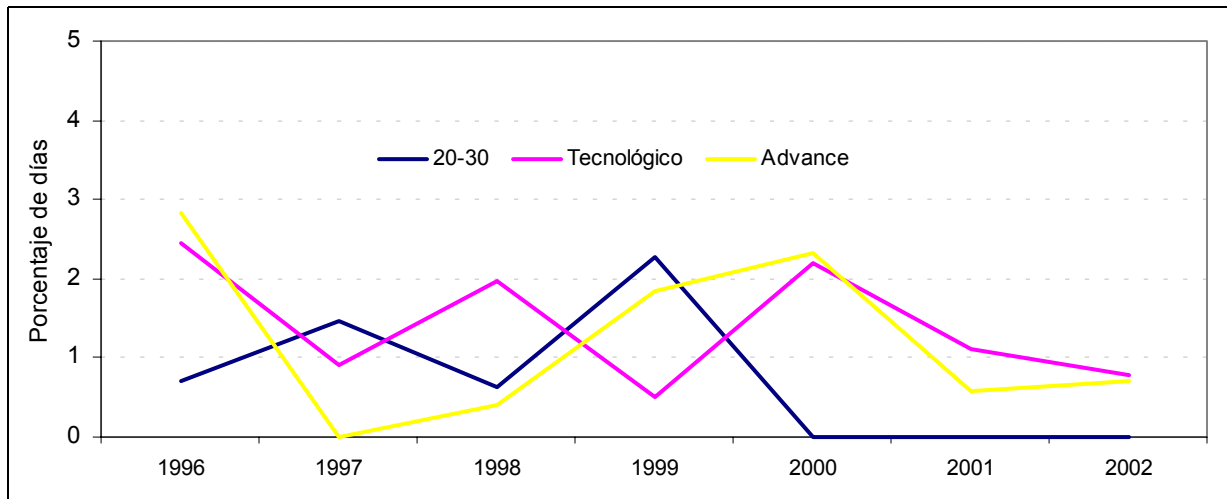
*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Cuadro 6.8. Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por estación de monitoreo, por mes y por año en Ciudad Juárez, 1996-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	0.0	0.0	0.0	6.7	3.2	6.7	6.5	3.2	3.3	3.2	6.7	6.5	4.0
	No.	0	0	0	2	1	2	2	1	1	1	2	2	14
1997	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	3.2	3.2	6.7	3.2	0.0	0.0	1.9
	No.	0	0	0	0	0	2	1	1	2	1	0	0	7
1998	%	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	3.3	6.5	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	2.2
	No.	0	0	3	0	0	1	2	0	0	2	0	0	8
1999	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	6.7	20.0	4.2	0.0	2.8
	No.	0	0	0	0	0	0	2	0	2	4	1	0	9
2000	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	6.5	10.0	3.2	0.0	0.0	2.6
	No.	0	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	0	9
2001	%	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	3.3	3.2	6.7	0.0	0.0	0.0	1.6
	No.	0	0	0	0	2	0	1	1	2	0	0	0	6
2002	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	3.2	0.0	0.0	0.0	ND	0.0	1.0
	No.	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	ND	0	3

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Figura 6.12. Días (%) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

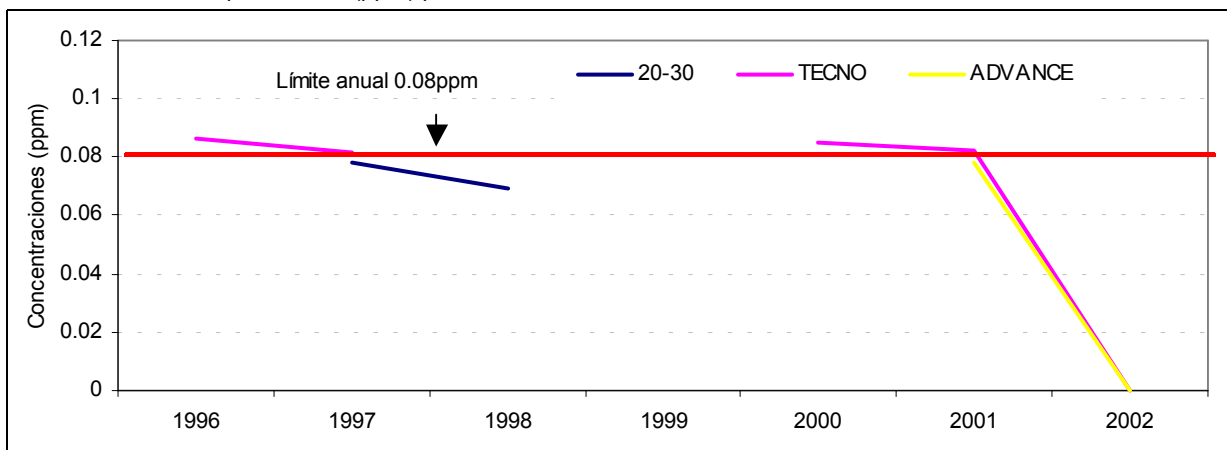
Cuadro 6.9. Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas* en Ciudad Juárez, 1996-2002

Zona	Estación	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Noroeste	20-30	DI	0.078	0.069	DI	DI	DI	DI
Noreste	Tecnológico	0.086	0.082	DI	DI	0.085	0.082	DI
Suroeste	Advance	DI	DI	DI	DI	DI	0.078	DI

DI = Datos Insuficientes

*Una estación cumple con la norma anual cuando cuente con más del 75% de datos válidos durante el año y el valor del quinto máximo sea menor o igual a 0.08ppm (promedio móvil 8 horas).

Figura 6.13. Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas* para ozono (ppm) por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



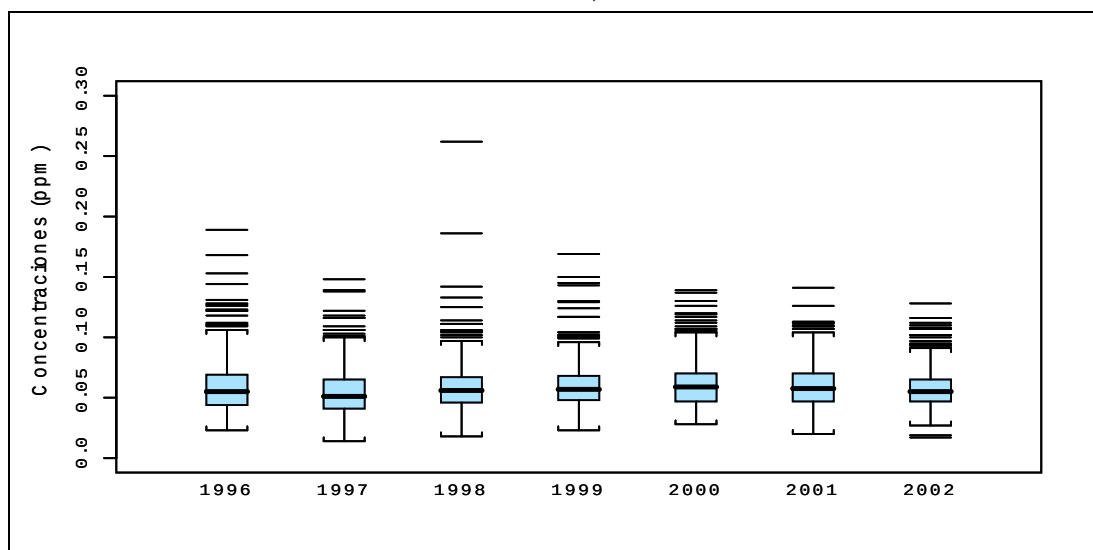
*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Cuadro 6.10. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002

Año	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio	0.060	0.055	0.059	0.061	0.062	0.060	0.058
Desviación Estándar	0.024	0.021	0.022	0.020	0.019	0.019	0.018
Mínimo	0.023	0.014	0.018	0.023	0.028	0.020	0.017
Máximo	0.189	0.148	0.262	0.169	0.139	0.141	0.128
Percentiles	10	0.037	0.033	0.037	0.042	0.042	0.039
	20	0.042	0.038	0.044	0.046	0.046	0.044
	30	0.047	0.043	0.049	0.050	0.049	0.049
	40	0.051	0.047	0.053	0.054	0.055	0.052
	50	0.055	0.051	0.056	0.057	0.059	0.055
	60	0.059	0.056	0.059	0.060	0.064	0.060
	70	0.066	0.062	0.064	0.065	0.068	0.064
	80	0.073	0.070	0.070	0.072	0.075	0.069
	90	0.092	0.084	0.081	0.085	0.090	0.080
	95	0.106	0.095	0.091	0.096	0.101	0.091
	98	0.125	0.108	0.110	0.122	0.114	0.107
Total de días con datos	353	361	364	318	345	364	303

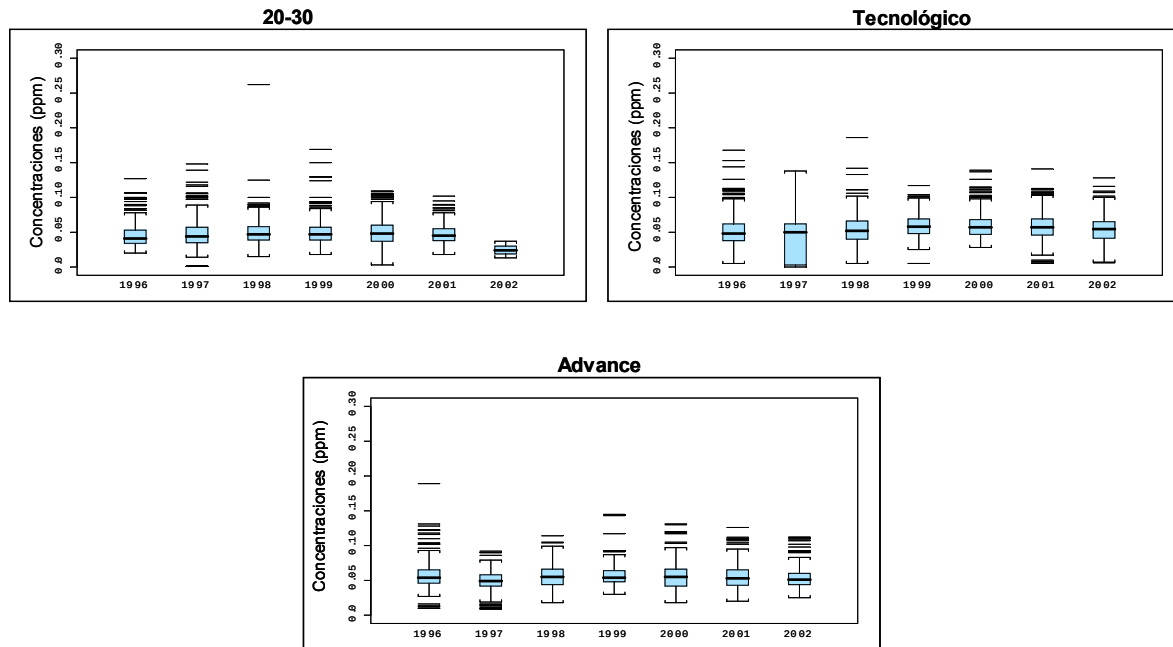
*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de la estaciones 20-30, Tecnológico o Advance.

Figura 6.14. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de ozono en Ciudad Juárez, 1996-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de la estaciones 20-30, Tecnológico o Advance.

Figura 6.15. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo V-C: Valores fuera de la norma de ozono (número y porcentaje de horas) por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002.

Anexo V-D: Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes, por año y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002.

Anexo V-E: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de ozono por cada una las estaciones de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002.

Información Adicional:

- Concentración máxima de ozono por hora y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de 11:00 a 19:00 horas de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Número de días con al menos 1,2,3,...,10 horas consecutivas de valores fuera de la norma horaria de ozono por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Porcentaje y número de horas con información de ozono por año y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Número de horas con información de ozono por mes y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.
- Número de días con información las concentraciones diarias de ozono por mes y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.

Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

Valores fuera de norma de PM₁₀

En el cuadro 6.11 se muestra el promedio anual de las concentraciones de PM₁₀ obtenidas como promedio de 24 horas a través de monitoreo manual en cada una de las estaciones de monitoreo en Ciudad Juárez. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales desde 1996, observándose que los valores más altos correspondieron a las estaciones Advance (suroeste) y Zenco (sur) con 100 y 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Resalta también el hecho de que en estas dos estaciones se rebasa la norma anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como media aritmética (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), durante todo el periodo analizado (Figura 6.16). Asimismo, se observa que en 1999 todas las estaciones rebasaron la norma anual y que en el 2000 en cuatro de las cinco estaciones también se registran valores que exceden dicho valor.

El cuadro 6.12 presenta el número y porcentaje de días con concentraciones de PM₁₀ superiores a la norma diaria de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) en Ciudad Juárez. Se observa que en 2002 se presentó el número más elevado de días con valores fuera de norma (24 días), seguido por el 2000 (23 días). También es claro que entre octubre y marzo se presenta el mayor número de días fuera de norma.

En la figura 6.17 se muestra el porcentaje de días por año en que se rebasa la norma de PM₁₀ en cada estación de monitoreo; es evidente que en la estación Advance suele ocurrir el mayor número de veces en que se rebasa la norma diaria de este contaminante. Igualmente destaca la marcada tendencia a la alza en el porcentaje de días, con violaciones a la norma que se presenta en esta estación desde 1998 (11% de los días) hasta el 2002 (35% de los días). En la estación Zenco el máximo porcentaje de días con concentraciones superiores a la norma fue de 15 y ocurrió en los años 2000 y 2001. En el resto de las estaciones el porcentaje fue menor al 10% de los días en todo el periodo analizado.

Concentraciones diarias de PM₁₀

El cuadro 6.13 y la figura 6.18 muestran las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas, monitoreo manual) en Ciudad Juárez. Se observa que los máximos de todos los años son muy superiores al valor normado de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio de 24 horas, llegando a alcanzar niveles extremos superiores a 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2000 y 2001. Es de destacar, sin embargo, que estos valores extremos corresponden a concentraciones extremas atípicas y muestra de ello es que los promedios en ambos años son inferiores a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figura 6.19 ilustra la tendencia histórica de los promedios de 24 horas en cada estación de monitoreo. Destaca que en prácticamente todas las estaciones, los valores más altos se presentaron entre el 2000 y el 2002. Igualmente se aprecia que las estaciones ubicadas al sur de la ciudad (Advance y Zenco) son las que normalmente registran las concentraciones más elevadas. Finalmente, se aprecia que las concentraciones altas extremas que se observan en la figura anterior se registraron en la estación Zenco en los años 2000 y 2001. Sin embargo, es claro también que estas concentraciones extremas son atípicas de acuerdo a la distribución que se observa en la figura, donde dichos valores aparecen aislados.

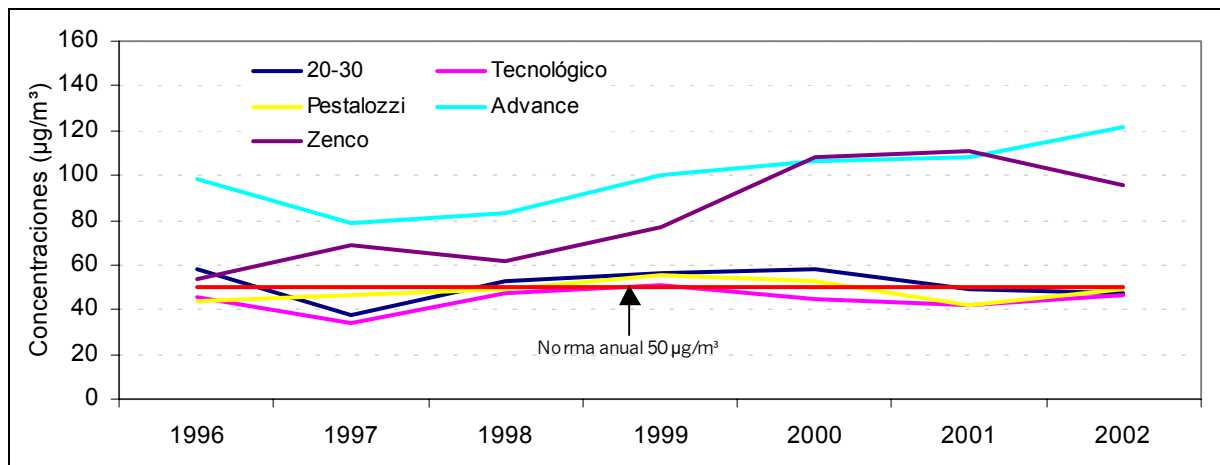
Cuadro 6.11. Promedio anual de los muestreos manuales de PM₁₀
por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002
Equipo manual

Zona	Estación	Año							Mediana*
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Noroeste	20-30	58	38	53	57	58	49	48	53
Noreste	Tecnológico	45	34	47	51	45	42	47	45
Centro	Pestalozzi	44	47	49	55	53	42	49	49
Suroeste	Advance	99	79	83	100	107	108	121	100
Sur	Zenco	53	69	61	77	108	111	95	77

* Mediana de los promedios anuales de 1996 a 2002.

Nota: las celdas sombreadas representan concentraciones que rebasan la norma anual de PM₁₀, que es igual a 50 µg/m³ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 6.16. Promedio anual de los muestreos manuales de PM₁₀ por
estación de monitoreo en Ciudad. Juárez, 1996-2002
Equipo manual



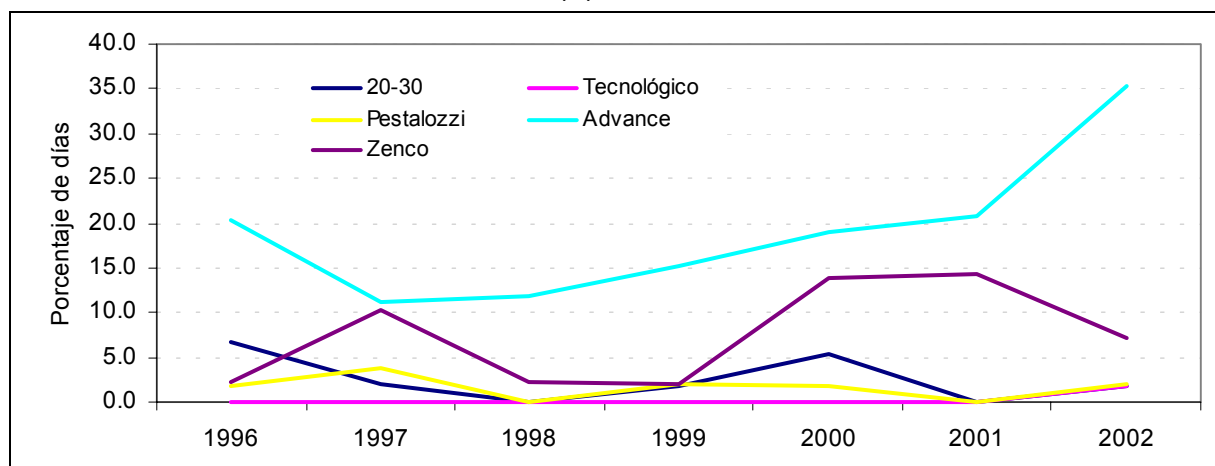
La norma anual de PM₁₀ es igual a 50 µg/m³ como promedio aritmético (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial del 23 de diciembre de 1994)

Cuadro 6.12. Días en que se excede el valor de la norma diaria de PM₁₀* en Ciudad. Juárez, 1996-2002
Equipo manual

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1996	%	10.5	10.5	5.0	0.0	0.0	6.3	0.0	5.0	5.0	10.0	22.7	0.0	6.7
	No.	2	2	1	0	0	1	0	1	1	2	5	0	15
1997	%	4.2	5.0	4.0	4.8	8.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	23.8	23.0
	No.	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	2	5	14
1998	%	0.0	0.0	0.0	4.8	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	10.0	8.7	12.7
	No.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	2	7
1999	%	5.0	0.0	15.8	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	6.7	8.3	20.0
	No.	1	0	3	1	0	0	0	0	0	3	1	2	11
2000	%	6.7	20.0	20.8	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	25.0	8.3	4.0	6.1	8.1
	No.	2	4	5	0	0	0	1	0	6	2	1	2	23
2001	%	7.1	10.0	12.5	0.0	3.3	9.5	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	33.3	31.6
	No.	2	2	3	0	1	2	0	1	0	0	0	7	18
2002	%	21.4	5.0	8.3	19.0	0.0	9.5	15.4	0.0	0.0	8.3	8.0	14.3	42.1
	No.	6	1	2	4	0	2	2	0	0	2	2	3	24

*La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 6.17. Días (%) en que se excede la norma diaria de PM₁₀*
por estación de monitoreo en Ciudad. Juárez, 1996-2002
Equipo manual



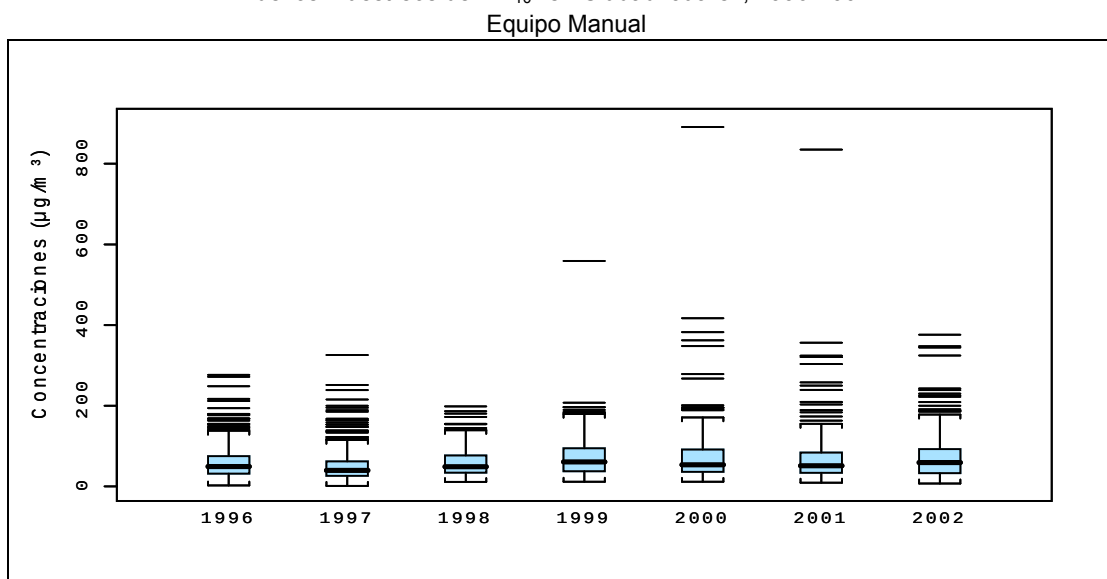
*La norma diaria es igual a 150 µg/m³, como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Cuadro 6.13. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (µg/m³) diarias
de los muestreos de PM₁₀* en Ciudad. Juárez, 1996-2002
Equipo Manual

Año		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Promedio		61	53	60	69	75	70	72
Desviación Estándar		49	46	36	41	76	72	58
Mínimo		3	2	11	12	12	10	7
Máximo		277	326	198	208	891	835	376
Percentil	10	16	14	26	25	25	22	21
	20	25	24	31	31	32	31	30
	30	35	29	38	40	40	37	38
	40	42	34	43	52	47	43	47
	50	49	40	49	60	54	51	59
	60	56	47	57	72	65	60	68
	70	66	56	70	84	79	75	84
	80	85	72	87	103	105	97	103
	90	132	113	109	125	138	127	132
	95	166	152	137	150	171	162	187
	98	203	194	155	181	271	256	233
Total de días con datos		225	264	214	242	284	263	286

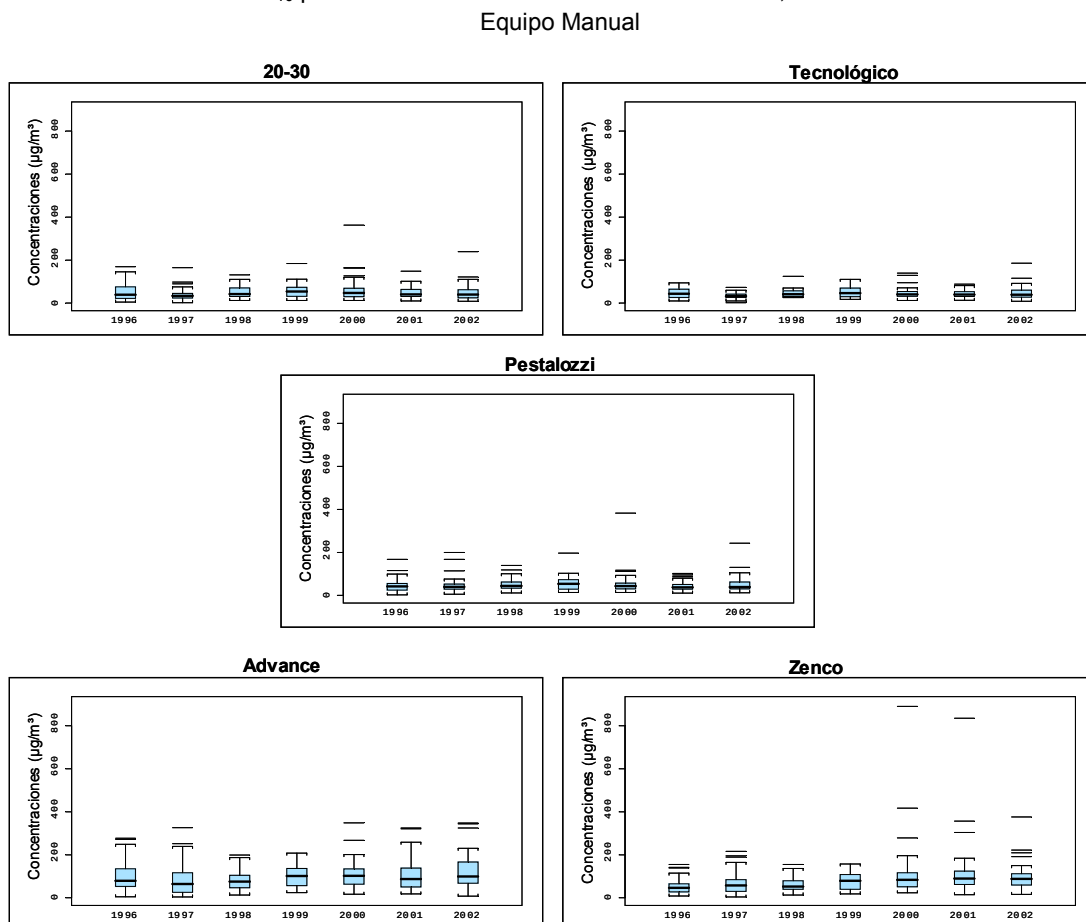
*Para cada año se integran los registros de las concentraciones de todos los muestreos y todas las estaciones de monitoreo.

Figura 6.18. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) de los muestreos de PM₁₀* en Ciudad. Juárez, 1996-2002.



*Para cada año se integran los registros de las concentraciones de todos los muestreos y todas las estaciones de monitoreo

Figura 6.19. Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) de PM₁₀ por estación de monitoreo en Ciudad. Juárez, 1996-2002.



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo V-F: Días en que se excede la norma de PM₁₀ (promedios de 24 horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en Ciudad Juárez, 1996-2002.

Anexo V-G: Estadísticas descriptivas de los muestreos diarios de PM₁₀ (µg/m³) por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, 1996-2002. Equipo manual.

Información Adicional:

- Número de días con información de los muestreos diarios de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en Ciudad Juárez.

7. CIUDAD DE PUEBLA

Red de monitoreo de la calidad del aire

La red estatal de monitoreo atmosférico del estado de Puebla (REMA) se instaló en junio de 2000 y consta de cuatro estaciones de monitoreo continuo (figura 7.1) que miden los contaminantes criterio: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), y partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀). Adicionalmente, en cada una de las estaciones de monitoreo de la Red se cuenta con sistemas de monitoreo meteorológico que miden humedad relativa (HR), temperatura (TMP), dirección del viento (DV) y velocidad del viento (VV). Los cuadros 7.1 y 7.2 muestran las estaciones que conforman esta red y los parámetros que se miden en cada una de ellas, respectivamente.

La Secretaría de Desarrollo Urbano, Ecología y Obra Pública del Estado de Puebla a través de la Dirección de Prevención y Control de la Contaminación de la Subsecretaría de Ecología es la encargada de la operación y mantenimiento de este sistema de monitoreo.

Figura 7.1. Distribución de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de Puebla



Cuadro 7.1. Estaciones de monitoreo y parámetros registrados por la Red Automática de Monitoreo de la ciudad de Puebla

Estación	CO	SO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	HR	TMP	DV	VV	H2S	PA	PP	RS
Serdán													
Tecnológico													
Ninfas													
Agua Santa													

Cuadro 7.2. Parámetros, símbolos y unidades de reporte del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de Puebla

Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte	Símbolo	Parámetros	Unidades de Reporte
CO	Monóxido de carbono	ppm	DV	Dirección del viento	Grados azimut
SO ₂	Dióxido de azufre	ppm	VV	Velocidad del viento	m/s
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	ppm	H2S	Ácido Sulhídrico	ppm
O ₃	Ozono	ppm	PA	Presión Atmosférica	mm hg
PM ₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros	µg/m ³	PP	Precipitación pluvial	mm
HR	Humedad relativa	%	RS	Radiación Solar	mw/m ²
TMP	Temperatura	°C			

Tendencias de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Puebla de 2000 a 2002

A continuación se presentan una serie de cuadros y figuras generados con la información de la ciudad de Puebla para cada uno de los contaminantes en las estaciones de monitoreo de la calidad del aire, entre 2000 y 2002.

Monóxido de carbono (CO)

Esta sección analiza la información de monóxido de carbono para la ciudad de Puebla. Sin embargo antes de iniciar la descripción de las tendencias de cada contaminante, es pertinente mencionar que la red de monitoreo de esta ciudad inició sus operaciones en Agosto del 2000, por lo que las descripciones correspondientes a ese año solo consideraron los datos de cinco meses (Agosto – Diciembre).

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 7.3 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de CO para 2000-2002, en las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales del 2001 y 2002, observándose que la mediana con el valor más alto corresponde a la estación Tecnológico (0.067 ppm), seguida por la de Agua Santa (0.059 ppm) y Ninfas (0.058 ppm).

En la figura 7.2 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de CO en las diferentes estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. Se observa que las concentraciones en todas las estaciones registran un comportamiento muy estable en el periodo analizado y que la estación Tecnológico registra los promedios más altos y la estación Serdán los más bajos.

La figura 7.3 ilustra la tendencia de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de CO en cada estación de monitoreo de la ciudad de Puebla de 2000 a 2002. Para la construcción de esta gráfica no se consideraron los datos del año 2000, por no contar con registros para el año completo. En general, se aprecia que las concentraciones mensuales más altas se presentan entre marzo y junio, y que los valores más elevados a lo largo del año se registran en las estaciones Agua Santa y Tecnológico.

La figura 7.4 muestra los promedios horarios en cada estación de monitoreo de la ciudad de Puebla de 2000 a 2002. En todas las estaciones se observa una distribución bimodal durante el día, en la que las concentraciones más elevadas se presentan entre las 7:00 y las 11:00 horas. Un segundo pico de aproximadamente la misma magnitud en unas estaciones y de menor magnitud en otras, se presenta entre las 19:00 y 24:00 horas. Las concentraciones más altas en todas las estaciones, ocurrieron en el año 2000. En promedio, las concentraciones horarias más altas se presentan en la estación Serdán y las más bajas en Agua Santa.

Valores fuera de la norma de monóxido de carbono

Es conveniente destacar que en ninguna de las estaciones de monitoreo se presentaron registros por arriba del valor de la norma de calidad del aire para CO (11ppm como promedio móvil de 8 horas, concentración que no se debe exceder más de una vez por año, NOM-021-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Concentraciones diarias de monóxido de carbono

El cuadro 7.4 y la figura 7.5 detallan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas (promedios móviles de ocho horas) de CO en la ciudad de Puebla. Es pertinente aclarar que se consideró como dato base diario la concentración máxima de las cuatro estaciones. El registro máximo

ocurrió en el 2000 (9.3 ppm), al igual que el promedio y la mediana (percentil 50) más altos. Sin embargo, es evidente que todos los registros se ubican por debajo del valor normado de calidad del aire para este contaminante. También es claro que en el periodo analizado la distribución de las concentraciones máximas muestran una tendencia a la baja.

Finalmente, la figura 7.6 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios móviles de 8 horas) de CO en las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. Las distribuciones muestran que en la estación Serdán se registran las concentraciones más altas y en Agua Santa las más bajas. También destaca el hecho de que prácticamente todas las estaciones de monitoreo se presentó una clara tendencia decreciente, en el período actualizado.

Cuadro 7.3. Promedio anual de las concentraciones horarias de CO en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación		Año			Mediana*
		2000	2001	2002	
Serdán	ppm	0.048	0.048	0.051	0.049
	μ/m^3	94	93	99	96
Tecnológico	ppm	0.072	0.066	0.068	0.067
	μ/m^3	141	130	134	132
Ninfas	ppm	0.062	0.058	0.058	0.058
	μ/m^3	121	113	113	113
Agua Santa	ppm	0.062	0.061	0.057	0.059
	μ/m^3	122	120	111	115

* Mediana de los promedios anuales de 2001 y 2002.

Figura 7.2. Promedio anual de concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002

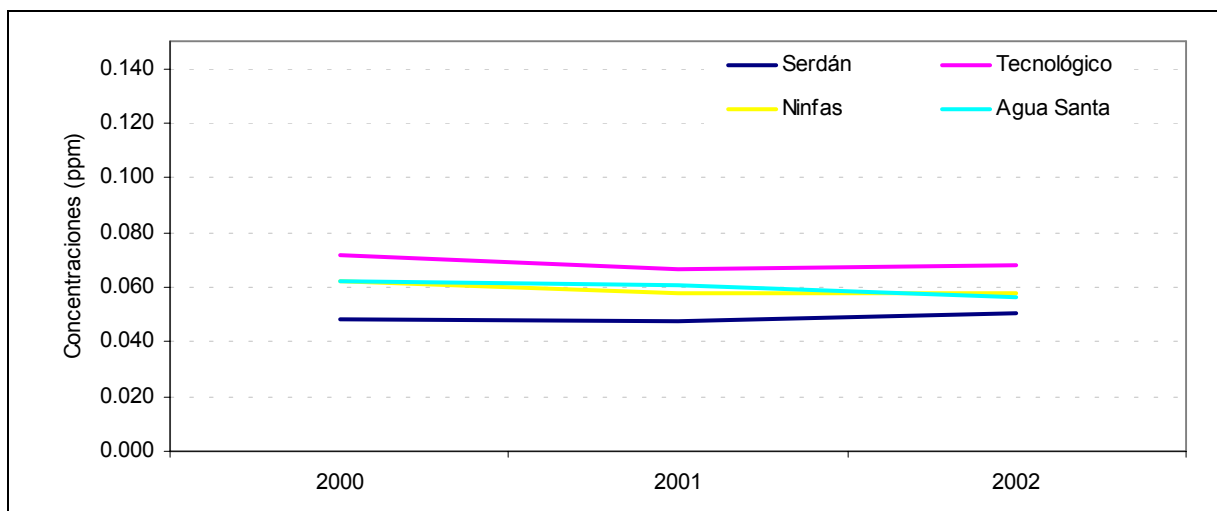
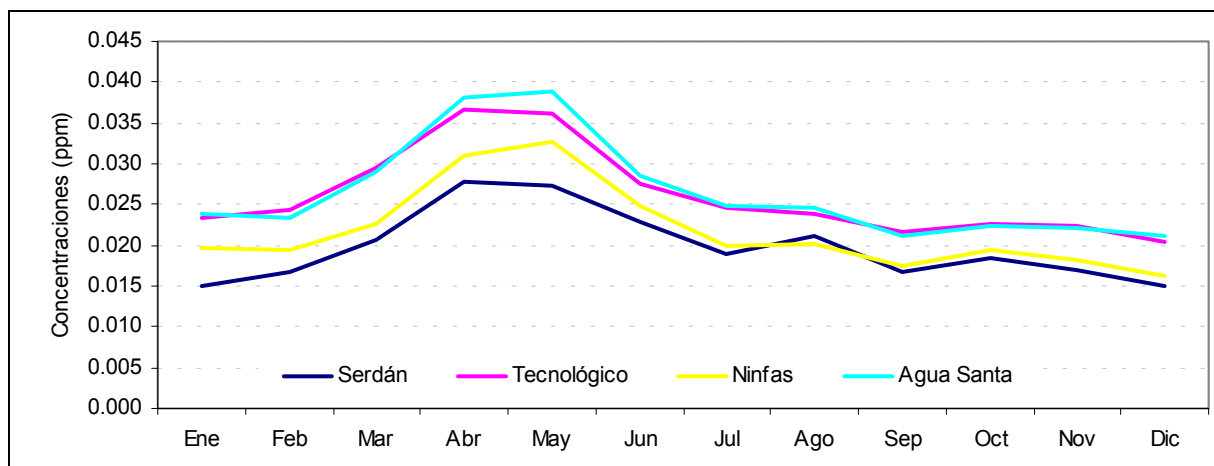
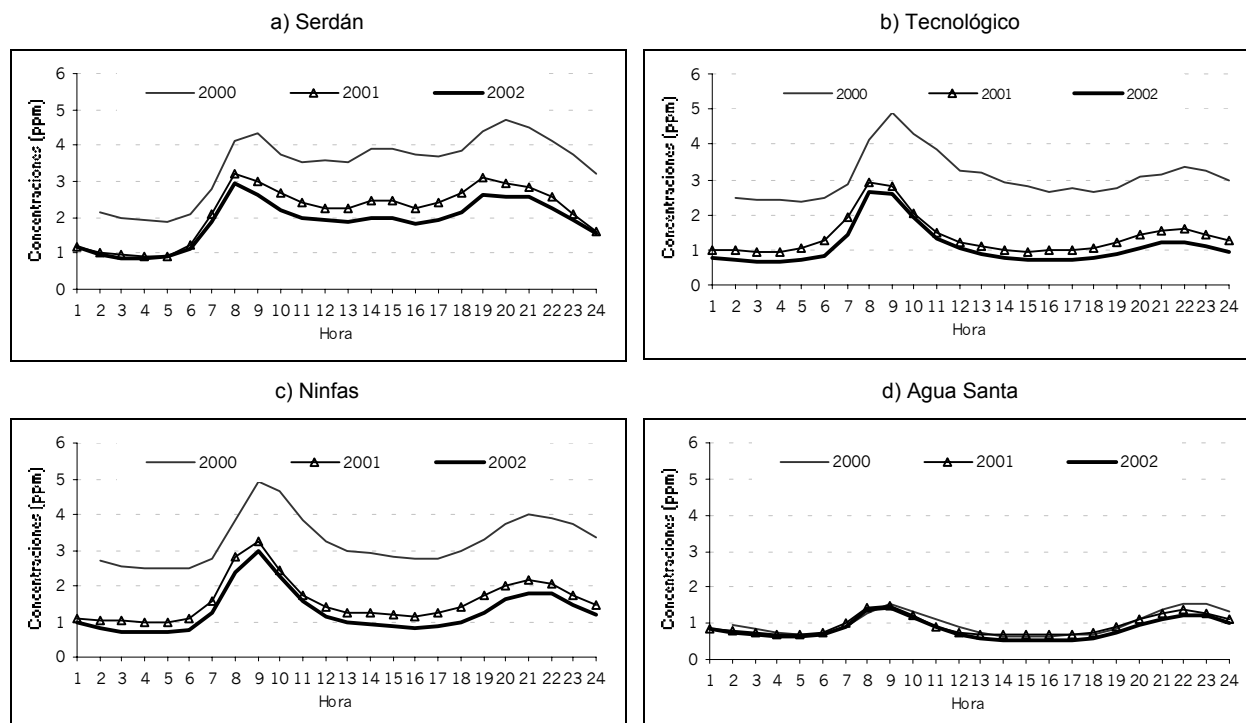


Figura 7.3. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo de la ciudad de Puebla, 2001-2002



*Mediana de los promedios mensuales de 2001-2002

Figura 7.4. Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla 2000-2002

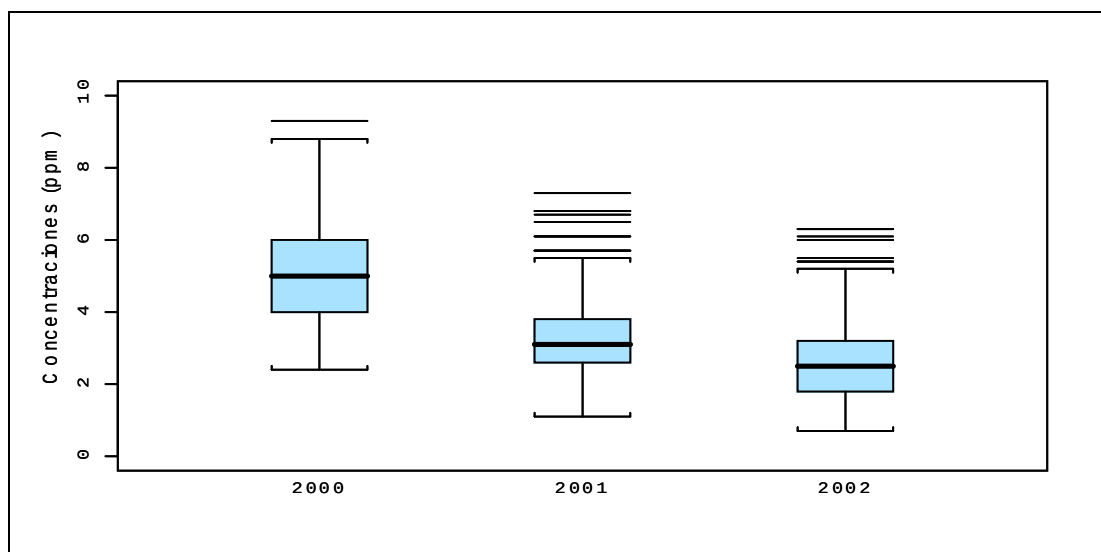


Cuadro 7.4. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de CO en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Año		2000	2001	2002
Promedio		5.1	3.2	2.6
Desviación estándar		1.4	1.1	1.0
Mínimo		2.4	1.1	0.7
Máximo		9.3	7.3	6.3
Percentil	10	3.5	1.9	1.3
	20	3.9	2.4	1.7
	30	4.2	2.6	1.9
	40	4.5	2.9	2.2
	50	5.0	3.1	2.5
	60	5.3	3.3	2.7
	70	5.7	3.6	3.0
	80	6.2	4.0	3.4
	90	6.9	4.6	3.9
	95	7.6	5.2	4.3
	98	8.0	5.7	5.2
Total de días con datos		153	365	365

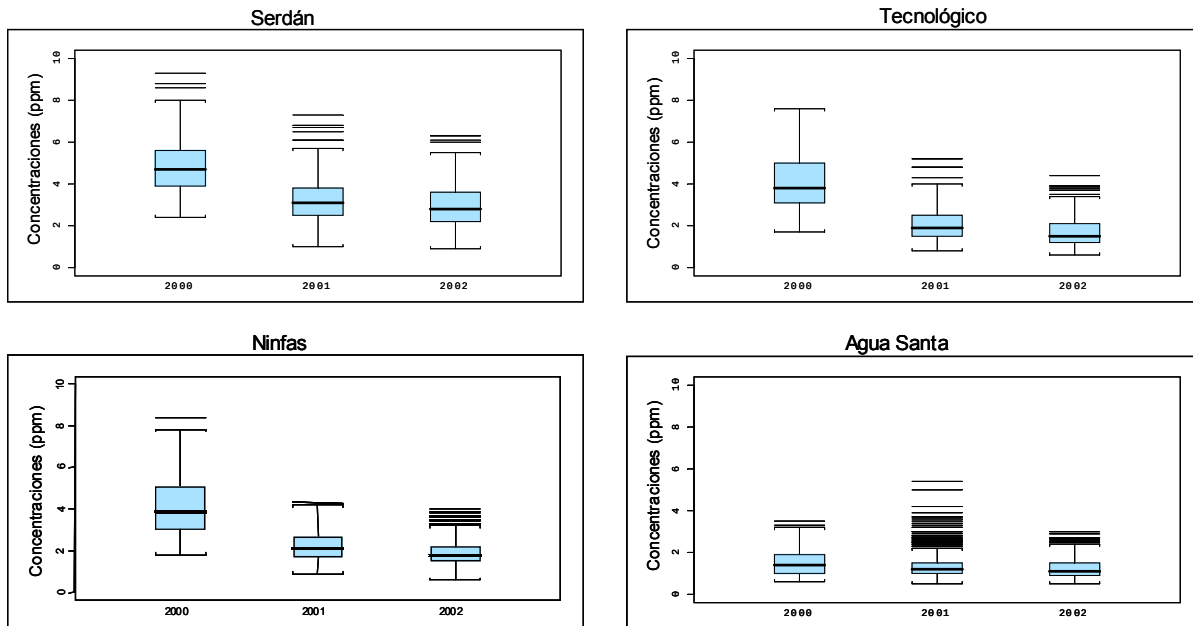
* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 horas que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo

Figura 7.5. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de CO en la ciudad de Puebla, 2000-2002



* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 horas que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo

Figura 7.6. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de CO* por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



*Máximo de los promedios móviles de ocho horas.

Información en el disco compacto

El anexo que se incluye en el disco compacto es el siguiente:

Anexo VI-A: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de CO para cada una de las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla, 2000-2002

Información adicional.

- Concentración máxima de CO por hora y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Concentraciones horarias promedio de CO por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Porcentaje y número de horas con información de CO por año y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de horas con información de CO por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de CO como promedio móvil de ocho horas monitoreo en la ciudad de Puebla.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Esta sección presenta la información de NO₂ de la ciudad de Puebla para los años 2000 a 2002. Sin embargo, para algunas de las descripciones se contó únicamente con la información de agosto a diciembre del 2000, ya que los monitoreos se iniciaron en junio de dicho año. Cabe mencionar que la información del año 2000 de la estación de monitoreo Serdán, no se consideró en el análisis dado que todavía se encuentra en proceso de validación.

Tendencias anuales, mensuales y horarias

El cuadro 7.7 presenta el promedio anual de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno de cuatro estaciones de monitoreo del 2000 al 2002. Los promedios anuales más altos oscilaron entre 0.030 ppm en el 2002 y 0.026 ppm en el 2001 en la estación Serdán. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales; se observa que la mediana más alta correspondió a la estación Serdán, seguida de la estación Ninfas (figura 7.12).

La figura 7.13 muestra la mediana de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno para el período 2001-2002 en cada estación de monitoreo. En ella se observa que las concentraciones mensuales más elevadas en todas las estaciones de monitoreo se registraron en enero, mayo noviembre y diciembre. Se destaca la estación de monitoreo Serdán con las concentraciones más elevadas.

El promedio de las concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno en las diferentes estaciones de monitoreo se muestra en la figura 7.14, se aprecia una distribución bimodal en todas las estaciones, en la que el primer período del día con concentraciones más elevadas se presenta de las 9:00 a las 11:00 horas y, el segundo, de las 19:00 a las 22:00 horas.

Valores fuera de la norma de dióxido de nitrógeno

En las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla no se rebasa el valor de la norma horaria de NO₂ (0.21 ppm, NOM-023-SSA1-1993, diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) durante el periodo 2000-2002.

Concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno

El cuadro 7.8 muestra las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias máximas de dióxido de nitrógeno en la ciudad de Puebla. Se observa que la concentración más elevada registrada en el periodo de descripción ocurrió en 2002 y fue de 0.167 ppm. El percentil 50 (mediana) muestra una tendencia creciente, aunque aún muy por debajo del valor normado. En la figura 7.15 se observa la tendencia histórica de los valores máximos diarios de 2000 a 2002; es notorio que toda la distribución presenta un ligero incremento en el año 2002, con respecto a los dos años previos.

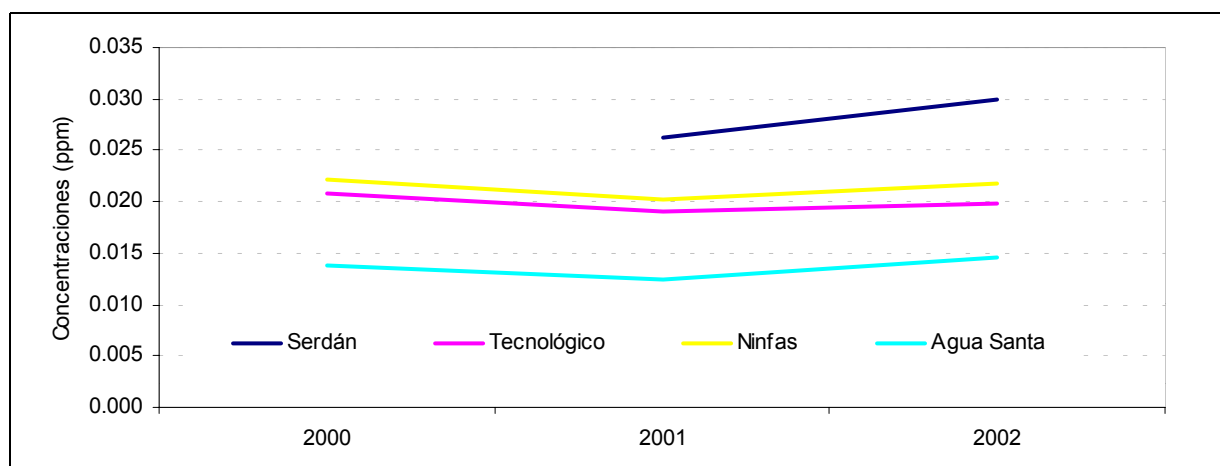
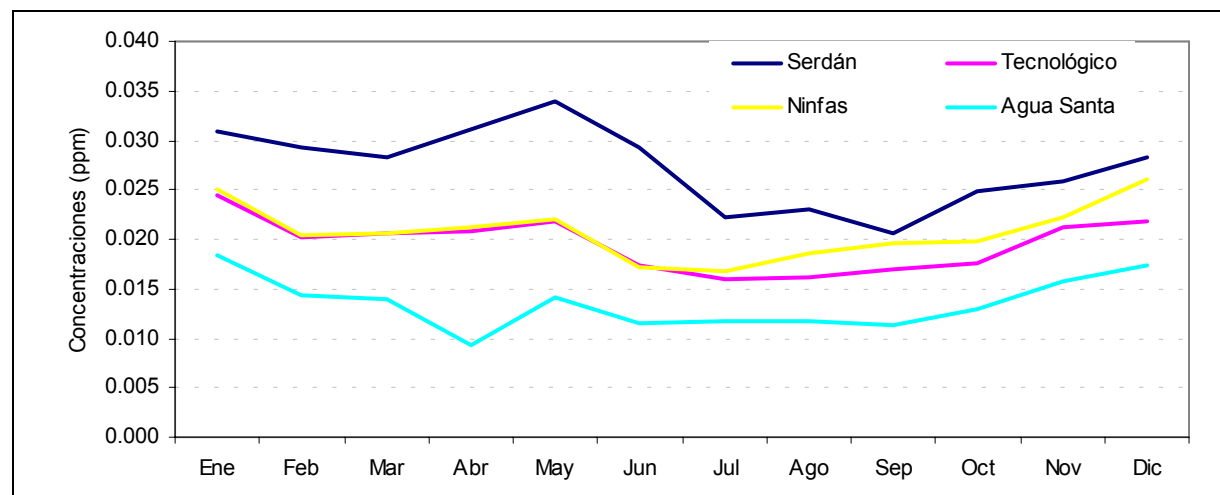
La figura 7.16 ilustra la tendencia histórica de los mismos valores para cada estación de monitoreo. Se observa que en casi todas las estaciones las medianas presentan valores bajos. Las estaciones Tecnológico, Ninfas y Serdán presentan valores máximos extremos más altos. La estación Serdán registra el valor máximo histórico.

Cuadro 7.7. Promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂ en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación		Año			Mediana*
		2000	2001	2002	
Serdán	ppm	ND	0.026	0.030	0.026
	μ/m ³	ND	51	59	51
Tecnológico	ppm	0.021	0.019	0.020	0.020
	μ/m ³	41	38	39	39
Ninfas	ppm	0.022	0.020	0.022	0.022
	μ/m ³	43	40	43	43
Agua Santa	ppm	0.014	0.013	0.014	0.014
	μ/m ³	27	25	28	27

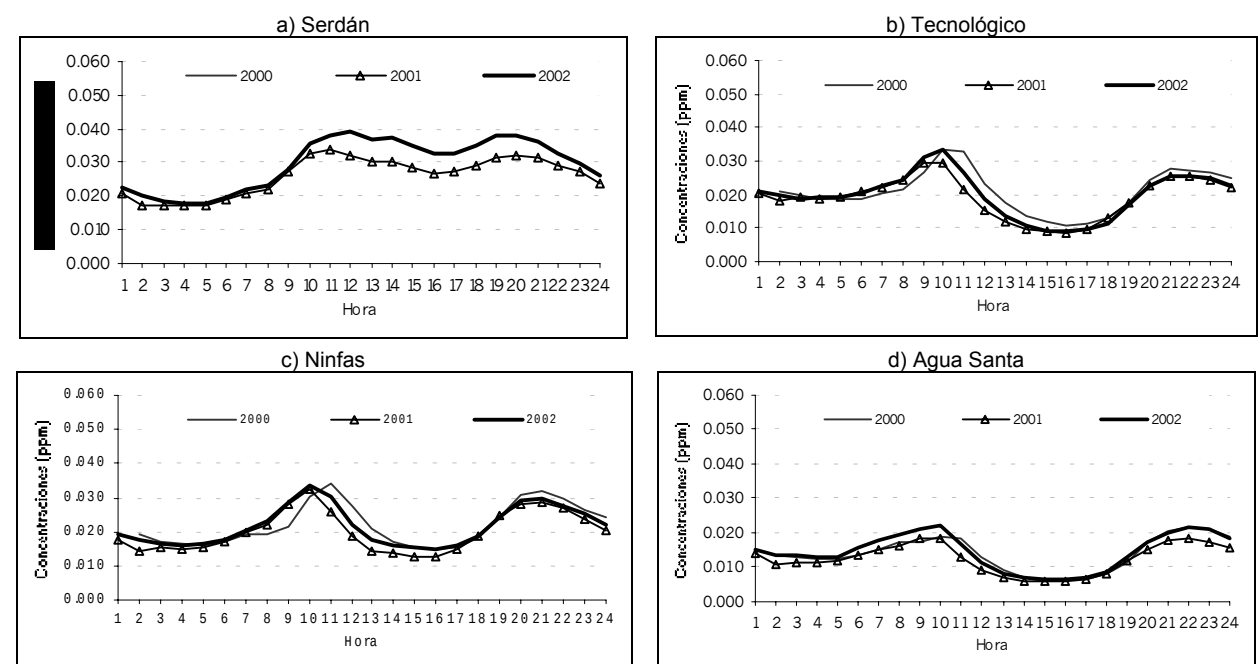
ND: Información no disponible

*Mediana de los promedios anuales de 2000 a 2002

Figura 7.12. Promedio anual de concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002Figura 7.13 Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de NO₂, por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2001-2002

*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 2001 a 2002

Figura 7.14 Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002

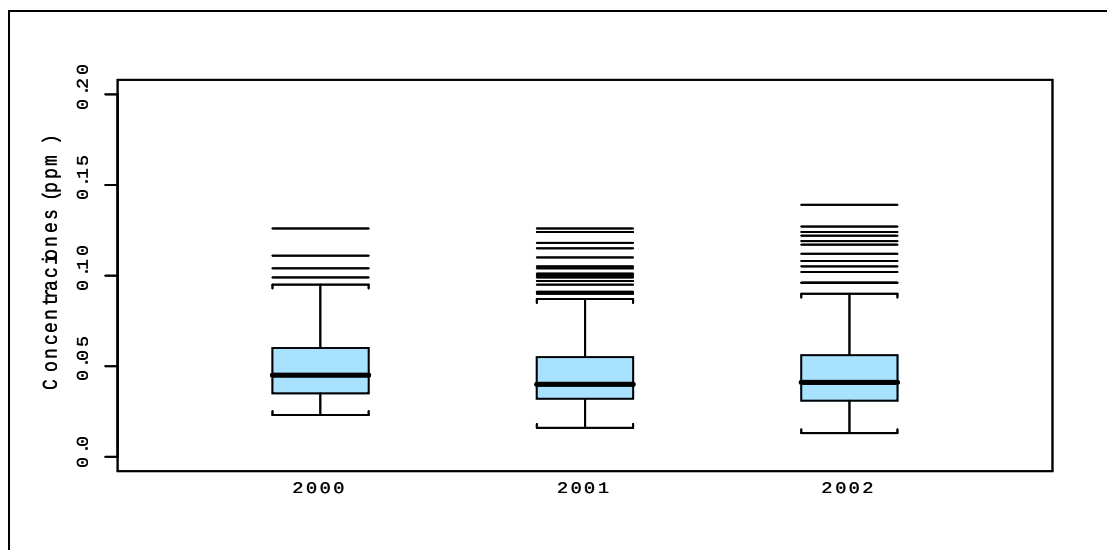


Cuadro 7.8. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de NO₂ en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Año		2000	2001	2002
Promedio		0.050	0.052	0.055
Desviación Estándar		0.020	0.022	0.024
Mínimo		0.023	0.016	0.014
Máximo		0.126	0.164	0.167
Percentil	10	0.030	0.028	0.029
	20	0.033	0.033	0.034
	30	0.036	0.038	0.039
	40	0.039	0.043	0.046
	50	0.045	0.049	0.051
	60	0.051	0.054	0.057
	70	0.055	0.059	0.063
	80	0.064	0.066	0.073
	90	0.081	0.080	0.086
	95	0.091	0.090	0.097
	98	0.099	0.106	0.116
Total de días con datos		153	365	365

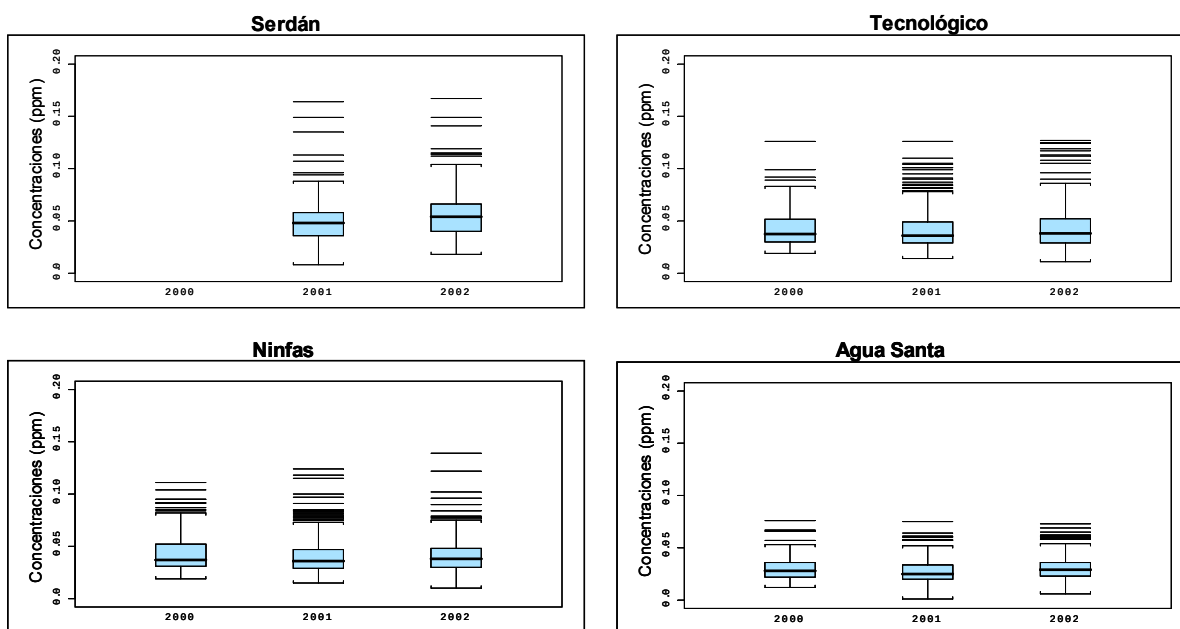
*Para cada año se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.15. Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de NO₂ en la ciudad de Puebla, 2000-2002



*Para cada año se integra el registro máximo de las concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.16. Tendencia histórica de las concentraciones diarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



Información en el disco compacto

El anexo que se incluye en el disco compacto es el siguiente:

Anexo VI-C: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones (ppm) diarias de NO₂ para cada una de las cuatro estaciones de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de NO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Concentraciones horarias promedio de NO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla .
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Porcentaje y número de horas con información de NO₂ por año y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de horas con información de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de NO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.

Ozono (O₃)

Tendencias anuales, mensuales y horarias

En el cuadro 7.9 se aprecia el promedio anual de las concentraciones horarias de ozono en las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla de 2000 al 2002. La última columna del cuadro contiene la mediana de los promedios anuales, observándose que la estación Agua Santa obtuvo el valor más alto (0.027 ppm), en contraste la estación Serdán (0.020 ppm) presenta el valor más bajo en los tres años que se incluyen.

En la figura 7.17 se presenta la tendencia histórica del promedio anual de las concentraciones horarias de ozono, en ella se aprecia un comportamiento casi constante en las cuatro estaciones de monitoreo.

En la figura 7.18 se muestra la tendencia de las medianas de los promedios mensuales de las concentraciones horarias de ozono, observándose que las concentraciones más elevadas ocurren en los meses de abril y mayo, asimismo a partir del mes de julio se aprecia un comportamiento estable en las cuatro estaciones de monitoreo.

La figura 7.19 ilustra la tendencia de las concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo. Se observa una tendencia unimodal del contaminante durante el día, presentándose los valores más elevados entre las 12:00 y 13:00 horas. De la figura se aprecia que los valores más altos se registraron en la estación Tecnológico seguida de Agua Santa.

Valores fuera de norma de ozono

En el cuadro 7.10 se muestra el porcentaje y número de horas por año y por estación de monitoreo de la ciudad de Puebla en que se excede el valor de la norma de calidad del aire de ozono (0.11 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002), como complemento en la figura 7.20 se muestra que los porcentajes más altos de concentraciones fuera del valor de norma se presentan en la estación Tecnológico, asimismo presenta una tendencia decreciente en el 2001. Cabe mencionar que la estación Ninfas presenta un ligero incremento en el porcentaje en 2002.

El cuadro 7.11 se presenta el número de días y los porcentajes en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes y por año en las estaciones de la ciudad de Puebla de 2000 al 2002. El mes de mayo ha registrado el mayor porcentaje de días en que se excede el valor de la norma. Asimismo, el año 2001 presenta el mayor número de días (33) con registros de ozono superiores al límite establecido en la norma. Como complemento en la figura 7.21 se muestra el porcentaje de días por arriba de dicho valor, en ella se observa que la estación Tecnológico presenta una tendencia decreciente.

Con respecto a la nueva norma anual se establece un límite máximo permisible de 0.08 ppm para el quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas (Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002), en el cuadro 7.12 y en la figura 7.22 se presentan dichos valores por estación de monitoreo y por año, cabe señalar que para el 2000 no se dispone de datos suficientes, se observa el incumplimiento de la norma en la estación Agua Santa durante los años 2001 y 2002, en tanto que en la estación Tecnológico se incumplió el valor establecido en la norma en 2001 y en 2002 en Ninfas.

Concentraciones diarias de ozono

En el cuadro 7.13 se observan las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias máximas de ozono, como complemento la figura 7.23 muestra la distribución de las concentraciones diarias máximas de las cuatro estaciones en la ciudad de Puebla. Se aprecia que los valores más elevados se presentaron entre 2000 y 2001, destacándose el valor máximo histórico (0.212 ppm) en el año 2001, y la disminución de valores

extremos en el 2002. Cabe mencionar que la mediana se mantuvo por debajo del valor normado en los años mostrados.

Finalmente, en la figura 7.24 se presenta la misma información de la figura 7.23 pero para cada una de las estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. Lo que resalta en estas gráficas son los valores extremos en la estación Serdán para 2000, y para las otras tres en 2001.

Cuadro 7.9. Promedio anual de concentraciones horarias de ozono en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación		Año			Mediana*
		2000	2001	2002	
Serdán	ppm	0.015	0.019	0.021	0.020
	μ/m^3	30	37	41	39
Tecnológico	ppm	0.023	0.026	0.026	0.026
	μ/m^3	45	51	51	51
Ninfas	ppm	0.019	0.022	0.023	0.022
	μ/m^3	38	43	44	44
Agua Santa	ppm	0.024	0.028	0.026	0.027
	μ/m^3	48	54	50	52

*Mediana de los promedios anuales de 2000 a 2002.

Figura 7.17 Promedio anual de concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002

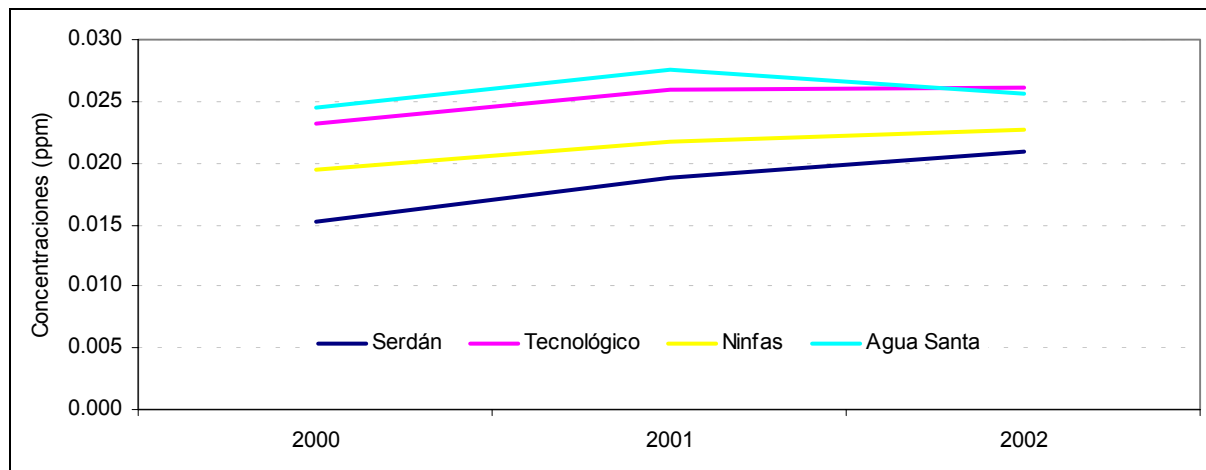
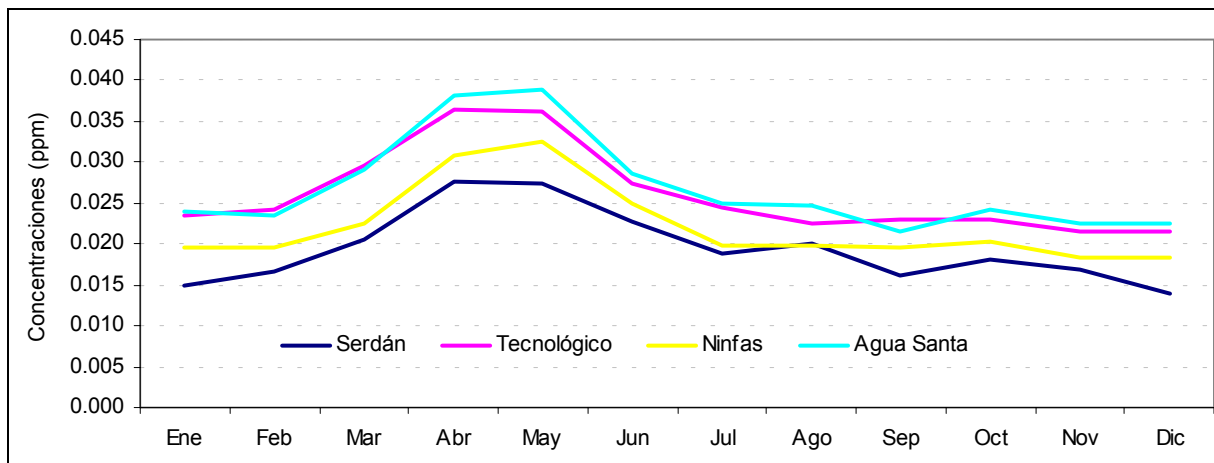
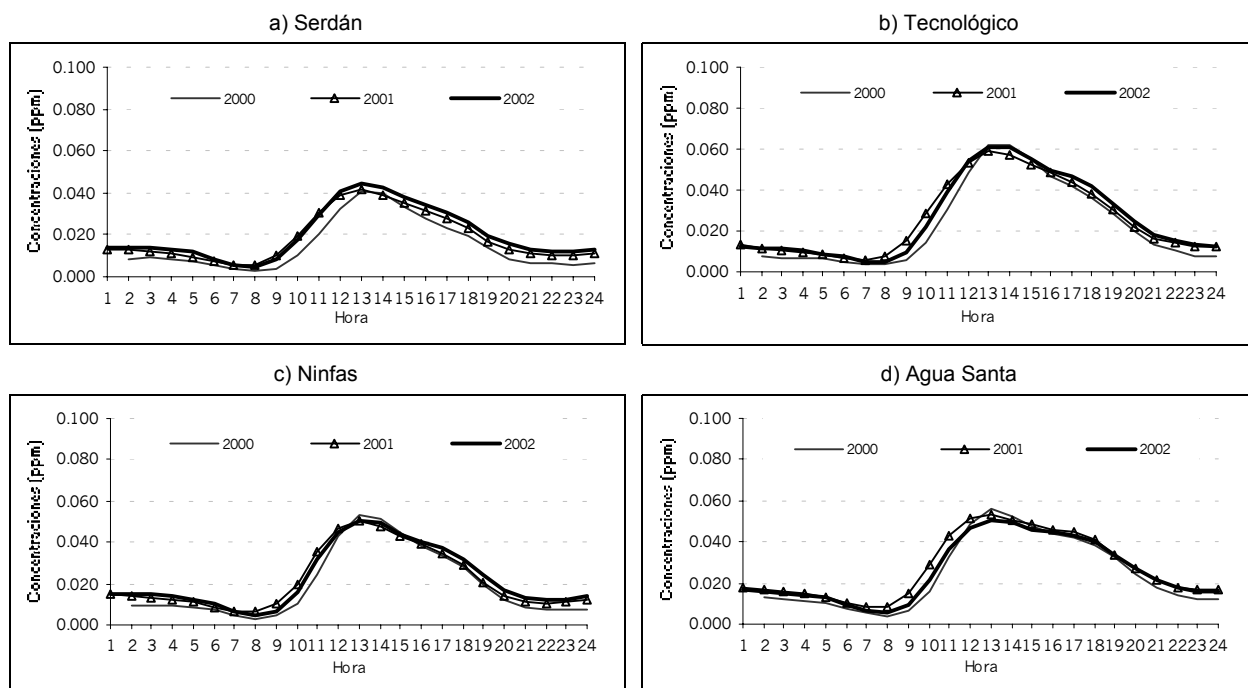


Figura 7.18 Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del período 2000-2002.

Figura 7.19 Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en ciudad de Puebla, 2000-2002



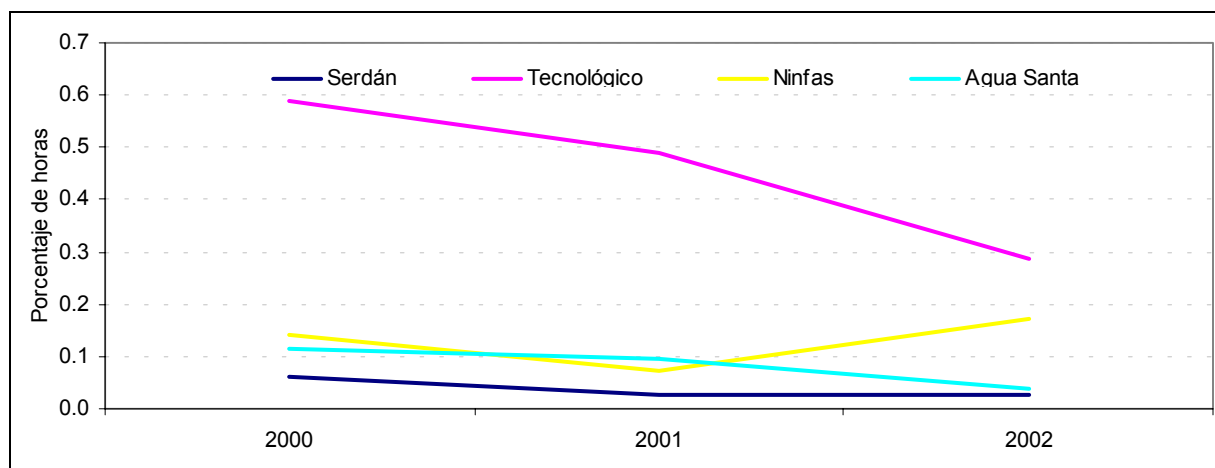
Cuadro 7.10 Horas (número y porcentaje) en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación		Año		
		2000	2001	2002
Serdán	%	0.1	0.03	0.03
	No.	2	2	2
Tecnológico	%	0.6	0.5	0.3
	No.	20	38	24
Ninfas	%	0.1	0.1	0.2
	No.	5	6	13
Agua Santa	%	0.1	0.1	0.04
	No.	4	8	3
Promedio General**		0.2	0.2	0.1

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

** Promedio de los porcentajes de las cuatro estaciones.

Figura 7.20 Horas (porcentaje) en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



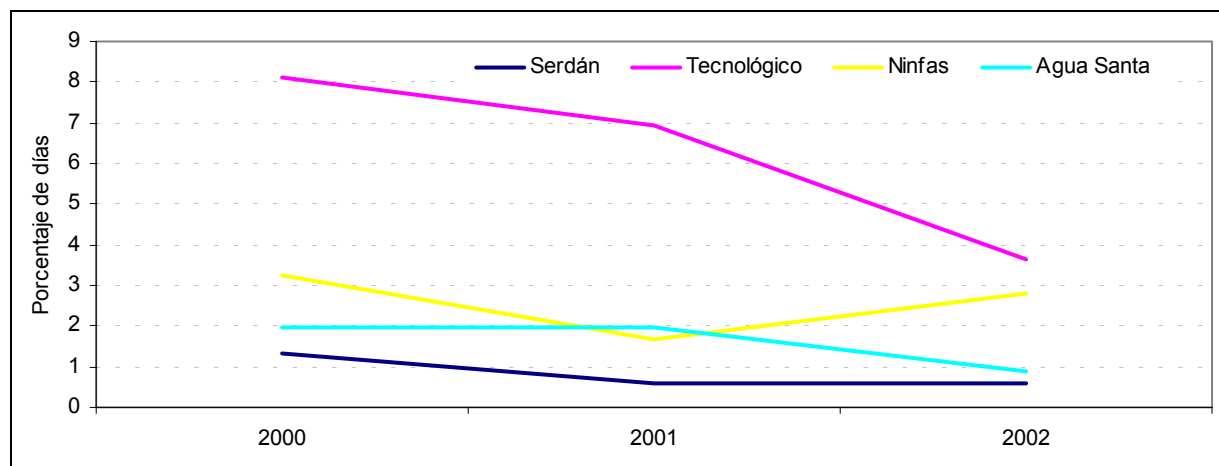
*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Cuadro 7.11 Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono* por mes y por año en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2000	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16.1	13.3	16.1	0.0	9.7	11.1
	No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	4	5	0	3	17
2001	%	0.0	7.1	0.0	10.0	32.3	6.7	16.1	29.0	6.7	0.0	0.0	0.0	9.0
	No.	0	2	0	3	10	2	5	9	2	0	0	0	33
2002	%	9.7	0.0	3.2	6.7	16.1	3.3	3.2	6.5	3.3	6.5	3.3	6.5	5.8
	No.	3	0	1	2	5	1	1	2	1	2	1	2	21

*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Figura 7.21 Días (%) en que se excede el valor de la norma de ozono* por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



*La norma horaria de ozono es igual a 0.11 ppm, promedio horario para no ser rebasado una vez al año (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

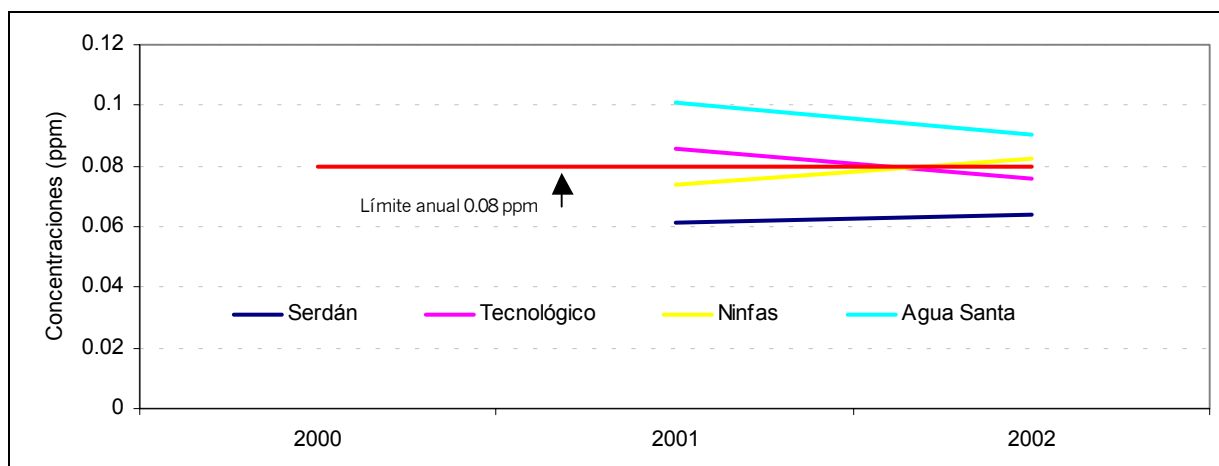
Cuadro 7.12 Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles diarios de 8 horas* en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación	2000	2001	2002
Serdán	DI	0.061	0.064
Tecnológico	DI	0.086	0.076
Ninfas	DI	0.074	0.082
Agua Santa	DI	0.101	0.091

DI = Datos Insuficientes

*Una estación cumple con la norma anual cuando cuente con más del 75% de datos válidos durante el año y el valor del quinto máximo sea menor o igual a 0.08ppm (promedio móvil 8 horas).

Figura 7.22 Concentraciones de los valores del quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas* para ozono (ppm) por estación de monitoreo en la ZMG ciudad de Puebla, 2000-2002



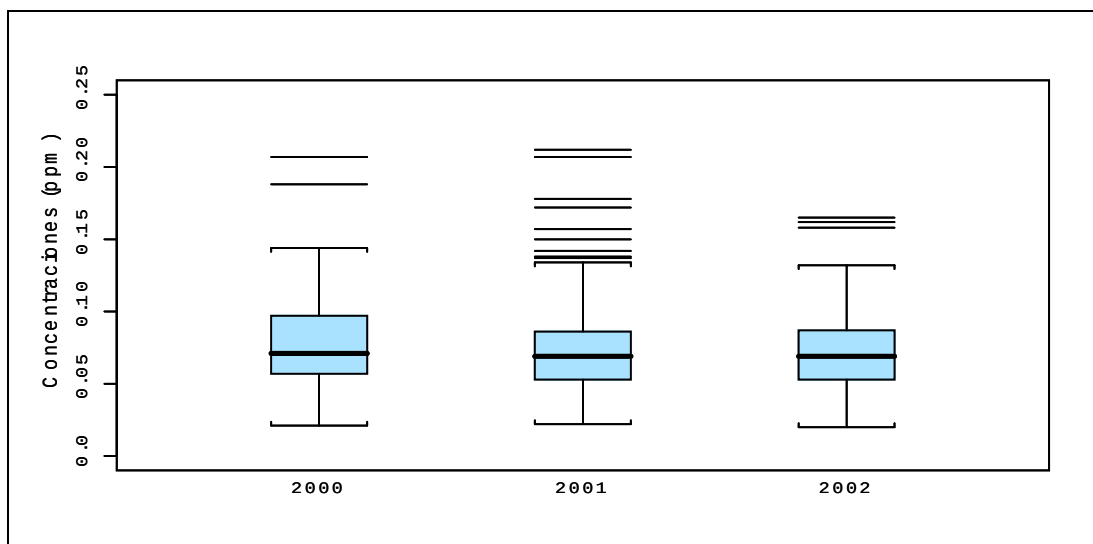
*La norma anual de ozono establece que el valor del quinto máximo anual debe ser menor o igual a 0.08 ppm (promedio móvil de 8 horas) (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre de 2002).

Cuadro 7.13 Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias máximas* de ozono en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Año		2000	2001	2002
Promedio		0.077	0.072	0.070
Desviación Estándar		0.030	0.028	0.025
Mínimo		0.021	0.022	0.020
Máximo		0.207	0.212	0.165
Percentiles	10	0.040	0.040	0.039
	20	0.054	0.048	0.050
	30	0.060	0.056	0.056
	40	0.068	0.062	0.061
	50	0.071	0.069	0.069
	60	0.080	0.075	0.076
	70	0.093	0.082	0.083
	80	0.099	0.091	0.090
	90	0.113	0.106	0.102
	95	0.123	0.122	0.112
	98	0.131	0.138	0.123
Total de días con datos		153	365	365

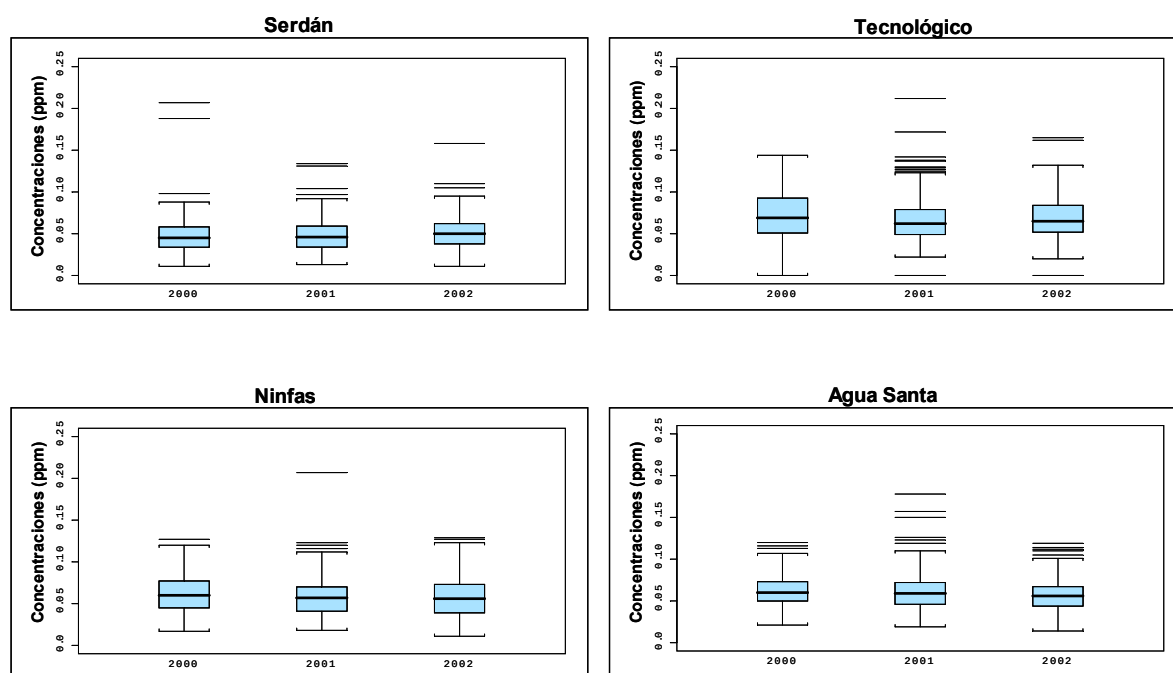
*Para cada día se integra el registro máximo de concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.23 Tendencia histórica de las concentraciones diarias máximas* de ozono en las estaciones de monitoreo la ciudad de Puebla, 2000-2002



*Para cada día se integra el registro máximo de concentraciones diarias que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.24 Tendencia histórica de las concentraciones diarias de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo VI-D: Valores fuera de la norma de ozono (número y porcentaje de horas) por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002.

Anexo VI-E: Días en que se excede el valor de la norma horaria de ozono por mes, por año y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002.

Anexo VI-F: Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias de ozono para cada una de las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla, 2000-2002.

Información adicional:

- Concentración máxima de ozono por hora y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Concentraciones horarias promedio de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de 11:00 a 19:00 horas de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con al menos 1,2,3,...,10 horas consecutivas de valores fuera de la norma horaria de ozono por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Porcentaje y número de horas con información de ozono por año y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de horas con información de ozono por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono como promedio móvil de ocho horas por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con información de las concentraciones diarias de ozono por mes y por estación de monitoreo.

Partículas con diámetro aerodinámico equivalente igual o menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

Esta sección presenta la información sobre PM₁₀ en la ciudad de Puebla para los años 2000 a 2002. Sin embargo, para algunas de las descripciones se contó únicamente con información de agosto a diciembre del 2000, ya que los monitoreos se iniciaron en agosto de dicho año.

Tendencias mensuales y horarias

La figura 7.25 ilustra el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada una de las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla para el periodo 2001-2002. Las concentraciones mensuales más altas se presentaron entre noviembre y mayo. Se observa que las estaciones Serdán y Agua Santa registran los promedios más elevados durante todo el año.

En la figura 7.26 se muestran las concentraciones promedio por hora y por año en las estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. Se observa una distribución bimodal en el comportamiento diario del contaminante, en donde las concentraciones del segundo pico son superiores a las del primero. Los periodos del día con las concentraciones promedio horarias más elevadas se registraron de las 7:00 a las 11:00 y de las 19:00 a las 24:00 horas. Destaca que la estación Agua Santa es la que suele registrar las concentraciones más elevadas a lo largo del día.

Valores fuera de norma de PM₁₀

En el cuadro 7.14 se muestra el promedio anual de las concentraciones horarias de PM₁₀ en cada estación de monitoreo de la ciudad de Puebla. La última columna de la tabla contiene la mediana de los promedios anuales del periodo 2001-2002. Se observa que el valor más alto corresponde a la estación Agua Santa (66 µg/m³); resalta también que todas las estaciones, excepto Ninfas, rebasan la norma anual de 50 µg/m³, como media aritmética (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994), en los tres años analizados (figura 7.27). Asimismo, se observa que en el 2002 todas las estaciones rebasaron la norma anual.

El cuadro 7.15 presenta el número y porcentaje de días con concentraciones de PM₁₀ superiores a la norma diaria de 150 µg/m³, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) en la ciudad de Puebla. Se observa que en el 2002 se presentó el número más elevado de días con valores fuera de la norma (6 días), seguido por 2001 (4 días). La mayoría de las concentraciones por arriba de norma diaria ocurrieron en los meses de mayo y diciembre.

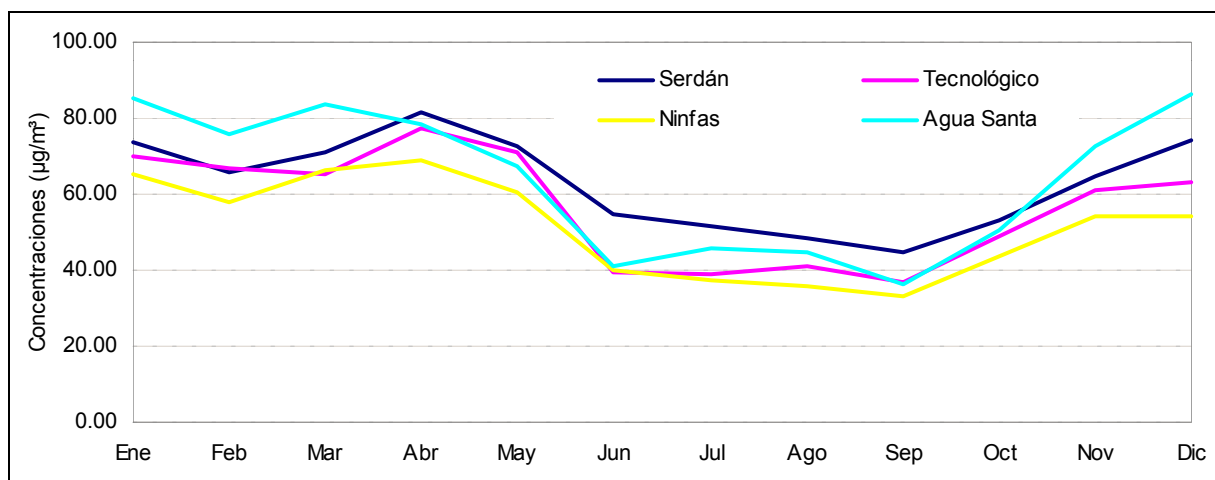
En la figura 7.28 se muestra el porcentaje de días por año en que se excede el valor de la norma de PM₁₀ en cada estación de monitoreo; es claro que el mayor problema se presentó en el 2002 dado que tres de las cuatro estaciones de monitoreo mostraron valores fuera de la norma diaria. En la estación Agua Santa se presentó el porcentaje más alto de valores que excedieron la norma en el 2002 y fue apenas superior al 1% de los días. Conviene recordar que los datos del 2000 corresponden únicamente a cinco meses de monitoreo.

Concentraciones diarias (24 horas) de PM₁₀

El cuadro 7.16 muestra las estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas en la ciudad de Puebla. Se observa que la concentración más alta ocurrió en el 2000 (255 µg/m³), aunque la mediana más alta se registró en el 2002. Destaca, sin embargo, que el valor máximo del 2000 corresponde a un valor extremo atípico (figura 7.29).

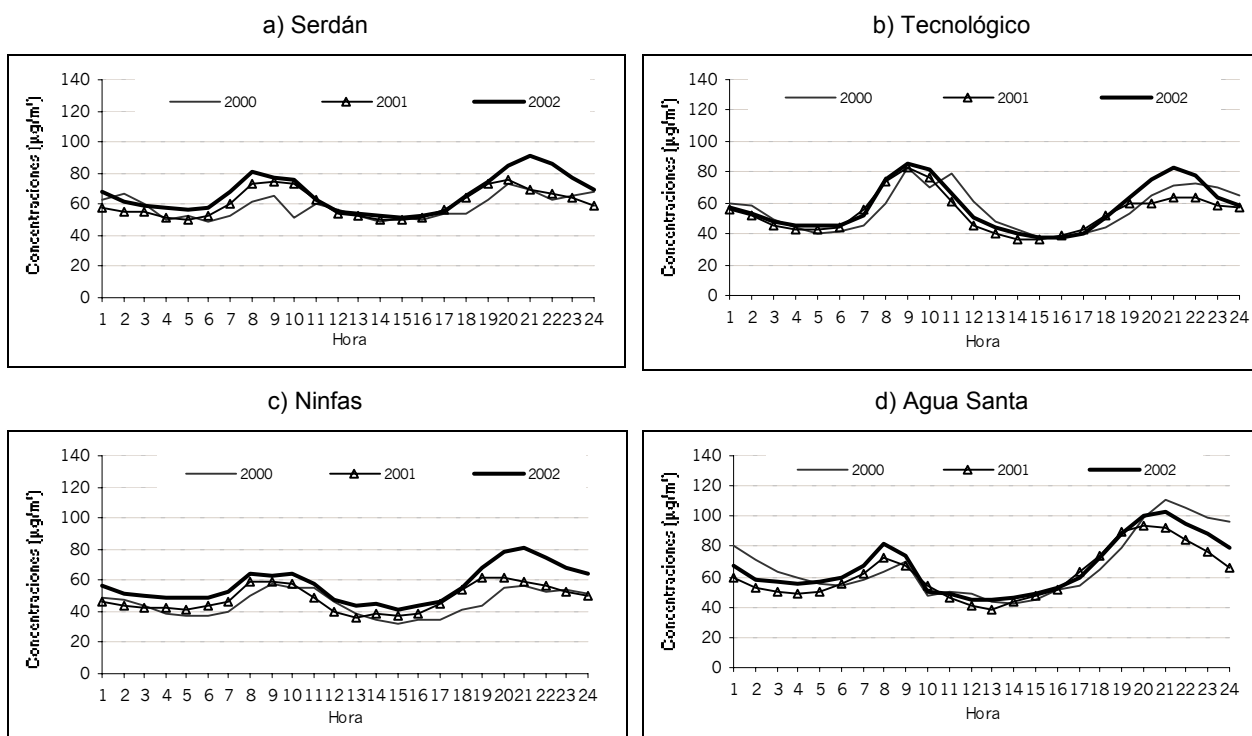
Finalmente, en la figura se 7.30 ilustra la tendencia histórica de los promedios de 24 horas en cada estación de monitoreo. En las estaciones Serdán y Ninfas se aprecia una ligera tendencia creciente en el periodo analizado, en tanto que en Tecnológico y Agua Santa se registran las concentraciones más altas.

Figura 7.25. Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de PM₁₀, por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2001-2002



* Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales de 2001 a 2002.

Figura 7.26. Concentraciones horarias promedio de PM₁₀, por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



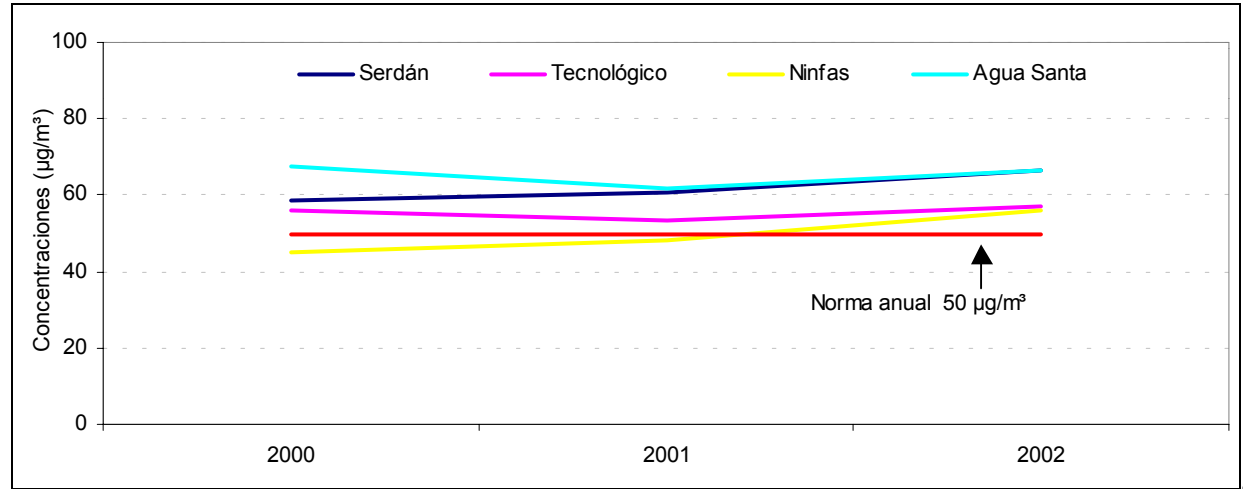
Cuadro 7.14. Promedio anual de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) horarias de PM_{10} en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación	Año			Mediana*
	2000	2001	2002	
Serdán	58.6	60.6	66.3	60.6
Tecnológico	55.8	53.5	57.2	55.8
Ninfas	45.3	48.4	56.0	48.4
Agua Santa	67.3	61.8	66.6	66.6

* Mediana de los promedios anuales de 2001 y 2002.

Nota: las celdas sombreadas representan concentraciones que rebasan la norma anual de PM_{10} , que es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 7.27. Promedio anual de concentraciones horarias* de PM_{10} por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



*La norma anual de PM_{10} es igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

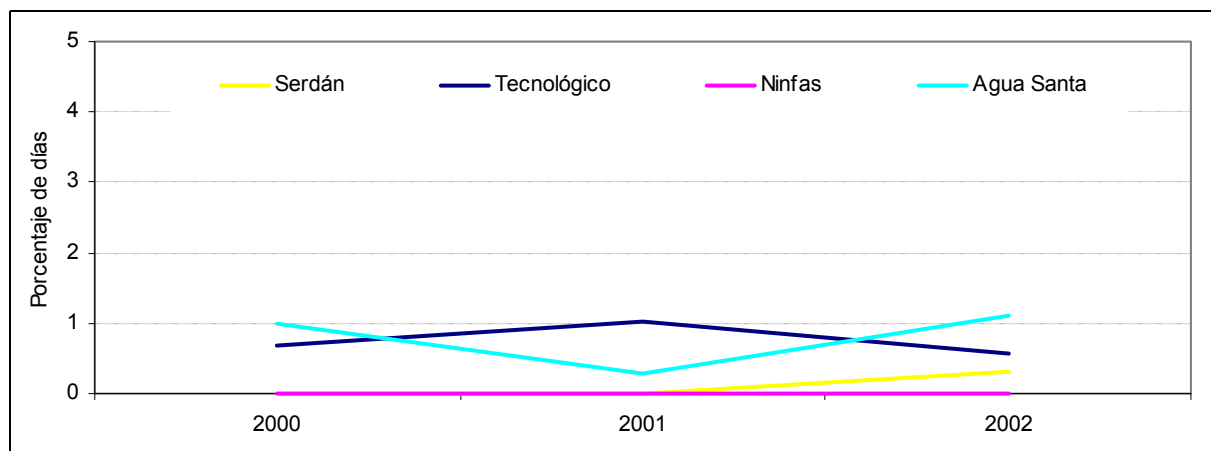
Cuadro 7.15 Días en que se excede el valor de la norma de PM_{10} * por mes y por año en la ciudad de Puebla**, 2000-2002

Año		Mes												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2000	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.7
	No.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0	0	1	1
2001	%	0.0	0.0	0.0	3.3	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	1.1
	No.	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	4
2002	%	0.0	0.0	6.5	3.3	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	1.6
	No.	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	6

ND: Información no disponible

*La norma diaria es igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio de 24 horas, concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

**Máximo de los promedios de 24 horas de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.28. Días (%) en que se excede el valor de la norma de PM₁₀* en la ciudad de Puebla, 2000-2002

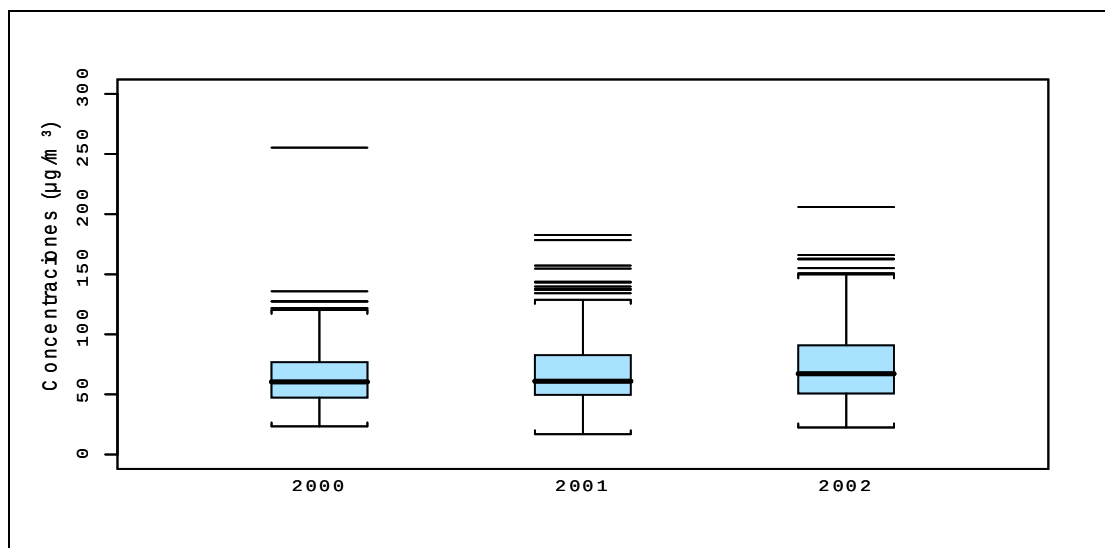
* La norma diaria es igual a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio de 24 horas. Concentración que no se debe rebasar más de una vez al año (NOM-025-SSA1- 1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Cuadro 7.16. Estadísticas descriptivas de las concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) diarias (promedio de 24 horas) máximas* de PM₁₀ en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Año		2000	2001	2002
Promedio		66.5	68.2	72.8
Desviación estándar		29.1	27.3	29.5
Mínimo		23.4	16.8	22.5
Máximo		255.4	182.6	205.8
Percentil	10	38.1	39.0	39.9
	20	44.6	46.6	47.5
	30	48.9	51.8	53.2
	40	54.8	55.8	60.3
	50	60.4	60.9	67.2
	60	66.0	68.2	76.2
	70	73.5	78.2	86.3
	80	82.4	90.7	96.4
	90	108.0	106.0	111.3
	95	119.0	119.2	127.5
	98	127.1	137.6	144.1
Total de días con datos		153	364	365

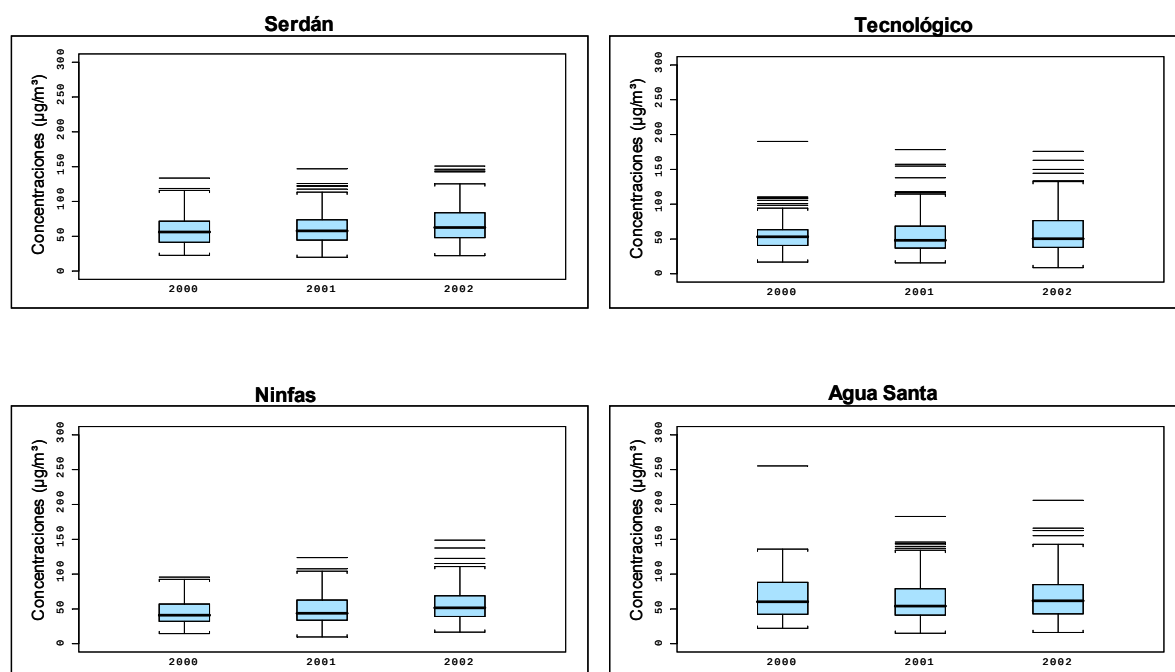
* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.29 Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas * de PM₁₀ en ciudad de Puebla, 2000-2002



* Para cada día se integra el registro máximo de las concentraciones diarias (promedio de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.30. Tendencia histórica de las concentraciones (promedios de 24 horas) de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



Información en el disco compacto

Los anexos que se incluyen en el disco compacto son los siguientes:

Anexo VI-G: Días en que se excede la norma de la norma de PM₁₀ (promedios de 24 horas) por estación de monitoreo, por mes y por año en la ciudad de Puebla, 2000-2002.

Anexo VI-H: Estadísticas descriptivas anuales de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de PM₁₀ (µg/m³) para cada una las estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla, 2000-2002.

Información adicional

- Concentración máxima de PM₁₀ por hora y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Concentraciones horarias promedios de PM₁₀ por hora y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de PM₁₀ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Porcentaje y número de horas con información de PM₁₀ por año y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de horas con información de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de PM₁₀ por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.

Dióxido de azufre (SO₂)

Tendencias mensuales y horarias

La figura 7.7 presenta el comportamiento mensual de las concentraciones horarias de SO₂ para el periodo 2001 y 2002, en las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. Es importante mencionar que no se consideraron los datos del año 2000 porque el monitoreo empezó en agosto de este año y en consecuencia no se tenía la serie completa. En general, en la figura se observa que las concentraciones más altas, en la mayoría de las estaciones de monitoreo, ocurren entre noviembre y marzo, en tanto que las más bajas entre junio y septiembre. También es claro que la estación Tecnológico, ubicada al norte de la ciudad, presenta los promedios mensuales más altos durante todo el año.

En la figura 7.8 se ilustran los promedios horarios en cada estación de monitoreo de la ciudad de Puebla, de 2000 a 2002. En todas las estaciones de monitoreo, excepto Agua Santa, se aprecia una distribución bimodal durante el día, en la que las concentraciones más elevadas se presentan entre las 8:00 y las 10:00 horas, con un segundo pico, de menor magnitud, entre las 20:00 y 24:00 horas. Destaca también que las concentraciones más altas suelen ocurrir en la estación Tecnológico.

Valores fuera de norma de dióxido de azufre

El cuadro 7.5 y la figura 7.9 muestran los promedios anuales de las concentraciones horarias de SO₂ por año y por estación de monitoreo. Destaca que la norma anual de este contaminante, que es de 0.03 ppm como promedio aritmético (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 diciembre de 1994) nunca se ha alcanzado o excedido en la ciudad de Puebla. De hecho, los promedios en todas las estaciones y en todos los años se ubican muy por debajo de dicho límite.

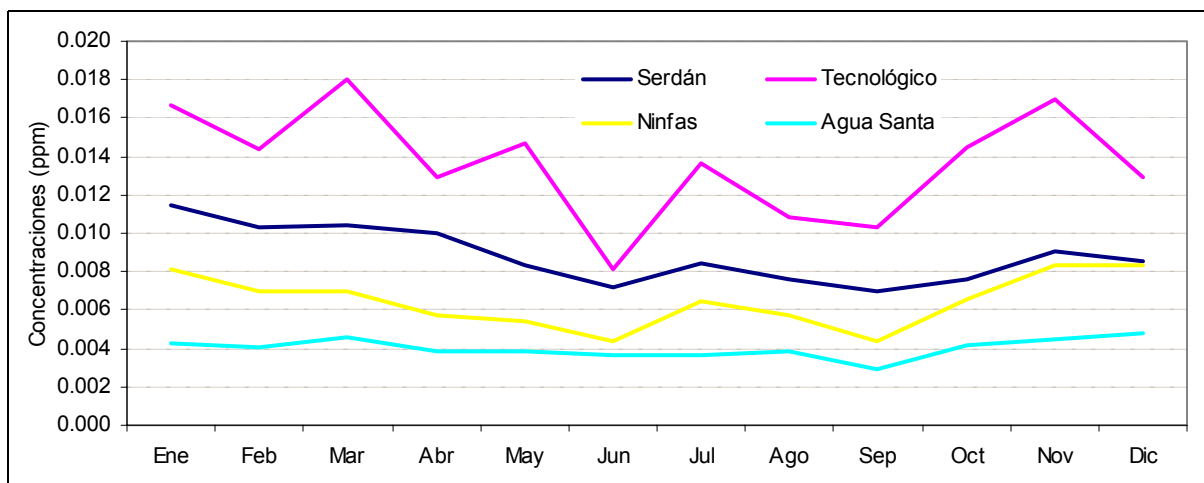
Conviene destacar que la norma diaria de SO₂ (0.13 ppm, como promedio de 24 horas que no se debe exceder más de una vez por año, NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994) tampoco ha sido alcanzada o excedida en la ciudad de Puebla.

Concentraciones diarias (24 horas) de dióxido de azufre

El cuadro 7.6 y la figura 7.10 muestran las estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas de SO₂ en la ciudad de Puebla. Es pertinente aclarar que se consideró como dato base diario la concentración máxima de las cuatro estaciones. El registro máximo ocurrió en el 2000 (0.027 ppm), en tanto que el promedio y la mediana (percentil 50) más altos se registraron en el 2001. Sin embargo, es evidente que todos los registros se ubican por debajo del valor límite establecido por la norma diaria para este contaminante. También es claro que en el periodo analizado las concentraciones máximas muestran un comportamiento poco variable.

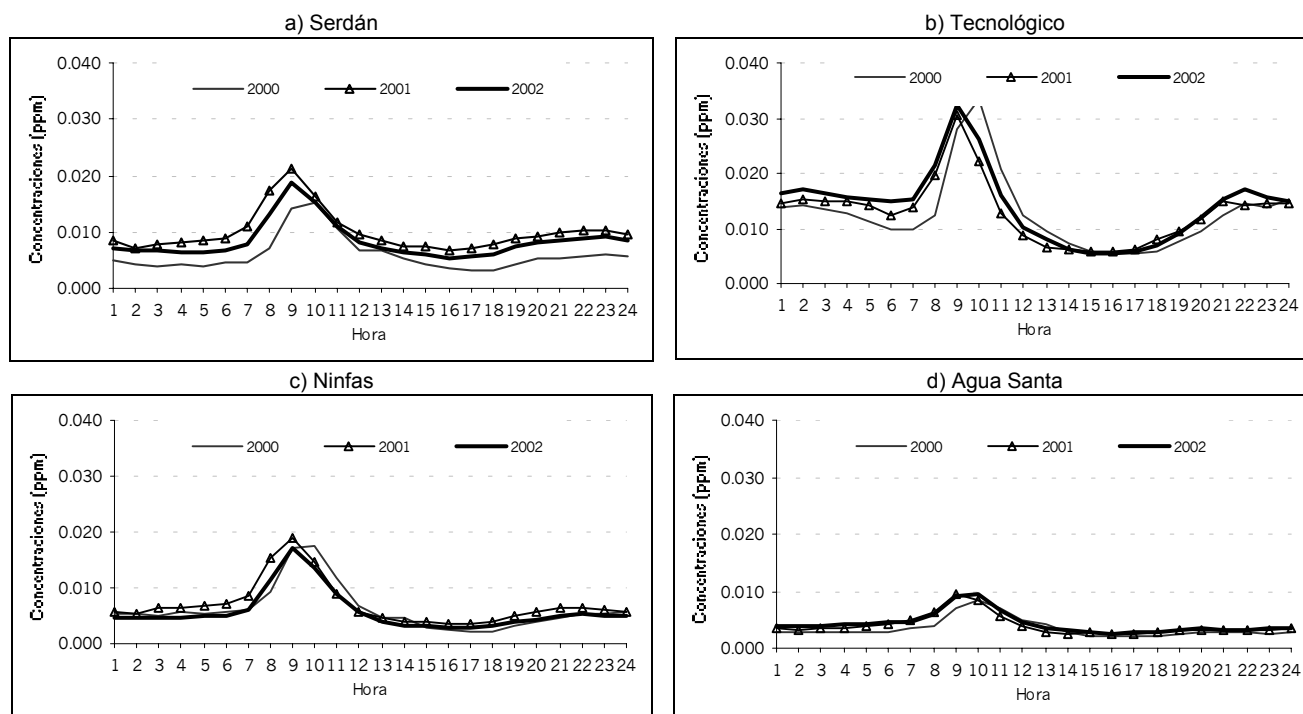
Finalmente, la figura 7.11 ilustra la tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas de SO₂ en las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla. Las distribuciones muestran que, en general, es en la estación Tecnológico en la que se registran las concentraciones más altas y en Agua Santa las más bajas.

Figura 7.7 Tendencias mensuales (mediana)* de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2001-2002.



*Se utilizaron las medianas de los promedios mensuales del periodo 2001-2002.

Figura 7.8 Concentraciones horarias promedio de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



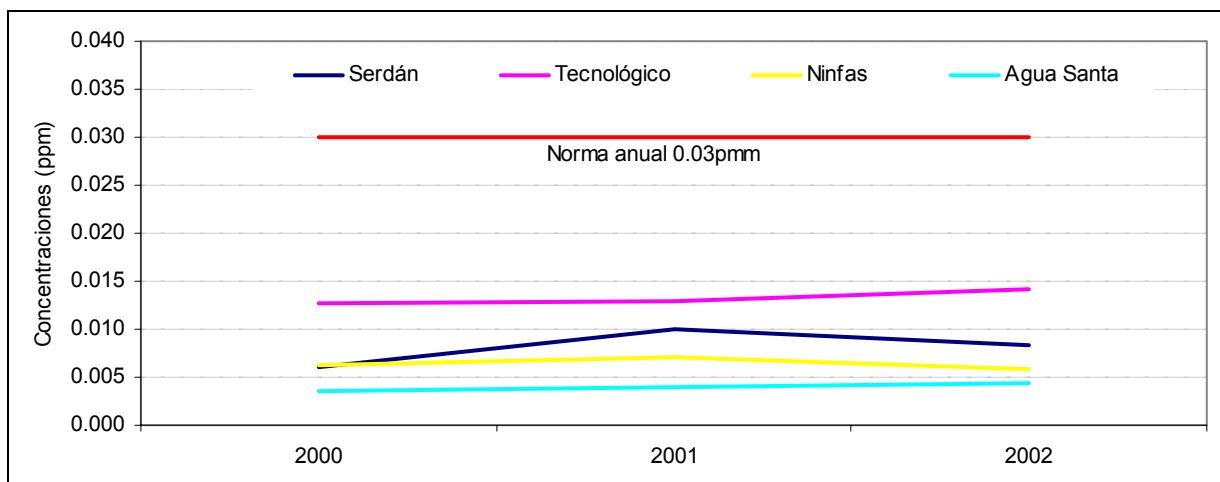
Cuadro 7.5 Promedio anual de las concentraciones horarias de SO₂ en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Estación	2000	2001	2002	Mediana*
Serdán	0.013	0.013	0.014	0.014
Tecnológico	0.006	0.007	0.006	0.006
Ninfas	0.006	0.010	0.008	0.009
Agua Santa	0.003	0.004	0.004	0.004

* Mediana de los promedios anuales de 2001-2002.

La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Figura 7.9 Promedio anual de concentraciones horarias* de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



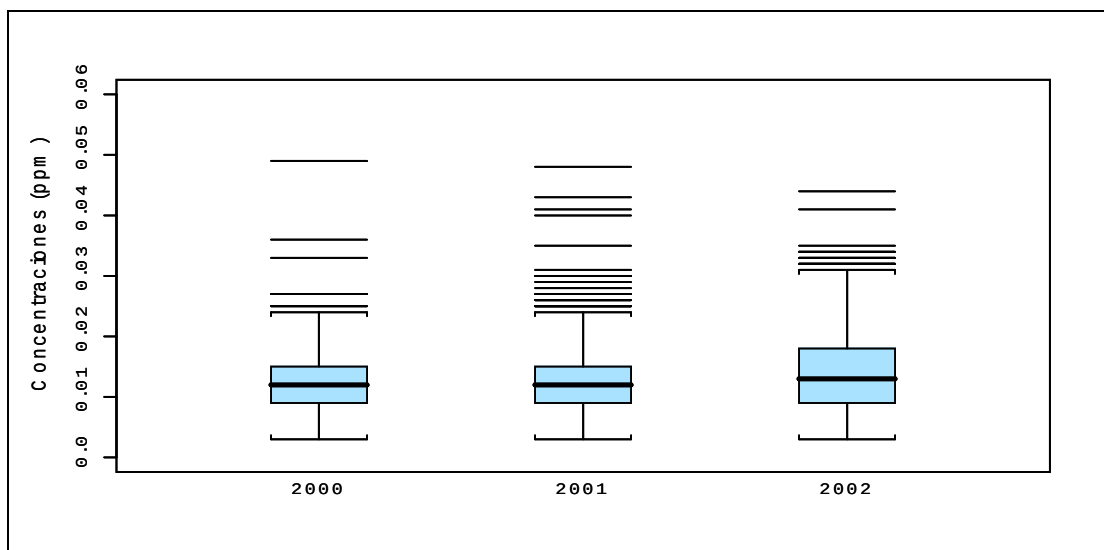
*La norma anual de SO₂ es igual a 0.03 ppm como media aritmética anual (NOM-022-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994).

Cuadro 7.6. Estadísticas descriptivas de las concentraciones (ppm) diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ciudad de Puebla, 2000-2002

Año		2000	2001	2002
Promedio		0.007	0.010	0.008
Desviación Estándar		0.003	0.003	0.003
Mínimo		0.002	0.001	0.003
Máximo		0.027	0.021	0.021
Percentil	10	0.004	0.006	0.005
	20	0.004	0.007	0.006
	30	0.005	0.008	0.007
	40	0.006	0.009	0.007
	50	0.006	0.009	0.008
	60	0.007	0.010	0.009
	70	0.008	0.011	0.010
	80	0.009	0.012	0.011
	90	0.011	0.014	0.012
	95	0.012	0.015	0.014
	98	0.014	0.017	0.016
Total de días con datos		152	365	365

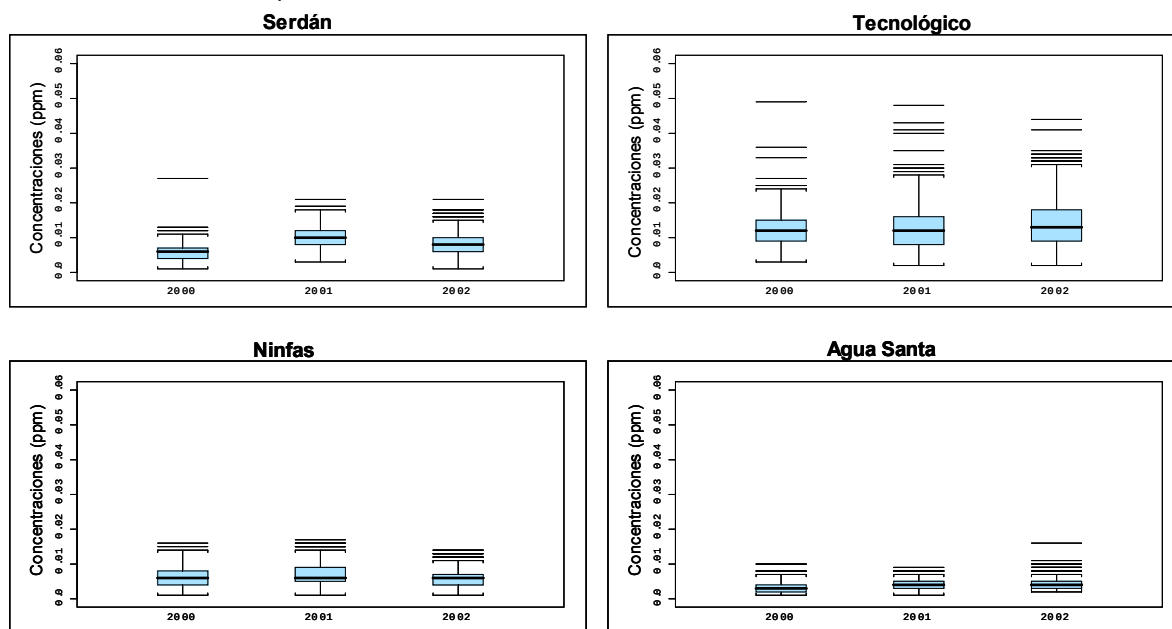
* Para cada día se integra el registro del máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura.7.10 Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) máximas* de SO₂ en la ciudad de Puebla, 2000-2002.



* Para cada día se integra el registro del máximo de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) que se presentó en cualquiera de las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 7.11 Tendencia histórica de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla, 2000-2002



Información en el disco compacto

El anexo que se incluye en el disco compacto es el siguiente:

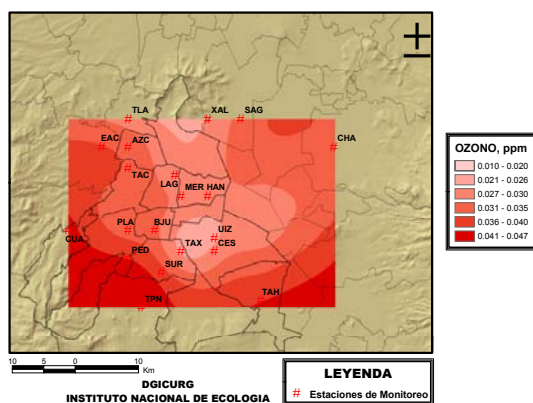
Anexo VI-B: Estadísticas descriptivas de las concentraciones diarias (promedios de 24 horas) de SO₂ para cada una de las cuatro estaciones de monitoreo de la ciudad de Puebla, 2000-2002

Información adicional:

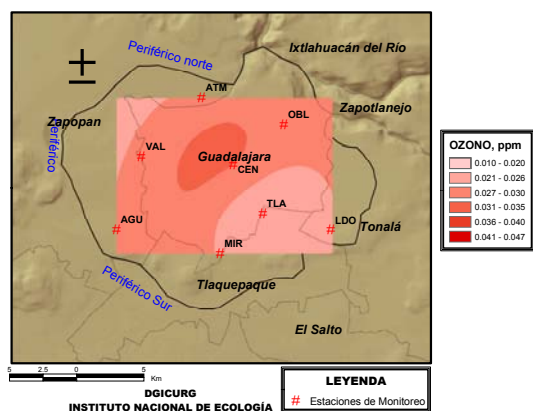
- Concentración máxima de SO₂ por hora y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Concentraciones horarias promedio de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Promedio mensual de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Máximo mensual de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Porcentaje y número de horas con información de SO₂ por año y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de horas con información de SO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.
- Número de días con información de los promedios de 24 horas de SO₂ por mes y por estación de monitoreo en la ciudad de Puebla.

Anexo 1. Mapas de distribución espacial de los promedios anuales de O₃, 2002

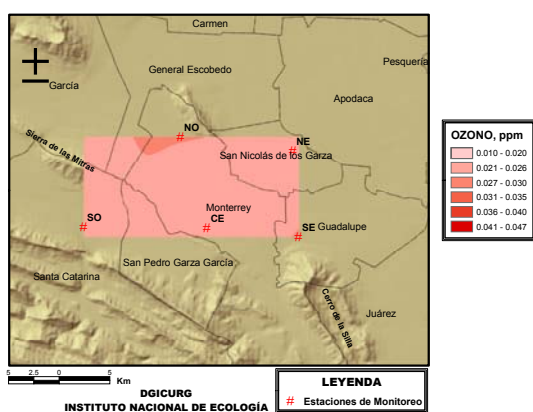
Zona Metropolitana del Valle de México



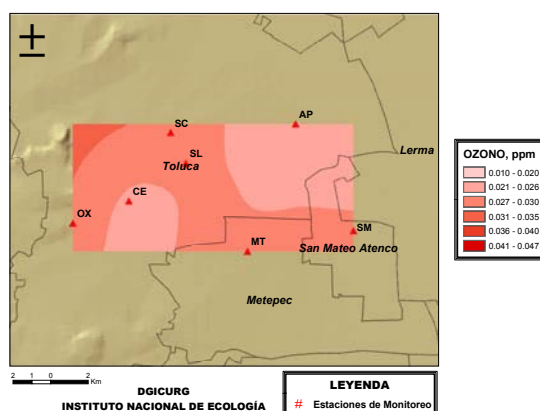
Zona Metropolitana de Guadalajara



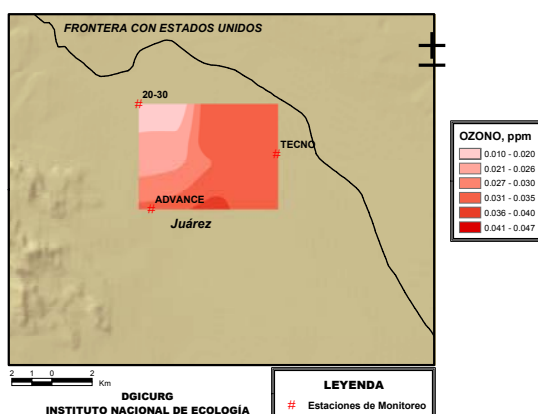
Zona Metropolitana de Monterrey



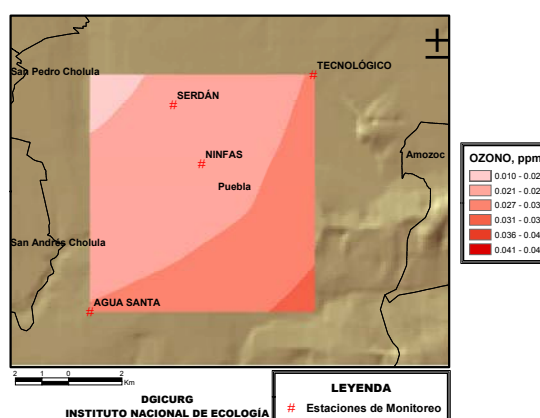
Zona Metropolitana de Toluca



Ciudad Juárez

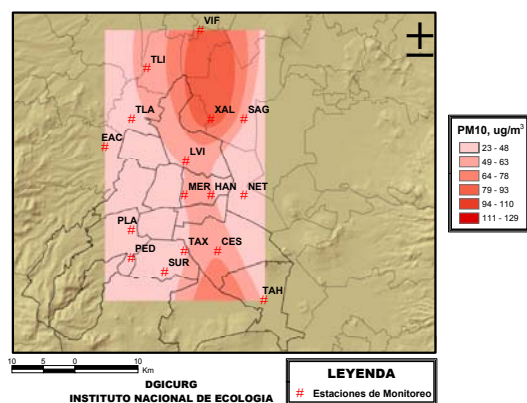


Ciudad de Puebla

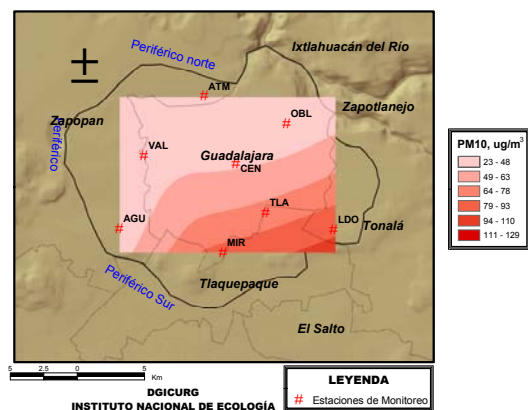


Anexo 2. Mapas de distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀, 2002

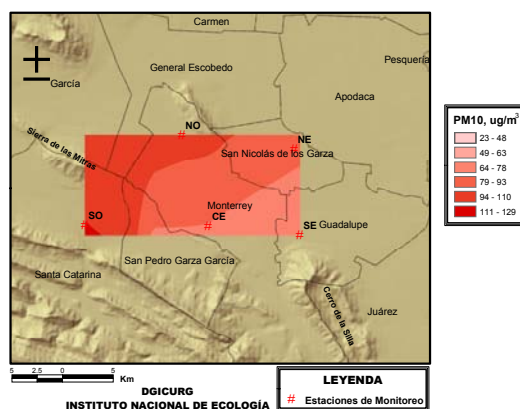
Zona Metropolitana del Valle de México



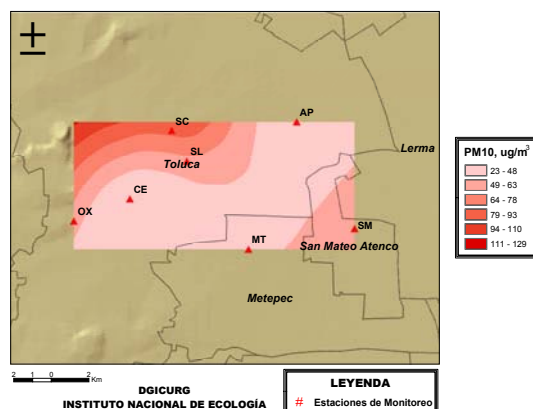
Zona Metropolitana de Guadalajara



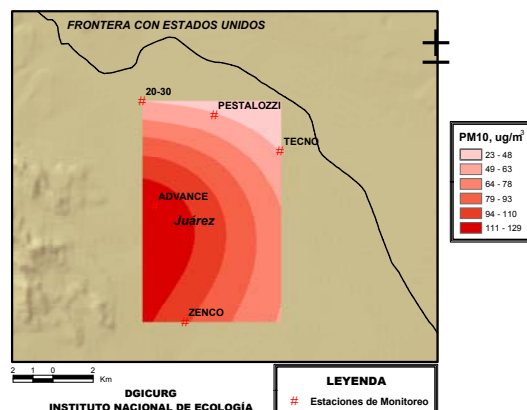
Zona Metropolitana de Monterrey



Zona Metropolitana de Toluca



Ciudad Juárez



Ciudad de Puebla

